



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

POROČILO
O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI
za leto 2009

MARIBOR 2010

POROČILO O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI 2009

- 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:** 20 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.....	6
3. DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE V LETU 2009	7
4. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU RAZISKOVALNIH PROGRAMOV ZA OBDOBJE 2004 – 2008	11
5. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETU 2009	201
6. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2008	322
7. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2009.....	358
8. CRP PROJEKTI V LETU 2009	450
9. MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2009	451

UVOD

Na Fakulteti za strojništvo se raziskovalno delo izvaja v naslednjih oblikah:

- programsko v okviru programskih skupin, ki izvajajo temeljno raziskovalno delo in so financirane dolgoročno v obdobju 2004 – 2008 (8 programskih skupin + 3 pridruženi), in v letu 2009 (8 programskih skupin + 1 pridružen)
- projektno v okviru raziskovalnih skupin, ki izvajajo časovno in stroškovno omejene projekte, ki so:
 - v okviru temeljnih projektov - 2008 (0 projektov); - 2009 (1 projekt)
 - v okviru aplikativnih projektov - 2008 (14 projekta); - 2009 (12 projektov)
 - v okviru podoktorskih projektov - 2008 (4 projekta); - 2009 (2 projekta)
 - v okviru projektov CRP v letu 2009 (2 projekta),
 - v okviru usposabljanja mladih raziskovalcev v letu 2009 (32 mladih raziskovalcev),
 - v okviru EU projektov (predvsem 6. in 7. okvirni raziskovalni program), (7 projektov),
 - v okviru drugih mednarodnih projektov in raziskovalnih mrež, (29 projektov in 6 mrež),
 - v okviru bilateralnih projektov med posameznimi državami (27 projektov)
 - v okviru podiplomskega doktorskega študija v letu 2009 (11 doktorjev znanosti)
 - v okviru podiplomskega magistrskega študija v letu 2009 (13 magistrov znanosti)
 - v okviru podiplomskega specialističnega študija v letu 2009 (4 specializantov) in
 - v okviru industrijskih projektov, za naročnike iz industrije v letu 2009 (54 projektov).

Raziskovalno delo učiteljev in raziskovalcev je kvalitetno in priznано v domačem okolju in v mednarodni raziskovalni javnosti. O tem pričajo številne objave v visoko kvalitetnih mednarodnih znanstvenih revijah, veliko število citatov, vabljeni predavanja in gostovanja naših profesorjev na pomembnih mednarodnih kongresih in univerzah.

Nova spoznanja se nemudoma prenašajo tudi v pedagoški proces, tako na dodiplomski, podiplomski in tretji (doktorski) stopnji študija.

Učitelji in raziskovalci skrbijo tudi za popularizacijo znanosti in predstavitev svojega dela širšemu okolju.

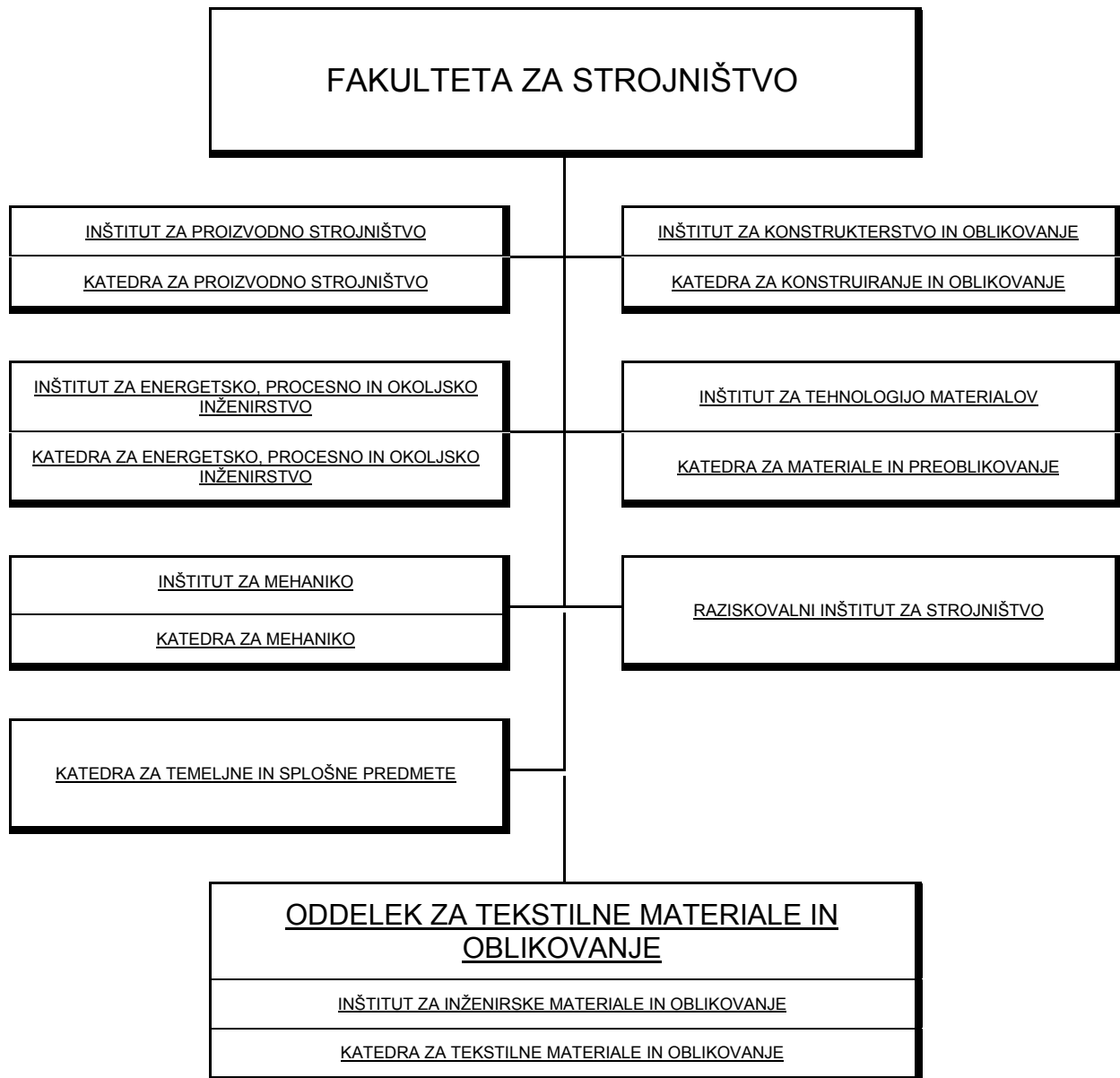
Raziskovalno in razvojno delo se tudi vse bolj usmerja v reševanje praktičnih problemov iz industrije, kjer se v skupnih raziskovalnih in razvojnih timih krepi medsebojno sodelovanje.

Rezultati raziskovalnega in razvojnega dela so vidni v bogati bibliografiji raziskovalcev COBISS.

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 2009

DOKTORATI:

1. **BOROVINŠEK MATEJ**

- *RAČUNALNIŠKO MODELIRANJE CELIČNIH GRADIV NEUREJENE STRUKTURE*

Mentor(ica): *red. prof. dr. REN ZORAN*

Somentor(ica):

2. **JEZERNIK NIKO**

- *DINAMIČNA TRDNOST TOPLOTNO REZANIH ELEMENTOV KONSTRUKCIJ*

Mentor(ica): *red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO*

Somentor(ica): *doc. dr. KRAMBERGER JANEZ*

3. **KNEZ MARKO**

- *DOLOČEVANJE PARAMETROV MALO-CIKLIČNEGA UTRUJANJA Z ROTIRAJOČIM UPOGIBNIM PREIZKUSOM*

Mentor(ica): *red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO*

Somentor(ica): *doc. dr. KRAMBERGER JANEZ*

4. **KOSTANJEVEC TOMAŽ**

- *NAPOVEDOVANJE SPREJEMLJIVOSTI IZDELKA NA TRGU S POMOČJO VEČKRITERIJSKE ANALIZE*

Mentor(ica): *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

Somentor(ica): *red. prof. dr. BALIČ JOŽE*

5. **PRIMOŽIČ MERKAČ TADEJA**

- *PRIMERJAVA METOD MERJENJA SREDNJEGA PREMERA NAVOJA IN ANALIZA VPLIVOV NA MERILNI REZULTAT*

Mentor(ica): *izr. prof. dr. AČKO BOJAN*

Somentor(ica):

6. **RAJH MATEJ**

- *VPLIV ZNAČILNOSTI VRVNEGA POGONA NA DELOVANJE HAPTIČNEGA MEHANIZMA*

Mentor(ica): *red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO*

Somentor(ica): *red. prof. dr. FLAŠKER JOŽE*

7. **VERONOVSKI NIKA**

- *ŠTUDIJA TiO₂ NANO-PREVLEK REGENERIRANIH CELULOZNIH VLAKEN ZA DOSEGANJE SAMOČISTILNEGA UČINKA*

Mentor(ica): *red. prof. dr. SFILIGOJ SMOLE MAJDA*

Somentor(ica): *red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA*

8. ZADRAVEC MATEJ

- *NUMERIČNO MODELIRANJE TOKA MIKROPOLARNIH TEKOČIN Z METODO ROBNIH ELEMENTOV*

Mentor(ica):*red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ*

Somentor(ica):*red. prof. dr. ŠKERGET LEOPOLD*

9. GUSEL ANDREJ

- *MATEMATIČNI MODEL OCENE NEGOTOVOSTI PRI MERJENJU RAVNOSTI*

Mentor(ica):*MUDRONJA VEDRAN*

Somentor(ica):

10. MOČILNIK VINKO

- *VPLIV PREDNAPETJA NA DINAMIČNO NOSILNOST VZVOJNE VZMETI*

Mentor(ica):*red. prof. dr. GUBELJAK NENAD*

Somentor(ica):*red. prof. dr. FLAŠKER JOŽE*

11. POBERŽNIK MOJCA

- *RAZISKAVA KARBONATNEGA RAVOTEŽJA VODE S STABILNIM IZOTOPOM OGLJIKA (13C)*

Mentor(ica):*red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA*

Somentor(ica):*ROŠ MILENKO*

MAGISTERIJI:

1. GMAJNER SABINA

- *VPLIV VODENJA NA USPEŠNOST POSLOVANJA PROIZVODNO-POSLOVNEGA SISTEMA*

Mentor(ica):*red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

Somentor(ica):*SABADIN ARGIO*

2. JEZNIK BARBARA

- *IZBOR NARAVNIH MATERIALOV V SISTEMIH S PRITRJENO BIOMASO ZA ČIŠČENJE ODPADNIH VOD*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. FAKIN DARINKA*

Somentor(ica):*red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA*

3. KOTNIK SIMON

- *VLOGA NABAVE PRI RAZVOJU NOVIH IZDELKOV V PROIZVODNO USMERJENEM PODJETJU*

Mentor(ica):*red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

Somentor(ica):*izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

4. KRAJNC BOJAN

- *RAČUNALNIŠKA ANALIZA VPLIVA VSTOPNIH PROCESNIH PARAMETROV NA LASTNOSTI KONČNEGA PRODUKTA V RAZPRŠILNEM SUŠILNIKU TANINSKIH DELCEV*

Mentor(ica):*red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ*

Somentor(ica):*red. prof. dr. ŠKERGET LEOPOLD*

5. LENART SAŠO

- *OPTIMIRANJE OBLIKE NASTAVNIH ČELJUSTI ROČNIH KLEŠČ*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. KEGL MARKO*

Somentor(ica):*izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN*

6. OREŠEK NATALIJA

- *TERMIČNA PREDELAVA LETEČEGA PEPELA IZ SEŽIGA KOMUNALNIH ODPADKOV*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. ZUPANIČ FRANC*

Somentor(ica):*red. prof. dr. SAMEC NIKO*

7. OZEBEK MATEJ

- *DIAGNOSTIKA ZOBNIŠKE DVOJICE Z UPORABO MEHANSKEGA MODELA*

Mentor(ica):*red. prof. dr. FLAŠKER JOŽE*

Somentor(ica):*doc. dr. BELŠAK ALEŠ*

8. POTOČAN MARJAN

- *SODOBNO KONSTRUIRANJE ZLEPNIH SPOJEV*

Mentor(ica):*red. prof. dr. REN ZORAN*

Somentor(ica):*red. prof. dr. FLAŠKER JOŽE*

9. REBERNIK DUŠAN

- *NAČRTOVANJE KAKOVOSTI PROCESOV V RAZVOJNIH PROJEKTIH PROIZVAJALCA LISTNATIH VZMETI*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. AČKO BOJAN*

Somentor(ica):*red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

10. TAŠNER FRANČIŠEK

- *SODOBNO KONSTRUIRANJE GONIL*

Mentor(ica):*red. prof. dr. FLAŠKER JOŽE*

Somentor(ica):*izr. prof. dr. PEHAN STANISLAV*

11. TROPENAUER BLAŽ

- *IZBIRA TEHNOLOGIJE TERMIČNE OBDELAVE STRANSKIH PRODUKTOV PRI PROIZVODNJI HIGIENSKEGA PAPIRJA*

Mentor(ica):*red. prof. dr. SAMEC NIKO*

Somentor(ica):*doc.dr. ČANČER VESNA*

12. VEDENIK GREGOR

- *NAPREDNO NAČRTOVANJE TEHNOLOŠKIH IN PROIZVODNIH PROCESOV TER SISTEMOV V DRUŽBI VEPLAS D.D.*

Mentor(ica):*red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

Somentor(ica):*izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

13. VIVOD VERA

- *ZAMREŽENJE CELULOZNIH TEKSTILNIH SUBSTRATOV Z NENASIČENIMI KARBOKSILNIMI KISLINAMI*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. VONČINA BOJANA*

Somentor(ica):

SPECIALIZACIJE:

1. MOHORIČ BORUT

- *METODE SPREMLJANJA PROIZVODNJE V PODJETJU DOMEL*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

Somentor(ica):*red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

2. PEČNIK UROŠ

- *OPTIČNI NADZOR KAKOVOSTNIH KARAKTERISTIK ZOBATEGA VENCA*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. AČKO BOJAN*

Somentor(ica):*izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

3. ŠUMAH ŠTEFAN

- *VLOGA SIMULACIJE PRI PROJEKTIH NAČRTOVANJA KAKOVOSTI IZDELKA IN PROCESA*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

Somentor(ica):*izr. prof. dr. AČKO BOJAN*

4. VIHTELIČ MARKO

- *SISTEM NAČRTOVANJA IN VODENJA PROIZVODNJE V PODJETJU KOLEKTOR*

Mentor(ica):*izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

Somentor(ica):*red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

**ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU
RAZISKOVALNIH PROGRAMOV ZA OBDOBJE
2004 – 2008**

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	3030 Andrej Polajnar
Obseg raziskovalnih ur	17.000
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	585 Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta 795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskovalni program Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja ostaja s svojimi vsebinami in rezultati za slovensko gospodarstvo izjemno pomemben program. Področje proizvodnega oziroma inženirskega menedžmenta kot izrazito **interdisciplinarno področje** je ključnega pomena za dvig **inovativnosti** v naših podjetjih, saj se ukvarja z razvojem novih izdelkov in storitev, organizacijskimi in tehničnimi inovacijami ter menedžmentom proizvodnje. Slovenska podjetja imajo ogromno rezerv pri organizaciji svojih tehniških in poslovnih procesov; znanja, ki jih bodo pridobila, pa bodo neposredno **dvignila dodano vrednosti njihovih izdelkov**. Raziskovanje na interdisciplinarnih področjih, kjer prihaja do prekrivanja vsebin tehničnih in organizacijskih ved, omogoča večjo fleksibilnost pri prilagajanju spremembam v poslovnem okolju, zagotavlja celovito razumevanje delovanja proizvodnih sistemov, tako s statičnega kot dinamičnega vidika, in doseganje konkurenčne prednosti proizvodnih in tehnično usmerjenih storitvenih podjetij. Projektni menedžment postaja vodilno menedžersko orodje v podjetjih in drugih organizacijah. Le z dobro planiranimi in izvedenimi projekti lahko dvigamo konkurenčnost podjetij in celotnega gospodarstva, hkrati pa izvajamo strategije in črpamo denar iz evropskih skladov. V času prehoda v svet nanotehnologij pa postaja tudi področje meroslovja eno izmed ključnih področij pri razvoju novih izdelkov in tehnologij. V obdobju 2004-2008 imamo preko 75 objav, od tega preko 30 izvirnih znanstvenih člankov (13 SCI člankov). Hkrati imamo 23 SCI citatov. Relevantnost našega raziskovalnega programa je slovensko poslovno okolje ogromna. To priča veliko število aplikativnih projektov in sodelovanj z industrijo na vseh omenjenih področjih. Povpraševanje po teh znanjih je že zdaj veliko, v prihodnosti pričakujemo še večje potrebe gospodarstva, predvsem na področju upravljaljskih znanj. Raziskovalci programa so močno vključeni v najrazličnejše evropske projekte (6. OP, 7. OP, Leonardo, EURAMET idr.), od koder črpajo zraven znanja tudi finančna sredstva. Sodelujejo z večjim številom tujih R&R institucij (izpostavimo Fraunhoferjev inštitut, TU Graz, TU Wien, TU Erlangen, Leeds University Business School) v skupnih pedagoških, raziskovalnih in drugih projektih. Na področju objav znanstveno-raziskovalnih rezultatov se stanje iz leta v leto izboljšuje, pri čemer je treba **izpostaviti izjemno težavnost in dolgotrajnost objavljanja na področju menedžmenta**. Pričakujemo izraziti dvig objav v

višje rangiranih revijah v obdobju 2008 in naprej, saj se rezultati nedavno opravljenih raziskav v tem trenutku pripravljajo za objave v revijah in mednarodnih monografijah. S tem pričakujemo tudi dvig odmevnosti v smislu citatov. Sama odmevnost dela raziskovalcev se sicer že zdaj kaže v intenzivnem delu z industrijo, sodelovanju v mednarodnih projektih in udeležbi na mednarodnih konferencah, izmenjavah in vabljenih predavanjih v tujini. Raziskovalni rezultati se prenašajo v pedagoško sfero (učbeniki, priročniki), kjer sledimo zadnjim trendom. Raziskovalna oprema je zadovoljiva, vendar pričakujemo potrebo po posodobitvi in večjih vlaganjih v prihodnosti predvsem na področju meroslovja. Potrebna finančna sredstva kot že danes skušamo pridobiti tudi iz gospodarstva in preko projektov. Z izkoriščanjem obstoječih potencialov in ponujenih priložnosti ob podpori države pričakujemo nadaljnje izboljševanje rezultatov raziskovalnega programa. Kot je že bilo omenjeno, bo relevantnost vsebin programa postajala vse večja tako v slovenskem kot v evropskem prostoru. Programska skupina, vpeljana v letu 2004, zagotavlja stabilno in kvalitetno raziskovalno delo ter omogoča intenzivnejšo neposredno sodelovanje z industrijo.

Proizvodni menedžment

Najpomembnejši dosežki raziskovalne skupine od leta 2004 do danes na področju proizvodnega in projektne menedžmenta so:

- preko 80 objav, od tega preko 30 izvirnih znanstvenih člankov, 13 v SCI
- preko 20 citatov
- znanstvene monografije, izdane pri prestižnih tujih založbah
- promocija R&R dela, ki se izkazuje z objavami na domačih in tujih strokovnih ter znanstvenih konferencah (preko 100 objav)
- večje število izvedenih sodelovanj s področja meroslovja (250 podjetij), projektne menedžmenta (podjetja, javne organizacije) - 10 večjih projektov in proizvodnega menedžmenta (podjetja, javne institucije- 5 aplikativnih projektov)
- izdani 4 učbeniki, 3 priročniki in leksikon
- sodelovanje v mednarodnih projektih različnih finančnih shem - 6. okvirni program, Leonardo, 7. okvirni program (MANVIS, Create, European Manufacturing Survey, Project management competence assessment tool, InCas idr.)
- veliko število doktorskih, magistrskih in diplomskih nalog
- aktivno članstvo v mednarodnih in domačih združenjih
- uredniško delo (Strojniški vestnik in International Journal of Simulation Modelling)

Pomembnejši vsebinski dosežki so:

- razvoj sistema kazalnikov za vrednotenje uspešnosti poslovanja podjetij (75 podjetij - 2004)
- preučevanje proizvodne dejavnosti v Sloveniji in Evropi (inovativnost, novi izdelki, sodelovanje med podjetji, selitev proizvodnje...) - 80 SLO podjetij in preko 2500 evropskih - 2006/07
- model razvoja in organizacije ter menedžmenta znanja in tehnologij v industrijskih grozdih
- model vrednotenja tveganja v procesih in sistemih in razvoj sposobnosti
- projektno izvajanje strategij in obvladovanje strateških kriz kot celovit invencijsko-inovacijski proces ter vloga projektne menedžmenta in komuniciranja (136 SLO podjetij - 2007)
- model projektne proizvodnje, preizkušen v Pošti Slovenije
- vrednotenje stvarnih in finančnih opcij v podjetju (študije primera v 10 podjetjih)
- raziskava o prihodnosti in strategijah proizvodne dejavnosti v Evropi MANVIS
- metodologija za razvoj novih izdelkov, podkrepjena z ustreznimi tehnikami in orodji
- menedžment znanja v proizvodnih podjetjih
- nadgradnja modela za ciljno orientirano vodenje proizvodnje po naročilu

Dimenzionalna metrologija

V programu so bila predvidena tri osnovna področja raziskav:

1. kalibracija končnih meril iz različnih materialov po metodi mehanske primerjave
2. kalibracija črtnih meril s pomočjo laserskega interferometra in video-pozicionirnega sistema
3. razvoj merilnih robotov in periferije

V letu 2005 so se cilji strateško spremenili. Zaradi odhoda doc. dr. Kovača iz programske skupine smo prekinili delo na komponenti "Razvoj merilnih robotov in periferije". ter prerazporedili raziskovalne ure v preostali predvideni področji. Dodali smo razvoj programske opreme za vzajemno zajemanje podatkov z laserskega merilnega sistema in video-pozicionirnega sistema v realnem času ter kontinuirano avtomatizirano meritev dolgih črtnih meril (segmenti do 13 m). V ta namen smo skonstruirali posebno merilno napravo. Izdelava naprave je v teku, ocenjen procent realizacije je 80%.

Realizacija programa po področjih:

1. *Kalibracija končnih meril iz različnih materialov po metodi mehanske primerjave*

Najprej smo izvedli študijo mehanskih lastnosti materialov za končna merila (jeklo, karbidna trdnina, keramika). Za izvedbo eksperimentalne analize smo tudi nabavili večje število končnih meril različnih poznanih proizvajalcev iz vseh omenjenih materialov. Na osnovi podatkov o lastnostih materialov in na podlagi vzpostavljenega matematičnega modela smo izdelali teoretični preračun merilne negotovosti za kalibracijo po primerjalnih postopkih jeklo-karbidna trdnina in jeklo-keramika. Ustreznost teoretičnih preračunov smo potrdili z več kot 1000 preskusnimi meritvami (kalibracijami) v laboratoriju pri različnih pogojih okolice, dodatno pa še s primerjalnimi kalibracijami vzorčnih končnih meril iz različnih materialov v nemškem nacionalnem inštitutu PTB. Sledila je izdelava postopkov za kalibracijo po primerjalni metodi za kombinacije jeklo-karbidna trdnina in jeklo-keramika ter jih akreditirali pri SA in RvA (NL). S tem smo jih uspešno validirali. Uspeli smo doseči merilno zmogljivost, ki je primerljiva z zmogljivostmi vodilnih svetovnih laboratorijev (za primerjalno merilno metodo). Najboljšo merilno zmogljivost smo potrdili tudi z mednarodno medlaboratorijsko primerjavo (projekt Euramet 797). Postopek je že v uporabi pri kalibracijskih storitvah za industrijo. Zastavljeni cilji so bili v celoti realizirani.

2. *Kalibracija črtnih meril s pomočjo laserskega interferometra in video-pozicionirnega sistema*
 Raziskovalni projekt smo začeli z raziskavami vplivov na negotovost meritev z laserskim interferometrom. Izdelali smo matematični model meritve, teoretično analizo posameznih vplivov na merilni rezultat ter kasneje še eksperimentalno analizo za pogoje, ki jih je mogoče doseči v našem laboratoriju. V nadaljevanju smo izdelali teoretično zasnovano programske opreme za video pozicionirni sistem ter na podlagi te zasnove v programskem okolju LabView še predloge aplikacij za ugotavljanje pozicije črtice črtnega merila z video-pozicionirnim sistemom. Kasneje smo izvedli primerjavo in selekcijo variant algoritmov za vrednotenje rezultatov kalibracije črtnih meril po povezavi podatkovnih baz laserskega interferometra in video sistema (simultano zajemanje podatkov v realnem času). Izdelali smo tudi variante mehanskih vpenjalnih komponent in izvedli statične in dinamične togostne preračune. Po izbiri najustreznejše variante smo izdelali mehanske komponente, ter z njimi nadgradili dve obstoječi merilni napravi (Zeiss ZKM in Zeiss ULM). Izdelali smo postopke kalibracije ter na osnovi teoretičnih in eksperimentalnih dognanj ovrednotili merilno negotovosti. Postopek smo akreditirali pri SA in RvA, najboljša merilna zmogljivost pa je v postopku validacije z mednarodno medlaboratorijsko primerjavo (projekt Euramet 882, ki ga naš laboratorij tudi vodi; udeleženi je 31 držav iz Evrope, Azije in Amerike). Postopek je že v uporabi pri kalibracijskih storitvah za industrijo. Zastavljeni cilji so bili v celoti realizirani.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Ko smo v letih 2002 in 2003 postavili raziskovalne cilje našega raziskovalnega programa za obdobje 2004-2008, smo izhajali iz takratnih potreb v znanstvenih in aplikativnih sferah. Postavljene cilje smo v naslednjih petih letih dosegli. Raziskovalci so sledili smernicam, ki smo jih postavili v letu 2003 in s svojimi rezultati znanstveno-raziskovalnega dela potrdili svoje delo. Naši izsledki si imeli obliko doktorskih disertacij, znanstvenih in strokovnih člankov, znanstvenih monografij ipd. Odražajo se v velikem številu mednarodnih projektov in v aplikativnih projektih, ki smo jih izvajali za podjetja in druge institucije.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Ni bilo odmika od zastavljenih ciljev in vsebin programa.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	SLO Kalibracija elektronskih nivojev z uporaba posebnega sinusnega lineala Calibration of electronic levels using a special sine bar
		ANG Calibration of electronic levels using a special sine bar
	Opis	SLO V Laboratoriju za tehnološke meritve smo skonstruirali in izdelali posebni sinusni lineal, ki služi kot generator majhnih kotov z negotovostjo 1 mikro-m/m pri kalibraciji preciznih (predvsem elektronskih) libel. Projekt je bil posledica potreb industrije po preciznih kalibracijah.

		ANG	Laboratory for Production Measurement has designed and manufactured a special sine bar serving as a small angle generator with uncertainty of 1 microm/m in calibration of precise (mostly electronic) levels. The project was a consequence of industrial needs in the field of precise calibrations.
	Objavljeno v		AČKO, Bojan. Calibration of electronic levels using a special sine bar. <i>Precis. eng.</i> [Print ed.], 2005, vol. 29, iss. 1, str. 48-55 JCR IF: 0.853, SE (16/65), engineering, multidisciplinary, x: 0.597, SE (8/36), engineering, manufacturing, x: 0.565, SE (20/27), nanoscience & nanotechnology, x: 1.944, SE (26/52), instruments & instrumentation, x: 0.893
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		9203478
2.	Naslov	SLO	Razvoj in vrednotenje prenove poslovnih procesov: anketna raziskava v slovenskih podjetjih
		ANG	Development and validation of business process reengineering (BPR) variables: a survey research in Slovenian companies
	Opis	SLO	V članku so podani rezultati anketne raziskave, izvedene v 73 srednje velikih in velikih slovenskih proizvodnih podjetjih. Na osnovi sinteze literature iz področja prenove poslovnih procesov smo identificirali sedem kritičnih faktorjev, ki jih je treba upoštevati za doseganje učinkovite prenove procesov.
		ANG	This paper presents the results of a survey research carried out in 73 medium and large-sized Slovenian manufacturing companies. Seven crucial areas were identified based on a synthesis of BPR literature, which must be practised to achieve effective process reengineering.
	Objavljeno v		VUJICA-HERZOG, Nataša, POLAJNAR, Andrej, TONCHIA, Stefano. Development and validation of business process reengineering (BPR) variables: a survey research in Slovenian companies. <i>Int. J. Prod. Res.</i> , Dec. 2007, vol. 45, no. 24, str. 5811-5834. http://dx.doi.org/10.1080/00207540600854992 JCR IF: 0.56, SE (17/33), engineering, industrial, x: 0.681, SE (22/38), engineering, manufacturing, x: 0.656, SE (38/60), operations research & management science, x: 0.797
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		11856918
3.	Naslov	SLO	Nov pristop k vrednotenju merilne negotovosti pri umerjanju komparatorjev za merilne kladice
		ANG	New approach to uncertainty evaluation in the calibration of gauge block comparators
	Opis	SLO	Z namenom dviga meroslovne zmogljivosti na najvišji točnostni ravni v laboratoriju -nosilcu nacionalnega etalona smo izvedli projekt revizije merilne negotovosti pri kalibraciji merilnika merilnih kladic. Nov pristop z nekonvencionalnim matematičnim modelom, obširnimi kratkoročnimi in dolgoročnimi eksperimentalnimi meritvami ter z dodatnimi vlaganji v izboljšavo pogojev okolice je omogočil znižanje merilne negotovosti s 30 nm na 20 nm. S tem smo dosegli uvrstitev v sam vrh svetovnih laboratorijev po točnosti kalibracij merilnih kladic po metodi mehanske primerjave.
		ANG	To raise the metrological capability at the highest accuracy level in the laboratory – holder of the national length standard, we have performed a project of measuring uncertainty review in calibration of a gauge block comparator. The new approach with a non-conventional mathematical model, extensive short- and long-term experimental measurements, and investments in improving environmental conditions has enabled a reduction of the uncertainty of calibration from 30 nm to 20 nm. In this way laboratory has reached worldwide top level as regards gauge block calibration by mechanical comparison.
	Objavljeno v		GODINA, Andrej, AČKO, Bojan, DRUŽOVEC, Marjan. New approach to uncertainty evaluation in the calibration of gauge block comparators. <i>Measurement</i> . [Print ed.], Jul. 2007, vol. 40, iss. 6, str. 607-614. http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2006.09.010 . JCR IF (2006): 0.525, IFmax: 0.866, IFmin: 0.518, x: 0.746; engineering, multidisciplinary; 33/66
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		11393558

4.	Naslov	SLO	Negotovost in razvoj sposobnosti
		ANG	Uncertainty and development of capabilities
	Opis	SLO	Vsebina znanstvene monografije obsega izvirno sintezo teorije stvarnih opcij, upravljanja tveganja, modeliranja negotovosti, metode analitičnega hierarhičnega procesa in mehke logike ter predstavlja prispevek pri izgradnji orodij za podporo odločanju za usmerjanje procesa razvoja sposobnosti v organizacijskih sistemih.
		ANG	The content of the scientific monograph comprises a novel synthesis of real options theory, risk management, modelling of uncertainty, analytic hierarchy process methods and fuzzy logic, representing a genuine contribution to constructing tools for the support of decision-making in directing the development of capabilities in organizational systems.
	Objavljeno v	KREMLJAK, Zvonko, BUCHMEISTER, Borut. Uncertainty and development of capabilities, (DAAAM Publishing series, Management Science). Vienna: DAAAM International Publishing, 2006. X, 143 str., graf. prikazi. ISBN 3-901509-55-0	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
	COBISS.SI-ID	57398785	
5.	Naslov	SLO	Industrijski grozdi
		ANG	Industrial clusters
	Opis	SLO	Industrijski grozdi so ena izmed najbolj pomembnih oblik mrežnih organizacij v današnjem poslovnem okolju. Najdemo jih v vseh razvitih svetovnih državah, pogosto so del nacionalne politike spodbujanja konkurenčnosti, kot je tudi v Sloveniji. Pričujoče delo vključuje model razvoja in organizacije industrijskih grozdov, poseben podarek pa je na modelu menedžmenta znanja in tehnologij v industrijskih grozdih.
		ANG	Industrial clusters are one of the most important forms of network organisations in today's business environment. They are present in all developed world countries, often they are a part of national policy for fostering competitiveness, as is the case also in Slovenia. This scientific monograph includes a cluster development and organisation model with a special focus on knowledge and technology development model in industrial clusters.
	Objavljeno v	PALČIČ, Iztok. Industrial clusters. Vienna: DAAAM International Publishing, 2007. VIII, 116 str., graf. prikazi. ISBN 3-901509-80-1. ISBN 978-3-901509-80-3. [COBISS.SI-ID 60180993]	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
	COBISS.SI-ID	6018099	

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
		ANG	Membership in foreign/international committees
Opis	SLO	Izr. prof. dr. Bojan Ačko je kontaktna oseba za Republiko Slovenijo v Evropskem združenju nacionalnih metroloških inštitutov Euramet za veličino dolžina (TCL). Imenovan je s strani MVZT-MIRS (dodatne informacije na http://www.npl.co.uk/euromet/length/ ter na http://www.mirs.gov.si/si/mednarodno_sodelovanje/clanstva/euromet/); dosežek je pomemben s stališča zagotavljanja mednarodne meroslovne sledljivosti, kar predstavlja za slovensko industrijo ekonomičen dostop do boljših merilnih zmogljivosti in dokazovanja kakovostnih karakteristik najzahtevnejših proizvodov v mednarodnem prostoru.	
	ANG	Prof. Bojan Ačko is a contact person for Republic of Slovenia in the European Association of National Metrology Institutes Euramet for quantity length (TCL). He is designated by MVZT-MIRS (additional information on http://www.npl.co.uk/euromet/length/ end http://www.mirs.gov.si/si/mednarodno_sodelovanje/clanstva/euromet/). The achievement is important for assuring international traceability, which is opening the SLO industry an economic way of reaching better measurement capabilities and as a consequence proves of quality characteristics of most pretentious products	

		in international market.
Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
Objavljeno v	Ni objave	
Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
COBISS.SI-ID	229859072	
2.	Naslov	<i>SLO</i> uredništvo mednarodne revije
		<i>ANG</i> Editorial board in international journals
Opis	<i>SLO</i>	Red. prof. dr. Andro Alujevič je urednik mednarodne znanstvene revije Strojniški vestnik, ki sodi v kategorijo JCR na področju strojništva. Strojniški vestnik objavlja teoretične in praktično usmerjene članke, ki obravnavajo vprašanja sodobne tehnologije (Energetika in procesno strojništvo, konstrukterstvo in gradnja strojev, proizvodno strojništvo, mehanika in materiali itn.). Obravnava dejavnosti, kakršne so: projektiranje, gradnja, obratovanje, varstvo okolja itn. na področju strojništva ali z njim tesno povezanih ved. Revija vsako leto izide 11-krat.
	<i>ANG</i>	Prof. Alujevič is an editor of international scientific journal with the title Journal of Mechanical Engineering, indexed in JCR category for mechanical engineering. Journal of Mechanical Engineering publish theoretical and practical papers, dealing with questions about up-to-date technology (Energetics and process engineering, structures and machine construction, production engineering, mechanics and materials etc.) The most important topics are: projecting, constructing, operation, environment protection, etc. in the field of mechanical engineering and related sciences.
Šifra	C.04	Uredništvo mednarodne revije
Objavljeno v	Strojniški vestnik. Alujevič, Andro (odgovorni urednik 1993-2006, glavni urednik 2003-2006). Ljubljana: Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.]: = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.], 1955-. ISSN 0039-2480	
Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID	762116	
3.	Naslov	<i>SLO</i> uredništvo mednarodne revije
		<i>ANG</i> Editorial board in international journals
Opis	<i>SLO</i>	Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je glavni urednik mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM), ki izhaja na Dunaju 4-krat letno. Dr. Buchmeister koordinira celotno delo pri reviji (uredniški sestanki, sprejem člankov, dodelitev presojevalcev, dodatne uredniške recenzije, obveščanje avtorjev, priprava vsake številke, pisanje uvodnika, kontakti z informacijskimi servisi itd.) V reviji se objavljajo raziskovalni dosežki (okrog 20 člankov letno) na področju simulacijskega modeliranja (teoretični in aplikativno naravnani). Je v bazi INSPEC in SCOPUS
	<i>ANG</i>	Prof. Dr. Borut Buchmeister is an editor in chief for international scientific journal titled International Journal of Simulation Modeling (IJSIMM), published in Vienna, 4-times per year. Dr. Buchmeister coordinates all work (editorial meetings, papers acceptance, reviewers assignment, additional editors reviews, informing authors, individual issue arrangement, leading article, contacts with information services, etc.). Journal published research achievements (about 20 papers per year) about simulation modelling (theoretical and applicable). It is in bases INSPEC and SCOPUS.
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.	
Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID	8008982	
4.	Naslov	<i>SLO</i> projekt PROVOJ
		<i>ANG</i> project PROVOJ
Opis	<i>SLO</i>	Prof. dr. Anton Hauc sodeluje kot glavni zunanji svetovalec na projektu PROVOJ – »Prehod na poklicno vojsko dopolnjeno s pogodbeno rezervo«. S projektom PROVOJ, ki ga izvaja Ministrstvo za obrambo, se je vzpostavila poklicna vojska v Republiki Sloveniji. Projekt se je pričel izvajati v letu 2002

		in se zaključuje z letom 2008. Delil se je na 17 podprojektov, kar predstavlja svojevrsten multiprojektni proces.
	ANG	Prof. dr. Anton Hauc cooperate as a chief external consultant on the project PROVOJ – Professionalisation of Slovenian army. Project started in year 2002 and will be completed in this year, 2008. It is divided into 17 sub-projects, forming unique multi-project process.
Šifra		F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev
Objavljeno v		HAUC, Anton, VREČKO, Igor. Model vodenja in izvajanja projekta PROVOJ 2002-2004. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta, Inštitut za projektni management, 2004. 86 f., graf. prikazi, tabele
Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID		9438236
5.	Naslov	SLO projekt 8x8
		ANG Project 8x8
	Opis	SLO Prof. dr. Anton Hauc sodeluje kot glavni zunanji svetovalec na projektu 8x8 – »Pehotno bojno vozilo 8x8«. Projekt 8x8 je osrednji projekt oboroževanja Slovenske vojske in hkrati pomemben za slovensko gospodarstvo, saj se vozilo proizvaja v Sloveniji in zagotovljen je določen prenos znanja. Projekt se deli na vrsto podprojektov, ki tvorijo multiprojektni proces. Na osnovi izsledkov raziskave Multiprojektna proizvodnja tega temeljnega raziskovalnega programa je bil v letu 2007 vzpostavljen ustrezen model vodenja in izvajanja.
		ANG Prof. dr. Anton Hauc cooperate as a chief external consultant on the project 8x8 – »Infantry combat vehicle 8x8«. Project 8x8 is central arming project of Slovenian army and at the same time important for Slovenian economy because the production of vehicles is in Slovenia and in such way knowledge and know how is transferred into the country. Project is divided into sub-projects forming multiproject process. Based on the findings from research "Multi-project production" – which is part of this research programme – in the year 2007 suitable managing and implementation model was restored.
	Šifra	F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev
	Objavljeno v	HAUC, Anton. Zagon in organizacija vodenja in izvajanja projekta "PEHOTNA BOJNA BOZILA 8 x 8". Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta, Inštitut za projektni management, 2007. 76 f., ilustr., graf. prikazi, tabele
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)
	COBISS.SI-ID	9438492

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Proizvodni menedžment
<p>Raziskovalne aktivnosti v okviru prijavljenega raziskovalnega programa so usmerjene k doseganju mednarodno primerljivih znanstveno raziskovalnih rezultatov. V znanosti se procesu specializacije znanj, pridruži proces integracije znanj. Proizvodni menedžment, kot podpodročje tehnične discipline se je v evlucijskem razvoju vedno bolj stapljal z menedžmentom. Proizvodni menedžment je zato mogoče identificirati kot področje, ki je nastalo s prepletanjem tehniških in organizacijskih ved. Integracija je nastala zaradi potrebe po razumevanju pojavov, ki nastajajo v razvojno in tehnološko intenzivnih proizvodnih podjetjih. V prihodnosti pričakujemo še močnejše prepletanje tehniških in organizacijskih znanj, saj se morajo inženirji zavedati pravega pomena inovacije – razvito idejo pretvoriti v komercialni posel. Obstaja večje število znanstvenih revij, ki integrirajo inženirsko-tehnična in organizacijska znanja in usmerjajo raziskovalno dejavnost raziskovalnega programa: Journal of Operations Management, International Journal of Operations & Production Management, Journal of Engineering and Technology Management, Journal of Product Innovation Management, Technovation in International Journal of Project Management. Obstoje naštetih znanstvenih revij dokazuje, da proizvodni menedžment predstavlja relevantno znanstveno področje, z lastnim konceptualnim znanjem in lastno znanstveno identiteto. Na področju projektnega menedžmenta</p>

bo glavni prispevek v tem, da se njegov razvoj prilagodi vrstam projektov in vsem relevantnim projektnim okoljem, upoštevajo nastanki, zagoni izvajanja in zaključevanje projektov ob hkratnem obvladovanju sprememb in rizikov ter aktualnih vplivov strateškega okolja, da se prilagodi vse kompleksnejšim proizvodnjam projektov ne samo v podjetjih, ampak tudi na nacionalno pomembnih področjih tako, da se upoštevajo strateške in druge usmeritve nacionalnega razvoja. Ustvarjanje in posredovanje novih znanj s področja delovanja skupine bo imelo največji pomen za nadaljnji razvoj znanosti, kar pa se bo apliciralo predvsem v okviru zagotavljanja učinkovitosti in s tem večje konkurenčnosti malih in srednjih proizvodnih podjetij v aktualnem poslovnem okolju. Na prevladujočem tehniškem področju (glede vsebine raziskav) ima raznolikost (pluralizem) drugačen značaj kot v humanistiki ali v družboslovju, ker temelj predstavitve in analize niso individualna spoznanja, ampak empirično ali matematično dokazljiva dejstva. Posebna odlika programske skupine je izdajanje mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling, katere urednik je naš član. Izsledki raziskav naše skupine so že bili predstavljeni javnosti v znanstvenih revijah, pa tudi v znanstvenih monografijah, v prihodnosti glede na predvidene vsebine pričakujemo izraziti porast.

Dimenzionalna metrologija

Kalibracije laserske frekvence s pomočjo primarnega etalona v svetu sicer niso novost, so pa v domeni vrhunskih nacionalnih meroslovnih laboratorijev in le-ti pri omenjenih meritvah zaznavajo še vrsto neobvladanih vplivnih faktorjev. V Sloveniji predstavlja to področje znanstvenih raziskav povsem neobvladan segment, zato je pričakovan znanstven prispevek izjemno velik. Omogočil bo enakovredno meroslovno komunikacijo na primarnem nivoju v svetovnem meroslovnem prostoru, domačim uporabnikom laserskih meritev pa novo bazo znanja za obvladovanje merilne negotovosti in širjenje laserskih aplikacij na nova področja meritev. Pri integraciji laserskega interferometra in koordinatne merilne naprave v nov merilni sistem za kalibracije bo znanstven prispevek predvsem v tvorjenju novih matematičnih modelov za vrednotenje merilne negotovosti, ki pri nas še niso poznani, pa tudi v izdelavi algoritmov za sočasno zajemanje rezultatov v realnem času. Nova znanstvena spoznanja na osnovi obsežnega eksperimentalnega dela bodo omogočala širitev uporabnosti laserskih interferometrov in koordinatnih merilnih naprav.

ANG

Production management

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

Measurement science

Calibration of laser frequency by primary standard is not a novelty in the measurement science, but only highest-ranked national metrology institutions are capable to performing it. Also they are still noticing a number of unmanaged influence factors in the calibration process. In Slovenia this field of scientific research is completely unpracticed, that is way a respected scientific achievements are extremely large. Equivalent metrological communication on the primary level will be possible in the global metrological community, while Slovenian users of laser measurements will gain new base of knowledge for diminishing the measurement uncertainty and widening the laser applications in new fields of use. By integration of laser interferometry

with coordinate measuring machines new measurement system for calibrations will arise, where new mathematic models for measurement uncertainty evaluation will represent a scientific achievement. Such mathematic models are not known in Slovenia yet, also new algorithms for on-line and real-time data acquisition will be developed. New scientific knowledge based on extensive experimental work will enable widening of use of laser interferometer as well as coordinate measuring machines.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Programska skupina je edina v Sloveniji, ki združuje tehnično-tehnološka znanja v proizvodnem strojništvu z znanji s področja menedžmenta (proizvodnje), torej združuje strojno-tehnološka in poslovno-organizacijska znanja. Pri tem se navezuje na strateški in predvsem projektni management pri izvajanju strategij in projektov, ne samo povezanih s proizvodnjo, temveč širše s celovitim strateškim načrtovanjem v podjetjih in širšem okolju. Skupina tako opravlja edinstveno povezovalno, interdisciplinarno vlogo z izrazitim prispevkom k boljši konkurenčnosti proizvodnih podjetij, izkoriščanju poslovnih priložnosti ter trajnostnega razvoja Slovenije. Pomena raziskovalne skupine se zavedajo v slovenskih podjetjih in evropskih raziskovalnih ustanovah, s katerimi skupina uspešno sodeluje. Vključenost raziskovalcev z različnim strokovnim profilom je pogoj za optimalno izrabo možnosti sodobnih analitičnih in raziskovalnih metod ter vsebinsko interpretacijo raziskovalnih dognanj. Koncepti, ki bodo razviti v raziskovalnem programu, bodo ob teoretični ustreznosti (na osnovi raziskav v realnem poslovnem okolju) usmerjeni k aplikativnemu reševanju problemov v proizvodnih podjetjih. Tako bodo pripomogli k povečanju konkurenčnosti podjetij in prispevali h gradnji inovativnega, učinkovitega in na znanju temelječega gospodarstva z dolgoročno stabilno rastjo. Konkurenčnost slovenskih proizvodnih podjetij je v veliki meri odvisna od njihovih sposobnosti za integracijo naprednih proizvodnih tehnologij in upravljanje tehnološke baze in informacijskih tokov in pa predvsem uspešnega izvajanja investicijskih projektov zagotavljanja proizvodnje. Rezultati raziskav bodo pripomogli k razvoju znanja, ki bo omogočalo prenos razvojnih in tehnoloških dosežkov v konkurenčne prednosti in izkoriščanje poslovnih priložnosti. Tu se vidi vloga projektne menedžmenta, saj postaja projektno izvajanje strategij v obliki učinkovite proizvodnje projektov nujnost v podjetjih in ostalih sferah, kar je ključnega pomena za črpanje evropskih sredstev, pripravo in izvedbo nacionalno pomembnih projektov, ki so zapisani tudi v nacionalni strategiji do leta 2023. Posebej je potrebno poudariti, da je prijavljen raziskovalni program temelj za razvoj interdisciplinarnega do- in podiplomskega študijskega programa Gospodarsko inženirstvo, ki ga v prenovljeni obliki po Bolonjskem sistemu izvajata Fakulteta za strojništvo in Ekonomsko-poslovna fakulteta. Na področju meroslovja bodo rezultati raziskav – predvsem novi etaloni ter kalibracijske metode in postopki omogočili dvig mednarodne primerljivosti kalibracijskih rezultatov zelo pomembnih etalonov (posebej moramo izpostaviti primarni etalon, ki ga do sedaj še ni bilo) in merilnih sistemov, kar bo omogočilo boljšo integracijo slovenskega meroslovnega sistema v mednarodno meroslovno infrastrukturo. S povečanjem ugleda slovenskega meroslovja se seveda tudi slovenski industriji omogoči lažje mednarodno trgovanje predvsem na področju ugotavljanja skladnosti izdelkov. Širjenje in izboljšava etalonske baze bosta imeli za posledico izboljšanje industrijskih zmožnosti na področju geometrijsko zahtevnih proizvodov. Predvsem pomembno je to za naraščajoče število slovenskih dobaviteljev svetovni avtomobilski industriji.

ANG

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

results will help with building knowledge that will enable transfer of R&D and technological results in competitive advantage and seizing business opportunities. Here we can see the role of project management because the project oriented strategy implementation as a project production is becoming inevitably in companies and other environment. Project management competences are of crucial importance for acquiring European (financial) means and for preparation and implementation important national projects, written in national strategy till the year 2023. We have to emphasise that the research programme is a basis for development of interdisciplinary study programme Industrial Management that is currently implemented according to Bologna process by Faculty of mechanical engineering and Faculty of Economics & Business. In the field of measurement science, results of scientific work (especially new measurement standards and calibration methods in connection with primary measurement standard, not present in Slovenia until now) will enable rise of level of international comparability of calibration results and measurement systems. Better integration of Slovenian metrology system into global metrology infrastructure will be enabled. By higher reputation of Slovenian metrology also Slovenian industry will easier resolve matters in foreign trade, where product conformity is needed (e.g. CE-mark). Widening and enhancement of measurement standards base are going to enhance industrial capabilities in the field of highly geometrically pretentious products, what is of great importance for increasing number of Slovenian automotive industry suppliers, where demands of technical specification ISO TS 16949 and other standards in this branch, concerning reliable measurements protocols and documents as quality conformance proofs are very high.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	19	
- doktorati	6	4
- specializacije	5	
Skupaj:	30	4

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	3		
- gospodarstvo	2	17	5
- javna uprava	1	2	
- drugo			
Skupaj:	6	19	5

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	Strojniški vestnik	11 številke letno (270 čl)/ Alujevič, Polajnar
2.	Projektna mreža Slovenije	3-4 številke letno / Hauc, Vrečko, Palčič
3.	International Journal of Simulation Modelling	4 številke letno - 68 člankov / Buchmeister

4.	Advances in Production Engineering & Management	4 številke letno - 32 člankov / Polajnar, Buchmeister, Palčič, Pandža, Ačko
5.	zbornik Projektna odličnost Projektni forum 2007	25 člankov / Palčič
6.	IRT 3000	6 številke letno / Polajnar uredniški odbor
7.	zbornik posvetovanja Orodjarstvo	izhaja letno, 170 prispevkov / Polajnar urednik
8.	Upravljanje tveganja, Zbirka Management	Buchmeister urednik zbirke
9.	DAAAM International Scientific Book 2006	Buchmeister, član uredniškega odbora 54 prispevkov
10.	Neprofitni management	Hauc - član uredniškega odbora - 20 člankov letno

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	2
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	2
Skupaj:	4

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

- 6. EU okvirni program: projekt InCaS: pričetek 2006, trajanje 2,5 let. Vključenih je 5 EU držav, osnovni namen pa je izdelava metodologije za merjenje intelektualnega kapitala (ICS) ter izdelava bonitetnega poročila Bilance znanja.

- European Manufacturing Survey (od leta 2003 naprej) Informacije o projektu so na: http://www.isi.fraunhofer.de/i/projekte/Fems_e.htm

- PM CAT - Project Management Competence Assessment Tool; poteka v okviru programa Leonardo da Vinci (jan 2006 - sept 2007) Informacije o projektu so na: <http://www.pmcacat.com/cms/pmcacat/app>

- EU projekt 6. okvirnega programa ManVis (Manufacturing Visions - Integrating Diverse Perspectives into Pan-European Foresight) - IST-NMP-1-507139, SSA projekt

- Projekt CREATE - glavni cilj projekta 6. okvirnega programa, poimenovanega CREATE, je predstavljalo izboljšanje zavedanja o pomenu kreativnosti v industrijskih podjetjih. Pri tem je sodelovalo pet partnerjev iz štirih evropskih držav. Izvedeno je bilo večje število delavnic s ciljem proučevanja ustreznosti posameznih kreativnih tehnik. - predstavitev rezultatov projekta in več kot sto kreativnih tehnik je mogoče najti na spletnem naslovu <http://www.createproject.net/>.

- partnerstvo v srednjeevropski izobraževalni mreži CEEPUS - CII-SR-0065

- aktivno sodelovanje v združenju TRIZ Kompetenzzentrum Graz (www.trizzentrum.at)

- TEMPUS PROGRAMME POMACOM - SM_SCM-C004A06-2006.

- Organisation of training services for Albanian experts and scientists Lot 1 Length measurements (service contract n. C45146) - projekt EU - JRC-IRMM

- Projekt Euromet 601: Calibration of 8 steel gauge blocks by mechanical comparison

- Projekt Euromet 797: Comparison on gauge block measurement by mechanical comparison

- Projekt Euromet 812: Calibration of diameter standards (EUROMET.L-K4.2005)
- Projekt Euromet 882: Calibration of line scales EUROMET.L-K7
- Projekt Euromet 914: Introduction of primary standard of length into a national metrology laboratory

Informacije o projektih Euromet so na <http://www.npl.co.uk/euromet/length/projects.php>; v projektih 882 in 914 smo koordinatorji, v ostalih pa partnerji

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

- Proizvodni menedžment v podjetju BITERM d.o.o. (naročnik Biterm d.o.o., Bistrica ob Sotli)
- Analiza delovnega procesa in postavitev normativov proizvodnega procesa (naročnik Trgodom Nr 1 d.o.o.) COBISS.SI-ID 9754390
- Racionalizacija proizvodnje (naročnik W&G d.o.o., Maribor) COBISS.SI-ID 9755158
- Ugotavljanje organizacijskih izgub v podjetju (naročnik Tajfun d.o.o., Planina pri Sevnici) COBISS.SI-ID 10061334
- Razvoj logističnega centra za celovito vzdrževanje zrakoplovov. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 31 f., graf. prikazi (naročnik HELI AIR CENTER d.o.o. Ljubljana, projektna študija) [COBISS.SI-ID 9432854]
- Meroslovna infrastruktura za podporo kakovostnim meritvam v industriji (Izvedba izobraževanja za podjetje TECOS)
- Ocenjevanje v procesu akreditacije (Q-Techna d.o.o., PMA d.o.o., Iskra ISD - laboratorij, naročnik Slovenska akreditacija).
- VAR d.o.o.: RR projekt: Sodobni pristop k razvoju zahtevnih transfer orodij z upoštevanjem življenjskega cikla proizvodnje. V dvoletnem projektu smo se lotili celovite tehnološke prenove izdelave orodij, ki temelji na dobro zasnovanem osvajanju izdelka od snovanja do serijske izdelave
- Projekt: Organizacija služb proizvodno tehničnega področja - IMPOL Inotechna
- Projekt PROVOJ - prehod na poklicno vojsko dopolnjeno s pogodbeno rezervo. Projekt PROVOJ, ki se izvaja od leta 2002 je razdeljen na 17 podprojektov, ki vsak predstavlja zaokroženo celoto izvajanja določenih aktivnosti za doseganje njegovih namenskih in objektivnih ciljev v sklopu namenskih ciljev celotnega projekta. Izvajalci so pretežno notranji - iz Ministrstva za obrambo (MO), General štaba Slovenke vojske (GŠ SV) in same Slovenske vojske (SV). V letu 2006 je kot rezultat raziskave v okviru tega raziskovalnega programa potekalo testiranje modela multiprojektne proizvodnje izvajanja strategij, ki se je pokazal kot pravilno zastavljen.
- Projekt Strategija razvoja Pošte Slovenije. V letu 2006 je Pošta Slovenije pričela z revidiranjem takrat veljavnega strateškega razvojnega programa. Revidiran strateški razvojni program je pripravljen v skladu z modelom proizvodnje projektov in projektnim izvajanjem strategij. Poleg definiranja vseh projektov, priprave njihovih zagonskih elaboratov, izdelave strateškega projektnega plana, poslovnika o projektnem izvajanju strateškega razvojnega programa ter zagotovitve projektnega informacijskega sistema je bila ustanovljena tudi Služba za strateški razvoj z nalogo izvajanja strateškega in projektnega kontrolinga.
- Projekt Pehotno bojno vozilo 8x8. Pri projektu se je v letu 2007 uvedel model obvladovanja proizvodnje projektov, saj gre za projekt, ki se deli na vrsto podprojektov, s katerimi se zagotavlja oboroževanje Slovenske vojske.
- Nacionalni etalon - izvajanje dejavnosti nosilca nacionalnega etalona za dolžino.
- Izvajanje overjanja in umerjanja merilnih instrumentov za industrijo.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

- Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov kot nosilec programske skupine je član Orodjarskega grozda Slovenije. SEMOLIČ, Brane, PALČIČ, Iztok, ŽLIČAR, Anton, SAGADIN, Tone, STEPIŠNIK, Stanko, KOVAČ, Jure, ZIERER, Janko, ŠOSTAR, Adolf, ŠTRLEKAR, Ivo, KOVAČ, Marjan, PURGAJ, Andrej, FIŠNAR, Avgust. Izvajanje pilotnega projekta razvoja orodjarskega grozda v R Sloveniji : zaključno poročilo o izvajanju projekta razvoja grozda. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. 28 f. [COBISS.SI-ID 9090582] Splet: <http://www.toolscluster.net/sog.php?page=shtree&tree=tcs&id=PODJETJA>
- Člani programske skupine sodelujejo pri tehnološki platformi Manufuture - skupina podjetij se je odločila, da bo zastopala interese orodjarstva in mehatronike, kot ključnih podpornih aktivnosti vseh izdelovalnih tehnologij. Splet: <http://www.manufuture.si/clani.html>

- Nadzorni svet INFOND - dr. Hauc
- dolgoročno sodelovanje s podjetjem VAR (glej projekti)
- Viator Vektor, Sistemska tehnika d.o.o. - Kalibracijski laboratorij, Ravne na Koroškem
- Iskra ISD, d.d. - Metrološki laboratorij, Kranj
- Odbor za akreditacijo pri Slovenski akreditaciji
- Strokovni odbor za meroslovje pri Slovenski akreditaciji

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Menedžment proizvodnih sistemov - sodobni pristopi
Opis	To delo (učbenik) omogoča celovito razumevanje delovanja proizvodnega sistema in strateško vlogo proizvodnje pri doseganju konkurenčnih prednosti industrijskega podjetja in je rezultat dolgoletnega raziskovanja v Laboratoriju za načrtovanje proizvodnih sistemov na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru, v okviru katerega so nastale številne raziskave za podjetja in katerih rezultate smo vključevali v pedagoški proces.
Objavljeno v	POLAJNAR, Andrej, BUCHMEISTER, Borut, LEBER, Marjan, PANDŽA, Krsto, KALPIČ, Branko, ROJS, Tomaž, VUJICA-HERZOG, Nataša, PALČIČ, Iztok, FULDER, Tatjana, MEŽA, Peter. Menedžment proizvodnih sistemov - sodobni pristopi. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. VII, 506 str., graf. prikazi. ISBN 86-435-0666-4
COBISS.SI-ID	53981697

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Znanje je edini vir, ki se ne porablja, ampak ga je vedno več : gospodarski inženir je poklic prihodnosti.
Opis	Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov skrbi za razvoj stroke na interdisciplinarnem področju, ki ga poznamo pod imenom Gospodarsko inženirstvo. Gre za področje, ki združuje tehniško-inženirska znanja s poslovno-organizacijskimi. Zaradi tega smo predstavili prednosti tega znanstvenega področja in ga približali širši javnosti. S tem smo tudi spodbudili večje zanimanje za študijski program Gospodarsko inženirstvo.
Objavljeno v	PALČIČ, Iztok, POLAJNAR, Andrej. Znanje je edini vir, ki se ne porablja, ampak ga je vedno več : gospodarski inženir je poklic prihodnosti. Vestnik (Murs. Sobota), 24. jan. 2008, leto 60, št. 4, str. 18
COBISS.SI-ID	12053782

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Ekonomika in management podjetij Ergonomija v proizvodnih procesih Gospodarnost razvojnih projektov Inženirske kalkulacije Izdelovalni postopki Oblikovanje delovnih mest Proizvodni sistemi Projektni management Razvoj izdelkov Simulacije proizvodnih procesov Študij dela Vodenje proizvodnje
----	------------------------	--

		Vrednostna analiza Vzdrževanje in varovanje sistemov Tehnološke meritve Proizvodni merilni sistemi Jamstvo kakovosti
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski UNI-strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	UM - FS
2.	Naslov predmeta	Oblikovanje delovnih mest Organizacija proizvodnje Priprava proizvodnje Procesi izdelave orodij Proizvodni management Projektni management Študij dela Tehnološke kalkulacije Inženirska ekonomija Proizvodne meritve in kakovost Meroslovje in meritve geometrije v orodjarstvu Standardizacija in kakovost
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski UNI - VS
	Naziv univerze/fakultete	UM - FS
3.	Naslov predmeta	Proizvodni sistemi Upravljanje proizvodnje Oblikovanje dela Simulacije diskretnih proizvodnih procesov Stohastično načrtovanje proizvodnih procesov Ergonomija Meroslovje Sistemi za določanje izmer in oblik Menedžment kakovosti
	Vrsta študijskega programa	magistrski in doktorski- strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	UM - FS
4.	Naslov predmeta	Načrtovanje in vodenje proizvodnje Oblikovanje dela in delovnih mest Gospodarjenje s časom in delom Projektni menedžment Simulacijske analize proizvodnje in optimiranje Razvoj izdelka Merjenje odstopkov oblike in lege Meroslovje
	Vrsta študijskega programa	specialistični - strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	UM - FS
5.	Naslov predmeta	Calibration, documentation and laboratory management
	Vrsta študijskega programa	magistrski - strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	Univerzitet u Zenici - Mašinski fakultet

6.	Naslov predmeta	Projektni management Management vrednosti Management tehnologij
	Vrsta študijskega programa	UNI - logistika sistemov
	Naziv univerze/fakultete	UM - Fakulteta za logistiko
7.	Naslov predmeta	Projektni management Multiprojektno poslovanje Management programov in projektov Projektno usmerjen strateški management
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski študijski program Gospodarsko inženirstvo dodiplomski UNI-ekonomske in poslovne vede Magistrski in doktorski -ekonomske in poslovne vede
	Naziv univerze/fakultete	UM - Ekonomsko-poslovna fakulteta

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	

G.03.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete						
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj						
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva						
G.09.	Drugo:						

Komentar¹⁵

Raziskovalno področje organizacije in upravljanja proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja je že dolgo obdobje matično na Fakulteti za strojništvo. Njegovo poslanstvo je razvijati znanje potrebno za holistično razumevanje vloge proizvodnje in industrijskih podjetij. Sodobni znanstveni trendi proučevanja vpliva proizvodnje na doseganje konkurenčnih prednosti podjetij zahtevajo povezovanje tehničnega in organizacijskega znanja. Uveljavilo se je spoznanje, da sta učinkovitost in uspešnost izvajanja kritični pri doseganju in ohranjanju konkurenčnih prednosti. Preživetje na globalnih tržiščih zahteva od proizvajalcev bistveno višjo raven razumevanja in odzivnosti kot kadarkoli prej. Zato se včerajšnji modeli menedžmenta proizvodnje nenehno posodablajo in zahtevajo od akterjev trajen raziskovalni vložek.

Raziskovalna skupina opravlja edinstveno povezovalno, interdisciplinarno vlogo na področju proizvodnega strojništva in upravljanja z izrazitim prispevkom k boljši konkurenčnosti podjetju in trajnostnem razvoju slovenskega gospodarstva.

Naše raziskovalno delo ima velik vpliv na razvoj in izvajanje dodiplomskega in podiplomskega izobraževanja na področjih naprednih konceptov menedžmenta proizvodnje na različnih fakultetah univerz v Ljubljani, Kopru in Mariboru. V naših laboratorijih so bile v letih 2004 do 2008 opravljene številne diplomske in študentske raziskovalne naloge. Raziskovalna skupina razpolaga s potrebnim znanjem in uspešno uresničuje cilje raziskovalnega programa.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	24.650
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Najpomembnejša realizirana dela v času delovanja programske skupine so:

- Razvita je bila CNC-krmilna enota z možnostjo učenja na osnovi nevronske mreže. Izvirnost je potrjena s patentom v ZDA. [COBISS.SI-ID [7335190](#)]
- Razvit je bil model rezkanja s prirejenimi vpenjalnimi pripravami. Uporabljeno je bilo koračno freziranje. Izvirnost je potrjena s patentom v Nemčiji [COBISS.SI-ID [45688065](#)]
- Razvit je bil univerzalni računalniški programski paket na osnovi evolucijskih algoritmov. Paket omogoča modeliranje in optimiranje poljubnih tehnoloških sistemov. Učinkovitost paketa je bila dokazana na številnih praktičnih primerih. [COBISS.SI-ID [10187542](#)]
- Razvit je bil sistem za načrtovanje prilagodljivih obdelovalnih sistemov z genetskimi algoritmi, ki omogoča optimalnejše razmestitve strojev in naprav v proizvodnji. [COBISS.SI-ID [8024603](#)], [COBISS.SI-ID [9087510](#)]
- Razvit je bil nov pristop za programiranje CNC strojev s pomočjo evolucijskih algoritmov, ki omogoča stroškovno ugodnejšo obdelavo. [COBISS.SI-ID [9443606](#)], [COBISS.SI-ID [9416982](#)]
- Modeliranje kakovosti površine in rezalnih sil pri različnih obdelavah z odrezavanjem s pomočjo evolucijskih algoritmov omogoča boljše poznavanje procesa odrezavanja in s tem manjše stroške [COBISS.SI-ID [9026582](#)], [COBISS.SI-ID [8811542](#)]
- Zasnovan in realiziran je bil sistem za on-line nastavljanje obdelovalnih parametrov med obdelavo, ki temelji na kombinaciji metode nevronske mreže, mehke logike in PSO optimizacije. V okviru raziskave so bile realizirane aktivnosti: razvoj programske opreme za meritve [COBISS.SI-ID [9462550](#)], izdelava simulacijskih modelov [COBISS.SI-ID [8791062](#)], izdelava modelov (ANfis) za izbiro frezal in priporočenih rezalnih parametrov, izdelava samoučljive krmilne sheme [COBISS.SI-ID [8511259](#)], analiza stabilnosti sistema in praktično testiranje sistema na obdelovalnem stroju.
- Avtomatizacija (robotizacija) proizvodnje v več podjetjih omogoča večjo produktivnost. [COBISS.SI-ID [9896726](#)], [COBISS.SI-ID [11908374](#)], [COBISS.SI-ID [8665878](#)]
- Razvit, uveden, preizkušen in komercialno uporabljen je bil sistem hitre izdelave

kovinskih izdelkov - litje z izgubljenim jedrom. [COBISS.SI-ID. [10889238](#)], <http://www.rapiman.net/index.php?pid=1&sid=27&mid=9>

- Razvite so bile metode hitre izdelave prototipov za različne industrijske aplikacije: izdelava prototipnih serij družine antenskih ohišij, razvoj elektronskega sistema za brezgotovinsko obračunavanje voznin, uporaba hitre izdelave v tekstilstvu.

<http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=46&mid=6>,
<http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=46&mid=7>,
<http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=46&mid=5>,
<http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=15&mid=1>.

- Analiza možnosti uporabe hitre izdelave za izdelavo visokotlačnih krmilnih ventilov ter izvedba verifikacija postopkov na preizkusni stezi. [COBISS.SI-ID. [11727126](#)]
- Predstavili smo prvo uporabo form, izdelanih s selektivnih laserskim sintranjem, v livarni ETA Cerčno. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=15&mid=10>
- Razviti so bili lobanjskih vsadki z metodo hitre izdelave. Izveden je bil celo prvi poseg izdelave in vsaditve vsadka iz PMMA, izdelanega po posrednem postopku v Sloveniji in prva neposredna izdelava in vsaditev vsadka iz Ti 6 Al 4 V zlitine. Slednja je predstavljala šele drugi tak poseg v Evropi.
- Optimiranje medicinskih strojev in naprav z metodami umetne inteligence omogoča večjo uspešnost zdravljenja in intervencijskih posegov. [COBISS.SI-ID [10119446](#)]
- Optimizacija (z evolucijskimi metodami) vplivnih tehnoloških parametrov pri preoblikovanju in natančno modeliranje lastnosti materialov omogoča optimalnejše tehnološke postopke preoblikovanja in drugih obdelovalnih postopkov. [COBISS.SI-ID [9217558](#)], [COBISS.SI-ID [530271](#)], [COBISS.SI-ID [10119190](#)], [COBISS.SI-ID [11330838](#)], [COBISS.SI-ID [11321110](#)], [COBISS.SI-ID [10526742](#)]
- Napovedovanje cene preoblikovalnih orodij z metodami umetne inteligence omogoča orodjarnam hitro in natančno izdelavo ponudb. [COBISS.SI-ID [9463574](#)], [COBISS.SI-ID [8589334](#)], [COBISS.SI-ID [9896726](#)], [COBISS.SI-ID [10543638](#)]
- Optimiranje preoblikovalnih orodij za izsekovanje pri visokih hitrostih omogoča bistveno izboljšanje proizvodnega postopka in s tem nižje stroške. [COBISS.SI-ID [12176406](#)]
- Raziskava o preoblikovalnih možnosti visoko trdnostne pločevine omogoča poznavanje osnovnih kriterijev pri katerih je možno preoblikovanje. [COBISS.SI-ID [10437910](#)], [COBISS.SI-ID [10807318](#)], [COBISS.SI-ID [10809110](#)], [COBISS.SI-ID [11814166](#)]
- Izvedena je bila analiza sil in deformacij na preoblikovalnih orodjih za visokohitrostno izsekovanje aluminija. [COBISS.SI-ID [12176406](#)]
- Analiza meritev deformacij ogrodij vretenskih stiskalnic omogoča učinkovito varovanje strelomov na preoblikovalnih strojih [COBISS.SI-ID [10526230](#)]
- Avtomatizacija in posodobitev kompresorske postaje v družbi Impol d.d. http://www.impol.com/products/rods_and_bars/. V sodelovanju s podjetjem Impol d.d. je bil zasnovan računalniški sistem vodenja in nadzora postaje. [COBISS.SI-ID 9784342],

<http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/ips/labod/DATOTEKE/530-112.pdf>

- Raziskava in uporaba frekvenčno reguliranega hidravličnega pogona na preoblikovalnih strojih. Rezultati so bili aplicirani na obsekovalnem stroju proizvajalca Litostroj. Z uporabo sodobne, energetske varčne, prilagodljive, okolju prijaznejše in tudi cenovno ugodnejše pogonske tehnike, je podjetjem, ki se ukvarjajo z gradnjo strojev (npr. UNIOR, Litostroj) omogočena večja konkurenčnost na svetovnih trgih. <http://ft.fs.uni-mb.si/ft2005/program.html>, [COBISS.SI-ID [9477654](#)], [COBISS.SI-ID [9563158](#)], [COBISS.SI-ID [8459803](#)], [COBISS.SI-ID [9591062](#)], [COBISS.SI-ID [10115862](#)], <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-1567.2007.00146.x>, [COBISS.SI-ID [10994966](#)]
- Razvite so bile metode numeričnega kopiranja in hitre izdelave prototipov pri več projektih za ohranitev kulturne (tehnične) dediščine Slovenije. [COBISS.SI-ID [9630230](#)], [COBISS.SI-ID [10527766](#)], [COBISS.SI-ID [8833302](#)], [COBISS.SI-ID [9958422](#)], [COBISS.SI-ID [9119254](#)]
- Zasnova in izvedba inteligentne robotske celice za raziskovalne in pedagoške namene omogoča različne robotske aplikacij. [COBISS.SI-ID [10804502](#)]
- Izdelava sistema učenja za programiranje CNC obdelovalnih strojev za pedagoške namene. [COBISS.SI-ID [10324758](#)], [COBISS.SI-ID [52583937](#)], [COBISS.SI-ID [55832577](#)]
- Izdelana je bila spletna stran RAPIMAN (v slovenskem in angleškem jeziku), ki je namenjena za prenos znanja in dosežkov s področja hitre izdelave ter komercialno in razvojno povezovanje partnerjev v mednarodni mreži Rapiman. [COBISS.SI-ID. [12152086](#)]. [COBISS.SI-ID. [10670358](#)], <http://www.rapiman.net>
- Povezava mreže RAPIMAN z novo nastalo evropsko platformo za hitro izdelavo.

<http://www.rm-platform.com>, <http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=28>

- Članstvo mreže RAPIMAN v globalni zvezi mrež za hitro izdelavo GARPA. <http://www.garpa.org>, <http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=21&mid=22>
- Organizacija mednarodne konference: 1st DAAAM International Specialised Conference on Additive Technologies 2007. [COBISS.SI-ID. [58571265](#)],

<http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=19>

- Organizacija srečanja uporabnikov mreže RAPIMAN, [COBISS.SI-ID. [1743831](#)].

<http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=20>

- Izvedba predstavitvenih in izobraževalnih delavnic o uporabi slojevitih tehnologij v medicini na Stomatološki kliniki Univerzitetnem kliničnem centru v Ljubljani, na Oddelku za maksilofacialno kirurgijo UKC v Ljubljani, na oddelku za nevrokirurgijo UKC v Mariboru in oddelku za ortopedijo UKC v Mariboru, <http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=26>
- Razširjanje znanj o slojevitih tehnologijah organizacijo delavnic za podjetja in študente. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=16>,

http://maja.uni-mb.si/slo/hip/rmws06/program_rmws06.htm.

- Izvedba poletnih šol za domače in tuje študente prek mreže CEEPUS.

<http://ceepus.scholarships.at/default.aspx>,

<http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=27>

- Sodelovanje na sejmih Forma Tool 2005 in 2007.

<http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=21&mid=1>,

<http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=44&mid=8>, [COBISS.SI-ID. [11769878](#)]

- Organizacija strokovnih konferenc Fluidna tehnika 2005 in Fluidna tehnika 2007. <http://ft.fs.uni-mb.si/ft2005/>, <http://ft.fs.uni-mb.si/>
- Popularizirali smo naše znanstveno-raziskovalno delo prek poljudnih člankov, intervjujev, strokovnih člankov ipd. [COBISS.SI-ID [8752150](#)], [COBISS.SI-ID [8697622](#)], [COBISS.SI-ID [12221206](#)], [COBISS.SI-ID [12222486](#)], [COBISS.SI-ID [57536001](#)], [COBISS.SI-ID [11102742](#)], [COBISS.SI-ID [10670358](#)]

Nagrade, priznanja in drugi dosežki, ki so posledica realizacije raziskovalnega programa:

- Jože Balič: Prejemnik [Zoisovega priznanja za izjemne znanstvene dosežke na področju proizvodnih tehnologij in sistemov](#). <http://www.fs.uni-mb.si/povezava.aspx?pid=998>
- Miha Kovačič: Prejemnik TRIMO raziskovalne nagrade za doktorska dela. Naslov: Programiranje numerično krmiljenih strojev z uporabo evolucijskih metod, 2005.

<http://www.trimo.si/client/novice.php?id=720>

- Miran Brezočnik: Na svetovni lestvici objav s področja evolucijskih metod je na 24 mestu med več kot 3800 raziskovalci z vsega sveta. <http://www.cs.bham.ac.uk/~wbl/biblio/gp-html/index.html>. (Datum: 17. 4. 2008).
- Igor Drstvenšek: Prejemnik priznanja 'Srebrni znak' Univerze v Mariboru za leto 2007. <http://www.fs.uni-mb.si/povezava.aspx?pid=1107>

Programska skupina: Prejemnik zlate plakete na sejmu Formatool v Celju za izdelavo medicinskega vsadka s pomočjo slojevitih tehnologij. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=21&mid=11>

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Cilji raziskovalnega programa iz leta 2004 so bili v celoti realizirani. Program naše raziskovalne skupine je bil usmerjen predvsem v razvoj novih proizvodnih tehnologij in postopkov, sodobnih izdelkov in orodij, v inteligentno modeliranje in optimiranje proizvodnih tehnologij in postopkov, k interdisciplinarnemu povezovanju različnih ved (npr. sodobnih izdelovalnih tehnologij in medicine), snovanju tehnoloških postopkov, ki so okolju prijazne in k prenosu raziskovalnih

dosežkov v gospodarstvo. Kakovostna realizacija raziskovalnega dela je bila potrjena tudi s pridobitvijo mednarodnih patentov, objavami v priznanih mednarodnih revijah, citiranostjo naših del in Zoisovim priznanjem vodje programske skupine za znanstvene dosežke.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Bistvenih odstopanj realizacije raziskovalnega programa ni bilo.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Inteligentno programiranje CNC struženja z uporabo genetskih algoritmov.
		<i>ANG</i> Intelligent programming of CNC turning operations using genetic algorithm
	Opis	<i>SLO</i> Zasnovan je bil nov koncept/paradigma za inteligentno programiranje CNC-strojev, ki simulirajo naravno evolucijo. Uporabljena je bila metoda genetskih algoritmov (GA). Naključni NC-programi se v GA procesu izboljšujejo in postajajo čedalje optimalnejše rešitve za obdelavo. Evolucijski razvoj NC-programov postopoma pripelje do optimalne rešitve, tj. tistega NC-programa, ki je glede na dolžino poti orodja in obrabo orodja najboljšo rešitev problema. Raziskava je pokazala, da evolucijski pristop za programiranje CNC strojev obetaven, saj omogoča obdelavo z manj stroški.
		<i>ANG</i> In research the new concept/paradigm for intelligent programming of CNC-machines was developed. Concept uses GA which are simulating natural evolution. Random NC-programs are during evolution getting better and better and are becoming in the last stage optimal solution for the machining of given stock. Evolutionary development gradually gets the optimal solution, e.g., such NC-program which represents best solution regarding the length of toolpath and the tool wear. Research proved the evolutionary approach to this subject is promising since it assures machining with less cost.
	Objavljeno v	J. intell. manuf. (2006), vol. 17, no 3, str. 331-340. http://springerlink.com/ ; JCR IF 0.598
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10365718
2.	Naslov	<i>SLO</i> Optimizacija rezalnih parametrov z GA
		<i>ANG</i> Optimization of cutting process by GA approach
	Opis	<i>SLO</i> V članku je predlagana nova kontinuirna optimizacijska tehnika, ki bazira na genetskih algoritmih (GA). Z njo se določa optimalne rezalne parametre pri obdelovalnih operacijah. Algoritem izvaja naslednje: modificiranje rezalnih parametrov iz katalogov, arhiviranje rezalnih pogojev z nevronske mreže in zamenjava boljših rezalnih pogojev s predhodno naučenimi s predlaganim GA. Eksperimentalni rezultati potrjujejo, da je predlagan algoritem primeren in učinkovit pri reševanju kompleksnih optimizacijskih problemov in ga lahko integriramo v inteligentni obdelovalni sistem.
		<i>ANG</i> Proposes is a new optimization technique based on genetic algorithms (GA) for the determination of the cutting parameters in machining operations. It performs the following: the modification of recommended cutting conditions obtained from a machining data, learning of obtained cutting conditions using neural networks and the substitution of better cutting conditions. Experimental results show that the proposed genetic algorithm-based algorithm for solving the optimization problem is both effective and efficient, and can be integrated into an intelligent manufacturing system.
	Objavljeno v	Robot. comput.-integr. manuf.. [Print ed.], 2003, vol. 19, iss. 1/2, str. 113-121.

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	7746838
3.	Naslov	<i>SLO</i> Digitalna tovarna, DAAAM International Publishing, Vienna, ISBN 390150967-4, 2008,
		<i>ANG</i> Digital Factory, DAAAM International Publishing, Vienna, ISBN 390150967-4, 2008,
	Opis	<i>SLO</i> Knjiga obravnava računalniško integrirane proizvodne sisteme, informacijske vmesnike, planiranje proizvodnih virov, navidezno proizvodnjo in opisuje aplikacije različnih tehnik umetne inteligence.
		<i>ANG</i> Digital factory addressed the issue of computer integrated Manufacturing systems, information interfaces in manufacturing, enterprise resource planning system, virtual manufacturing and application of several artificial intelligence techniques in virtual manufacturing.
	Objavljeno v	DAAAM International Publishing, Vienna, ISBN 390150967-4, 2008,
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
COBISS.SI-ID	59223297	
4.	Naslov	<i>SLO</i> CNC control unit with learning ability for machining centers : United States Patent http://patft.uspto.gov/netacgi/nph
		<i>ANG</i> CNC control unit with learning ability for machining centers : United States Patent
	Opis	<i>SLO</i> Računalniška krmilna enota s sposobnostjo učenja, ki rešuje problem avtomatičnega, inteligentnega NC programiranja za CNC obdelovalne centre (za frezanje, vrtanje in sorodne operacije).
		<i>ANG</i> A CNC unit with learning ability solves the problem of automatic and intelligent generating of numerical control programs for CNC machining centers for milling, drilling and similar operations. The key module is a neural network (NN) device that learns to generate the NC programs through an NN teaching module. Upon completion of learning process the neural network device can generate automatically, without any intervention of the operator. The computer numerical control control unit with learning ability is suitable especially for machining center.
	Objavljeno v	United States Patent
	Tipologija	2.24 Patent
COBISS.SI-ID	7335190	
5.	Naslov	<i>SLO</i> Neural network based manufacturability evaluation of free form machining.
		<i>ANG</i> Neural network based manufacturability evaluation of free form machining.
	Opis	<i>SLO</i> Obravnavna je uporaba NN za prepoznavanje geometrijske konfiguracije proste površine, za izbiro najbolj optimalne frezalne strategije in za analizo, izbor, in povezavo (sintezo) tehnološko in geometrijsko podobnih ploskev. NN ugotovi tip ploskve in predlaga rešitev problema. - najprej prepozna topografijo proste površine - zatem klasificira površino glede na geometrijsko podobnost, - po končani geometrijski klasifikaciji se izvrši še klasifikacija po tehnoloških kriterijih, - v zadnji fazi se poizkušajo združiti skupaj ploskvice s podobnimi geometrijskimi in tehnološkimi lastnostmi.
		<i>ANG</i> Most CAD/CAM and CAP systems manipulate all geometrical features on the part equally. Developing a new methodology the following benefits to praxis: it minimizes the number of set-ups and tool changes and ensures the right sequence of machining strategies. This paper reports a neuro-fuzzy model that uses the concept of "feature manufacturability" to identify and recognize the degree of "pretentiousness-difficulty of machining". This makes possible simultaneous evaluation of features complexity in a CAD model and manufacturing capability.
	Objavljeno v	Int. j. mach. tools manuf.. [Print ed.], January 2005, vol. 45, iss. 1, str. 13-20. JCR IF: 1.057, SE (4/36), engineering, manufacturing, x: 0.565, SE (16/104), engineering, mechanical, x: 0.644
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	8975894	

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

		Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat
1.	Naslov	<i>SLO</i> Organizacija mednarodne konference: 1st DAAAM International Conference on RP, April 2007. http://www.rapiman.net/index.php?pid=4&sid=19&mid=19 , [
		<i>ANG</i> 1st DAAAM International Specialised Conference on RP, April 2007.
	Opis	<i>SLO</i> Sodelovali so svetovno priznani znanstveniki in strokovnjaki s področja slojevitih tehnologij, med drugimi tudi Ian Campbell - Loughborough University, Loughborough, Anglija; Horatiu Rotaru – University of Medicine and Farmacy Cluj Napoca, Cluj-Napoca, Romunija; Zehavit Reisin – Objet Geometries, Rehovot, Izrael; Andrea Reinhardt – MicroTEC, Bad Duerkheim, Nemčija. Svoje dosežke so med drugim predstavili predstavniki podjetij MCP-HEK, EOS, Concept Laser in ARCAM, torej vodilna evropska podjetja, ki razvijajo in prodajajo naprave za slojevite tehnologije za izdelavo kovinskih izdelkov.
		<i>ANG</i> Many world's leading scientists and professionals presented top knowledge in the field of layered technologies: Ian Campbell - Loughborough University, Loughborough, UK; Zehavit Reisin – Objet Geometries, Rehovot, Israel; Horatiu Rotaru – University of Medicine and Farmacy Cluj Napoca, Cluj-Napoca, Romania; Andrea Reinhardt – MicroTEC, Bad Duerkheim, Germany. Latest achievements were presented from MCP-HEK, EOS, Concept Laser and ARCAM, therefore presenters of leading European companies that are developing layered manufacturing technologies for metal products manufacture.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	http://www.rapiman.net/
	Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela
	COBISS.SI-ID	58571265
2.	Naslov	<i>SLO</i> Naslov projekta: Na poti v EU, drugi del: Naročnik: JARR Javna agencija za regionalni razvoj. Izvajalec: GZS Območna zbornica Maribor,
		<i>ANG</i> Project title: Approaching EU, 2nd part: JARR (Public agency of RS for regional development), Chamber of Commerce, Maribor.
	Opis	<i>SLO</i> Na poti v EU 2. del (PHARE), Vzorčni projekt uvajanja ukrepov za spodbujanje razvoja malih podjetij, njihovega povezovanja z institucijami znanja (fakultetami, univerzo) in tako dviga deleža znanja v proizvodih malih podjetij ter priprave na EU tržišče. Sodelujočih 33 malih in srednjih podjetij iz prekmurske, podravske, koroške, celjske in gorenjske regije. naročnik in financer: GZS (Gospodarska Zbornica Slovenije), JARR (Javna agencija RS za regionalni razvoj), 2003 – 2005.
		<i>ANG</i> Project for development of small enterprises and their collaboration with research institutions. Knowledge improvements in small enterprises and their preparation on the EU market. Contributors: 33 SME from five Slovenian regions: Prekmurska, Podravska, Koroška, Celjska, Gorenjska. Our programme group (leader: Jože Balič) leads and coordinates technological part of the project and realizes technological steps. Industrial projects funded by GZS (Chamber of commerce and industry of Slovenia, http://www.gzs.si/), JARR (Public agency of RS for regional development),
	Šifra	F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Objavljeno v	www.gzs.si
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
COBISS.SI-ID	54754305	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Kranioplastični projekt– Razvoj in izdelava lobanjskih vsadkov (sodelovanje programske skupine z Univerzitetnim kliničnim centrom Maribor)
		<i>ANG</i> Development and mass production of shell implant (cooperation research/program group with University clinical center Maribor).

Opis	SLO	DICOM podatki so bili zajeti s CT-skeniranjem pacienta. Izvedena je bilatrirazsežna rekonstrukcija lobanje. Manjkajoči del lobanje je bil oblikovan glede na STL model. Za izdelavo fizičnih modelov lobanje in vsadka so bile uporabljene tehnologije RP. Za izdelavo vsadka iz primerne (biokompatibilnega) materiala je bil uporabljen SRM postopek hitre izdelave orodij. 2. Drugi kranioplastični projekt je bila neposredna izdelava kranioplastičnega vsadka iz Ti 6 Al 4 V zlitine. To je bil prvi tak poseg v Sloveniji in drugi v Evropi, pri čemer smo v Sloveniji prvi uporabili lasersko napravo.
	ANG	1. First step is to capture DICOM data with CT scan of patient skull. On that basis 3d skull reconstruction in STL format was made. Missing skull implant was modelled according to STL skull data with help of several reverse engineering procedures. Rapid prototyping models were used for shape authentication. 2. A second cranioplastic project was direct production of cranioplastic implant from Ti6Al4V alloy. That was the first such intervention in Slovenia and the second in Europe. In Slovenia we were the first to use device with laser beam for implant making.
Šifra	F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
Objavljeno v	http://www.fs.uni-mb.si/povezava.aspx?pid=1305	
Tipologija	2.30 Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci	
COBISS.SI-ID	10119446	
4. Naslov	SLO	Jože Balič: Glavni urednik mednarodne znanstvene revije, APEM (Advances in Production Engineering & Management), ISSN 1854-6250,
	ANG	Jože Balič: Editor-in-Chief of international scientific journal, APEM (Advances in Production Engineering & Management),
Opis	SLO	http://apem-journal.org/ . APEM izhaja četrletno in jo izdaja Inštitut za Proizvodno Strojništvo, FS Maribor. Povzetki člankov so v INSPEC. http://www.engineeringvillage2.org/controller/servlet/Controller . Revija je vključena v Ulrich's Periodicals Directory, Cabell's Directory-2008. Izhaja 4-krat na leto. Prispevki so v angleškem jeziku. Namen revije je povezati teoretične raziskave s praktično realizacijo.
	ANG	. APEM is published by Production engineering institute; FS Maribor four time per year. Paper abstracts are in INSPEC. http://www.engineeringvillage2.org/controller/servlet/Controller . Journal is included in Ulrich's Periodicals Directory, Cabell's Directory-2008. Contributions are written in English. The purpose of journal is to connect theoretical research with practical realization.
Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
Objavljeno v	Advances in Production Engineering & Management), ISSN 1854-6250,	
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
COBISS.SI-ID	18546250	
5. Naslov	SLO	Članstva v uredniških odborih mednarodnih znanstvenih revij
	ANG	Membership in the editorial boards of international scientific journals
Opis	SLO	International journal of advanced robotic systems. International journal of computational materials science and surface engineering Inderscience Enterprises, International journal of design engineering, Inderscience Enterprises Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia.
	ANG	International journal of simulation modelling. DAAAM International, Vienna, Austria, ISSN 1726-4529, International journal of advanced robotic systems. Wien: International journal of computational materials science and surface engineering. 2007-. Inderscience Enterprises, International journal of design engineering. 2007, Inderscience Enterprises. Journal of Mechanical Engineering. Ljubljana: Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia International journal of simulation modelling. DAAAM International, Vienna,
Šifra	C.06 Članstvo v uredniškem odboru	
Objavljeno v	na domačih straneh ustreznih revij in v COBISS-u	

Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
COBISS.SI-ID	9145366	

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Rezultati dela programske skupine so iz znanstvenega vidika zelo aktualni, saj vključujejo najsodobnejše tehnologije za planiranje, vodenje in nadzor proizvodnje izdelkov. Tem področjem namenjajo veliko pozornosti tudi najbolj uveljavljene mednarodne raziskovalne inštitucije in napredna podjetja. Segajo tudi na področja optimiranja in modeliranja tehnoloških sistemov/procesov z metodami umetne inteligence (npr. genetski algoritmi, genetsko programiranje, nevronske mreže, mehka logika, inteligenca rojev, strojni vid), ki jih je programska skupina razvila.

Del raziskav je povezan z naslednjimi znanstvenimi področji: npr. povezovanje področij slojevitih tehnologij in medicine (razvoj biokompatibilnih vsadkov z antibakterijskim delovanjem za maksilofacialno kirurgijo, razvoj ortopedskih vsadkov), povezovanje področij umetne inteligence in medicine (npr. optimiranje delovanja medicinskih strojev in naprav z metodami umetne inteligence).

Razvite tehnologije, metode in rešitve so odmevne tudi v mednarodnem znanstvenem prostoru. Na to kažejo rezultati raziskav, ki so bile izvedene v okviru programske skupine. Iz naših dosedanjih objav v elitnih mednarodnih revijah, številnih citatov in podeljenih 4 patentov je razvidno, da so rezultati raziskovalnega programa znanstveno izvirni in aktualni ter na visokem mednarodnem nivoju.

ANG

Results of research work are actual from scientific standpoint because of involved most modern production technologies. Also the most recognized research institutions and advanced companies are putting great stress on these research topics.

The research results of our group is also from the methodological point of view scientifically very up-to-date, because it incorporates the optimizing and modeling of technological systems/processes with methods of artificial intelligence (e.g., genetic algorithms, genetic programming, neural networks, fuzzy logic, swarm intelligence, artificial vision). These methods were for our research purposes additionally investigated and developed.

Our researching have an interdisciplinary note, since we connecting different fields of science: e.g., integration of layered technologies and medicine (development of biocompatible implants with antibacterial functioning for maxillofacial surgery, developing orthopedic implants), and integration of artificial intelligence and medicine (optimizing the functionality of medical machines and instruments with artificial intelligence methods).

Used technologies, methods and solutions have echo in international scientific community. Our research results; research contents and researches which were preformed in the frame of this programme group also point on that. From our, publications, citations and issued patents it is evident that the content of the proposed programme is scientifically original and actual and on high international level.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Neposredni pomen za gospodarstvo in družbo se kaže v sledečem:

- dvig tehnološke ravni podjetij, skrajšanje časa od zasnove izdelka do plasiranja na trg, racionalizacija proizvodnih stroškov in zagotovili okoljsko prijazno proizvodnjo.
- inteligentnih robotski sistemi za montažo in izdelavo bodo pripomogli k racionalnejšim proizvodnim postopkom in dvigu konkurenčnosti.
- uporaba inteligentnih adaptivnih sistemov na področju odrezavanja materialov bo neposredno vplivala na manjše stroške, višjo kakovostno izdelkov in na manjšo porabo vložene energije.
- razvoj sodobnih hidravličnih pogonov stiskalnic bo pripomogel k energetsko ugodnejšim preoblikovalnim procesom.
- obvladovanje posamične in maloserijske proizvodnje s pomočjo razvoja slojevitih tehnologij in drugih sodobnih tehnologij. Na ta način se doseže večja konkurenčnost slovenskih podjetij, sledenje najnovejšim proizvodnim trendom, in tudi ustvarjanje nekaterih trendov s strani slovenskih podjetij (proizvodne niše).

- na področju interdisciplinarnega povezovanja sodobnih tehnoloških postopkov in medicine so bila razvita nova orodja za kirurge, kar skrajšuje čas posegov, čakalne vrste in izboljša kakovost življenja pacientom po operacijah).
 - z metodami povratnega inženirstva smo prispevali k ohranitvi izdelkov tehnične (kulturne) dediščine.

ANG

Importance for Slovenia's development

- important impact on the raise of technological level of Slovenian enterprises, shortening of time-to-market, rationalization of production costs and environmental friendly production.
 - Development of intelligent robotic systems for assembly and manufacturing assure rational manufacturing processes and rise of competitive position.
 - Development and application of intelligent adaptive systems in the field of metal cutting (turning, milling) has influence in cost reduction, higher product quality and lower energy consumption.
 - We mastered unique and small serial production with layered technologies and other modern technologies development. For Slovenian enterprises this means higher competitive position, fellowship of latest production trends and even trend creation from a Slovenian companies (like some production niches).
 - In a field of interdisciplinary cooperation of modern technological processes and medicine some major time winning manners were developed, like development of new surgical tools that will help to shorten waiting lines and improve patient live quality after the operation.
 - With development of reverse engineering methods we preserve objects of technical and cultural heritage.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	12	
- doktorati	6	5
- specializacije	3	
Skupaj:	21	5

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	4	2	
- gospodarstvo	2	8	3
- javna uprava		1	
- drugo		1	
Skupaj:	6	12	3

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	DRSTVENŠEK, Igor: International conference on Additive Technologies, Predsednik organizacijskega in programskega odbora; Proceedings of the 1st DAAAM International specialized conference on: additive technologies, ISBN 3-901509-61-5. http://cobiss.izum.si/scripts/cobiss?command=DISPLAY&base=	15

	COBIB&RID=58571265	
	<p>član uredniškega sveta. IRT 3000. Škofljica: Profidtp, 2006-. ISSN 1854-3669. [COBISS.SI-ID 223154432].</p> <p>ČUŠ, Franci (član uredniškega odbora). Advances in production engineering & management. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za proizvodno strojništvo, 2006-. ISSN 1854-6250. [COBISS.SI-ID 229859072]. http://www.apem-journal.org/</p> <p>ČUŠ, Franci (član uredniškega sveta 2003-2006). Održavanje i eksploatacija. Zagreb: Hrvatsko društvo održavatelja, 2003-2006. ISSN 1330-6197. [COBISS.SI-ID 10232342].</p> <p>ČUŠ, Franc (ur.). Monografija Univerze v Mariboru 1993-2003. Maribor: Društvo univerzitetnih profesorjev, 2006. 313 str., fotograf. ISBN 961-6567-01-2. [COBISS.SI-ID 57279233].</p> <p>ČUŠ, Franc (član uredniškega odbora 2003-). Strojniški vestnik. 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] http://www.fs.uni-lj.si/sv/Slovenian/index.htm</p>	2 28 1 1 272
	<p>BALIČ, Jože (član uredniškega sveta). Euroteh. [Tiskana izd.]. Trzin: Intehna, 2004-. ISSN 1581-8608. [COBISS.SI-ID 128797696]</p> <p>BALIČ, Jože (član uredniškega odbora član uredniškega sveta 2008). Strojniški vestnik.[COBISS.SI-ID 762116].</p> <p>BALIČ, Jože (član uredniškega odbora). International journal of design engineering. [Inderscience Enterprises.[COBISS.SI-ID 11079702].</p> <p>3. BALIČ, Jože (član uredniškega odbora). International journal of computational materials science and surface engineering. [COBISS.SI-ID 11035670].</p> <p>BALIČ, Jože (član uredniškega odbora). International journal of advanced robotic systems. [COBISS.SI-ID 9145366].</p> <p>BALIČ, Jože (glavni urednik 2006-). Advances in production engineering & management. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za proizvodno strojništvo, 2006-. ISSN 1854-6250. [COBISS.SI-ID 229859072].</p>	71 272 15 20 15 28 8
4.	<p>BREZOČNIK, Miran (član uredniškega odbora 2006-). Advances in production engineering & management. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za proizvodno strojništvo, 2006-. ISSN 1854-6250. [COBISS.SI-ID 229859072]. http://www.apem-journal.org/</p> <p>BREZOČNIK, Miran (član uredniškega odbora 2005-). International journal of simulation modelling. Vienna: DAAAM</p>	28 64

	International Vienna. ISSN 1726-4529. [COBISS.SI-ID 8008982].	
	LOVREC, Darko. Ventil. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo. 1996-. ISSN 1318-7279. [COBISS.SI-ID 54233856]. http://www.fs.uni-lj.si/ventil	130
5.	LOVREC, Darko (ur.). Zbornik prispevkov Strokovne konference Fluidna tehnika 2005. Maribor, Slovenija, 22. in 23. september 2005. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 405 str., ilustr. ISBN 86-435-0728-8. [COBISS.SI-ID 222171136]. http://ft.fs.uni-mb.si/ft2005/index.html	31
6.	LOVREC, Darko (ur.), KASTREVC, Mitja (ur.). Zbornik prispevkov Strokovne konference Fluidna tehnika 2007. Kongresni center Habakuk, Maribor, Slovenija, 20. in 21. september 2007. V Mariboru: Fakulteta za strojništvo, 2007. 248 str., ilustr. ISBN 978-961-248-038-7. [COBISS.SI-ID 59200257]. http://ft.fs.uni-mb.si/	20
7.	DRSTVENŠEK, Igor (član uredniškega sveta). Euroteh. ISSN 1581-8608.	1
8.	DRSTVENŠEK, Igor (urednik tematskega sklopa). IRT 3000. ISSN 1854-3669.	4
9.	DRSTVENŠEK, Igor (Guest Editor). Advances in production engineering & management. ISSN 1854-6250. http://www.apem-journal.org/	28
10.	DRSTVENŠEK, Igor (član uredniškega sveta). IRT 3000. ISSN 1854-3669.	8

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	9
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	4
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	11
Skupaj:	24

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

<p>1. MEDNARODNI PROJEKTI, PROGRAMI IN MREŽE</p> <p>Comparing emerging ethical issues and legal differences impacting on European clinical trials, including a training workshop for researchers in the New Member States. 6th FP, Project acronym: TWR, Contract number: 016621-TWR (koordinator za Slovenijo: Jože Balič)</p> <p>Naslov EU Leonardo projekta: Initial & continuous vocational ICT education oriented on efficient professional (re)insertion in the moulding industry integrating high tech rapid tooling technologies in conventional mould development. Community action programme on vocational training, Second phase: 2000 -2006 . Pilot projects, Language competences, Transnational networks. Agreement n 2003-B/03/B/F/PP-144.336. Vodja projekta na slovenski strani: Jože Balič. http://maja.uni-mb.si/slo/Leonardo/index.htm</p> <p>Naslov EU Leonardo projekta: VOMTE. IT-based validation and certification system for practical working maintenance. SE/05/B/F/PP-161003. FMEA - DVS. 2005-2008. Sodelovanje v mednarodnem projektu. Št. pogodbe: 2005-SE/05/B/F/PP-161003. http://www.utek.se</p>

/Kunskapsval.aspx

Naslov Tempus projekta: Web Based Multimedia E-Learning for Applied Technologies. "WEBLAB" - N SC_SCM-C013B05-2005TEMPUS 5.

<http://ec.europa.eu/education/programmes/tempus/projects/scmcards052.pdf>
http://www.unite.edu.mk/Anglisht/publikimet_13_07_2007.html

Naslov projekta: Automatika bar. Sodelovanje s šest podjetji iz Nemčije, Švice, Avstrije in University of Applied Sciences Technikum Wien.

http://www.roboticonline.com/public/articles/Automatiga_Bar.pdf
<http://www.presetext.at/pte.mc?pte=061010055>.

Naslov projekta: Mechatronik II, DAAD-Projekt. SUOE 2 (Akademischer Neuaufbau Südosteuropa).

<http://www.daad.de/imperia/md/content/hochschulen/stabilitaetspakt/flyer.pdf>

Naslov EU Leonardo projekta: EUROMAIN. FS Maribor - Utrecht. Številka pogodbe: NL/06/B/P/PP/157604/. <http://www.euromaint.hu.nl/index.htm>, 2007.

Naslov projekta: CETOP (Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques. CETOP = European Fluid Power Committee). <http://www.cetop.org/cetop/index.asp>.

Naslov projekta: Oblikovanje prilagodljivih obdelovalnih sistemov z evolucijskimi metodami. Mednarodni bilateralni raziskovalni projekt, 2006-2007. Sodelujoče strani: Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru; Vseučilišče J.J. Strossmayerja v Osijeku, Fakulteta za strojništvo v Slavonskem Brodu. Vodja projekta slovenske strani: Jože Balič. Vodja projekta hrvaške strani: Niko Majdandžić.

<http://www.arrs.gov.si/sl/medn/dvostr/Drzave/Hrvaska/rezultati/06/rez-razp-hrv-090106.asp>

Naslov projekta: Development of evolutionary optimization methods applied in intelligent manufacturing systems. BI-MK/04-06-02. Mednarodni bilateralni projekt, 2005 - 2006. Sodelujoče strani: Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru; Fakulteta za strojništvo, Univerza Cirila in Metoda, Skopje. Vodja projekta slovenske strani: Franci Čuš. Vodja projekta makedonske strani: Valentina Gečevska.

Naslov projekta: Inteligentni in integrirani tehnološki sistemi. Mednarodni bilateralni razvojno-aplikativni projekt, 2007-2008. Sodelujoče strani: Vodja projekta slovenske strani: Miran Brezočnik. Vodja projekta BiH strani: Milan Jurković. <http://www.arrs.gov.si/sl/medn/dvostr/drzave/BIH/rezultati/07/rezultati-bih-070607.asp>

Naslov projekta: Inteligentni proizvodni stroji in sistemi. Mednarodni bilateralni razvojno-aplikativni projekt, 2008-2009. Sodelujoče strani: Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru; Tehniška fakulteta Bihać, Univerza v Bihaću, BiH. Vodja projekta slovenske strani: Miran Brezočnik. Vodja projekta BiH strani: Milan Jurković. <http://www.arrs.gov.si/sl/medn/dvostr/drzave/BIH/rezultati/08/inc/BIH-08-09-projekti.pdf>

Naslov projekta: Uporaba hitre izdelave kot metoda za vzpodbujanje oblikovalske ustvarjalnosti. Mednarodni bilateralni projekt, 2008. Sodelujoče strani: Slovenija in Velika Britanija. Vodja projekta slovenske strani: Igor Drstvenšek.

<http://www.arrs.gov.si/sl/medn/dvostr/drzave/Britanija/rezultati/07/inc/rezult-gb-2008.pdf>

Naslov projekta: Modeliranje kooperacijske mreže srednjih in malih podjetij na regionalnem nivoju. BI-HR/04-05-034. 2004-2005. Mednarodni bilateralni projekt. Sodelujoče strani: Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu. Vodja slovenske strani: Jože Balič. Vodja hrvaške strani: Ivica Veža.

CEEPUS: Ime mreže: PL-127, Measuring technology in advanced machine manufacturing systems. 2004. Sodelovanje v mreži..

CEEPUS: Ime mreže: PL-0007, Modern metrology in quality management systems. Sodelovanje v mreži.

CEEPUS: Ime mreže: PL-013, Development, testing and processing of contemporary functional, constructional and tool materials. Koordinator mreže: Leszek A. Dobrzanski, Silesian Technical University, Gliwice, Poljska. Sodelovanje v mreži.

CEEPUS: Ime mreže: RO-01, Development and application of environment-oriented technologies in manufacturing. Koordinator mreže: Gyenge Csaba, Technical University of Cluj-Napoca, Romunija. Sodelovanje v mreži.

CEEPUS: Ime mreže: PL-01, Metrology in quality assurance systems. Koordinator mreže: S. Adamczak, Kielce university of technology, Poland. Sodelovanje v mreži.

CEEPUS: Ime mreže: A-0104, Assembly automation in manufacturing engineering. Koordinator mreže: Branko Katalinic, Technical university of Vienna, Austria. Sodelovanje v mreži.

CEEPUS II: Ime mreže: CII-RO-0013-02-0607, Teaching and Research of Environment-oriented technologies in manufacturing. Koordinator mreže: Csaba Gyenge, Technical University Of Cluj-Napoca. Sodelovanje v mreži.

CEEPUS II. Ime mreže: CII-SI-0206-02-0809, Aplikacije hitre izdelave na biomedicinskem področju. Koordinator mreže: Igor Drstvenšek.

http://ceepus.scholarships.at/public/network/network_info.aspx.

(<http://ceepus.scholarships.at/support/HTMLViewer.aspx?ID=1CB68DA1B71EFBF3C67329FEE59CE974C91FC420D753A222884354512EF02201&mode=PDF&x=.pdf>)

CEEPUS II: Ime mreže: Poučevanje in razvoj ekološko orientiranih tehnologij v proizvodnji. CII-RO-0013-03-0708. Lokalni koordinator: Igor Drstvenšek.

http://ceepus.scholarships.at/public/network/network_info.aspx.

(<http://ceepus.scholarships.at/support/HTMLViewer.aspx?ID=CCED1E567062AEE5A220FC6077F83307856DEF8BF98A31E26486199576F720BD&mode=PDF&x=.pdf>)

CEEPUS II. Ime mreže: CII-RO-0202-01-0809, Implementation and utilization of e-learning systems in study area of production engineering in Central European Region. Koordinator mreže: Nicolae Ungureanu, Univerze v Baie Mare, Romunija. Lokalni koordinator: Mirko Ficko.

(<http://www.cmepius.si/files/cmepius/userfiles/CEEPUS/docs08/CEEPUS%20mreze%202008-09.pdf>)

2. DRUGO MEDNARODNO SODELOVANJE

Advances in engineering software, ISSN 0965-9978, (2008), [COBISS.SI-ID 34540032];

Computational materials science, ISSN 0927-0256, (2007, 2008), [COBISS.SI-ID 15330053];

Control and intelligent systems, ISSN 1480-1752, (2005), [COBISS.SI-ID 10188310];
International journal of modelling & simulation, ISSN 0228-6203, (2006), [COBISS.SI-ID 213779]

International journal of simulation modelling, ISSN 1726-4529, (2006, 2007), [COBISS.SI-ID 8008982]

International Journal of Systems Science, ISSN 0020-7721, (2007), [COBISS.SI-ID 25657856]

Journal of materials processing technology, ISSN 0924-0136, (2008) [COBISS.SI-ID 30105600]

Materials and manufacturing processes, ISSN 1042-6914, (2005) [COBISS.SI-ID 1485851]

Robotics and computer-integrated manufacturing ISSN 0736-5845, (2005) [COBISS.SI-ID 26331136]

International journal of operations and quantitative management. ISSN 1082-1910, (2006). [COBISS.SI-ID 10449430]

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

DRSTVENŠEK, Igor, STROJNIK, Tadej, BRAJLIH, Tomaž, VALENTAN, Bogdan, HOLCMAN, Peter,

POGAČAR, Vojko: Razvoj in izdelave lobanjskega vsadka za kranioplastiko [naročnik Univerzitetni klinični center Maribor]. 2007. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=44&mid=8>

BALIČ, Jože, DRSTVENŠEK, Igor, PAHOLE, Ivo, FICKO, Mirko, VAUPOTIČ, Boštjan, ČREŠNAR, Boštjan, ŠLANDER, Milan. Uporaba hitre izdelave prototipov pri razvoju cevnih radiatorjev: poročilo o razvojno-raziskovalnem projektu. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 11 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 10132246]

BALIČ, Jože, PAHOLE, Ivo, DRSTVENŠEK, Igor, ANŽEL, Ivan, FICKO, Mirko, VAUPOTIČ, Boštjan, ŠULEK, Rok, TURK, Dušan, ČREŠNAR, Boštjan, ŠLANDER, Milan. Preizkušanje spojev na cevni radiatorjih. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 19 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 10133526]

DRSTVENŠEK, Igor, BRAJLIH, Tomaž, VALENTAN, Bogdan, BALIČ, Jože. Razvoj hitre izdelave velikih, hibridnih orodij [naročnik Roto d.o.o., Murska Sobota]: ekspertiza. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 22 str. [COBISS.SI-ID 10109718]

DRSTVENŠEK, Igor, BRAJLIH, Tomaž, VALENTAN, Bogdan, FICKO, Mirko, BALIČ, Jože. Razvoj hitre izdelave velikih, hibridnih orodij [naročnik Roto d.o.o., Murska Sobota]: zaključno poročilo o delu na projektu za obdobje od 1.2.2005 do 31.10.2006. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 33 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 11204630]

BALIČ, Jože, LEBER, Marjan, TUŠEK, Simona, ZIERER, Janko. Sodobni pristop k razvoju zahtevnih transfer orodij z upoštevanjem življenjskega cikla proizvodnje: ekspertiza RR faze: poročilo RR faze projekta za podjetje VAR d.o.o. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 89 str. [COBISS.SI-ID 55691009]

LEBER, Marjan, BALIČ, Jože, MLAKAR, Anton, DOMINKO, Mirko, DRSTVENŠEK, Igor, BRAJLIH, Tomaž, VALENTAN, Bogdan, POLAJNAR, Andrej, ZIERER, Janko, BUCHMEISTER, Borut, PIŽMOHT, Petja, PALČIČ, Iztok, CIGÜT, Simon, RAKOVEC, Marko, FRAS, Danilo, ZADRAVEC, Viktorija, TURK, Dušan, GUMZEJ, Zlatko, VERONIK, Hubert, BONIFARTI, Silvester, MAUKO, Branko, HALOŽAN, Danijel, HORVAT, Drago, STRAMIČ, Denis, RAUTAR, Ivan. Sodobni pristop k razvoju zahtevnih transfer orodij z upoštevanjem življenjskega cikla proizvodnje: ekspertiza RR faze [za podjetje VAR d.o.o.]. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2007. IV, 116 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 59301121]

BALIČ, Jože. Tehnološka analiza 3D modeliranja in tehnologije NC struženja: ekspertiza [za podjetje WOLPAR d.o.o, Maribor], (Na poti v EU). Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 231 str. [COBISS.SI-ID 55236609]

BALIČ, Jože, PAHOLE, Ivo, DRSTVENŠEK, Igor, LABOVIČ, Alenka, VAUPOTIČ, Boštjan, FICKO, Mirko, VIDOVIČ, Marjan, TURK, Dušan. Zasnova in izdelava preskusnih naprav za ugotavljanje mehanskih in fizikalnih lastnosti igrač po evropskem standardu EN 71.1: poročilo o razvojno raziskovalnem projektu. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 16 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 10168854]

BALIČ, Jože, DRSTVENŠEK, Igor, PAHOLE, Ivo, LABOVIČ, Alenka, VALENTAN, Bogdan, GOTLIH, Karl, FICKO, Mirko, VAUPOTIČ, Boštjan, HORVAT, Janko, ŽIŽEK, Vida. Zasnova in izdelava merilne opreme za ugotavljanje kinetične energije izstrelkov na otroških igračah: poročilo o razvojno raziskovalnem projektu. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 15 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 10143766]

ČUŠ, Franc, STEPIŠNIK, Andrej, ŽLIČAR, Anton, FIJAVŽ, Renato, BIZJAK, Matija, AČKO, Bojan, ŠOSTAR, Adolf. Raziskave merjenja zahtevnih obdelovancev z laserinterferometrom: zaključno poročilo o rezultatih aplikativno-industrijskega raziskovalnega projekta. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 1 zv. (loč. pag.), graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 10620950]

DRSTVENŠEK, Igor, BRAJLIH, Tomaž, VALENTAN, Bogdan, ŽILJCOV, Jakob. Analiza in zasnova izboljšav na livni glavi [naročnik Tero d.o.o., Slovenj Gradec]: poročilo o razvojno raziskovalnem projektu. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 15 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 11320342]

DRSTVENŠEK, Igor, BRAJLIH, Tomaž., HABBE, Jure, PEČNIK, Maks: Postopki hitre izdelave pri razvoju novega elektronskega sistema RIS4BUS, brezgotovinsko obračunavanje voznin v javnem potniškem prometu [naročnik Četrta pot d.o.o.]. 2004-2005. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=46&mid=7>

BRAJLIH, Tomaž, POGAČAR, Vojko, HOLCMAN, Peter, DRSTVENŠEK, Igor, VALENTAN, Bogdan: Izdelava prototipnih serij družine antenskih ohišij. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&>

sid=46&mid=6

LOVREC, Darko, KASTREVC, Mitja. Raziskava možnosti uporabe frekvenčno reguliranega hidravličnega pogona na obsekovalnih strojih, naročnik: La&Co - BoschRexroth, poročilo raziskave. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. V, 43 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 9591062]

PAHOLE, Ivo, ZEMLJIČ, Borut, GODICELJ, Tomaž, TURK, Jože, ZUPANIČ, Štefan, INTIHAR, Zvonko, GOTLIH, Karl, ULBIN, Miran, VESENJAK, Matej, VUHERER, Tomaž. Analiza obremenitev izsekovnih orodij za izdelavo rondelic iz aluminija: končno poročilo projekta. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za inteligentne obdelovalne sisteme, Laboratorij za prilagodljive obdelovalne sisteme, 2008. 113 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 12176406]

ULAGA, Samo, LOVREC, Darko. Predlog strategije za sistematično zagotavljanje zanesljivosti opreme [naročnik HIT Gorica]. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. 115 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 9118742]

Uvajanja RP modelov v livarsko industrijo za podjetje Livar Ivančna Gorica - projekt še poteka. 2007. <http://www.rapiman.net/index.php?pid=28&sid=15&mid=10>

Na poti v EU 2. del (PHARE), Vzorčni projekt uvajanja ukrepov za spodbujanje razvoja malih podjetij, njihovega povezovanja z institucijami znanja (fakultetami, univerzo) in tako dviga deleža znanja v proizvodih malih podjetij ter priprave na EU tržišče. Sodelujočih 33 malih in srednjih podjetij iz prekmurske, podravske, koroške, celjske in gorenjske regije. Programska skupina (prof. Dr. Jože Balič) je prevzela vodenje in koordiniranje tehnološkega dela projekta in izvajanje posameznih tehnoloških ukrepov; industrijski projekt; naročnik in financer: GZS (Gospodarska Zbornica Slovenije), JARR (Javna agencija RS za regionalni razvoj), 2003 - 2005. Pogodba št. 1536-03-500063-2005.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Programska skupina je ustanovila Mrežo za hitro izdelavo prototipov in inovativne izdelovalne postopke - RAPIMAN. Mreža RAPIMAN povezuje ponudnike in odjemalce tehnologij hitre izdelave v Sloveniji. Mreža od leta 2007 zastopa Slovenijo v združenju GARPA (Global Alliance of Rapid Prototyping Associations). <http://www.rapiman.net/>, <http://rapiman.mojservis.net/>

BALIČ Jože, ČUŠ Franci: Člana mednarodne akademije: World Academy of Materials and Manufacturing Engineering AMME (an abbreviation AMME as well as AMME - World), <http://www.wamme.org/>

Članstvo v TP RM (Tehnološka platforma za hitro izdelavo pri EC, The European collaboration on Rapid Manufacturing, RM Platform). <http://www.rm-platform.com/>

Članstvo v GARPA - Global Alliance of Rapid Prototyping Associations. <http://www.garpa.org/>

ČUŠ Franci: Član Sveta za visoko šolstvo Republike Slovenije. http://www.mvzt.gov.si/si/o_ministrstvu/strokovni_sveti/svet_rs_za_visoko_solstvo/#c314

ČUŠ Franci: Predsednik Senata za evalvacije v visokem šolstvu Republike Slovenije. http://www.mvzt.gov.si/si/o_ministrstvu/strokovni_sveti/svet_rs_za_visoko_solstvo/#c16811

BALIČ Jože: Član področnega znanstvenega sveta za tehniko pri ARRS-u . www.arrs.gov.si

ČUŠ Franci: Predsednik komisije za kakovost na Univerzi v Mariboru. <http://www.uni-mb.si/povezava.aspx?pid=4248>

ČUŠ Franci: Član, Posvetovalno telo, Science Park, Graz. <http://sciencepark.tugraz.at/>

LOVREC Darko: Podpredsednik Slovenskega društva za fluidno tehniko (2003 - 2004). <http://ft.fs.uni-mb.si/index.html>

LOVREC Darko: Predsednik Slovenskega društva za fluidno tehniko (2005 - 2006).

<http://ft.fs.uni-mb.si/index.html>

LOVREC Darko: Podpredsednik Slovenskega društva za fluidno tehniko (2007 - 2008).
<http://ft.fs.uni-mb.si/index.html>

LOVREC Darko: Član Odbora za fluidno tehniko Slovenije GZS Slovenije (2003 -).

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Razvoj večjezičnega slovarja s področja Hibridnih orodij
Opis	Razvoj večjezičnega slovarja s področja Hibridnih orodij, v okviru mednarodnega projekta E-learning – Hybrid moulds Slovar predstavlja pomemben prispevek k Slovenski strokovni terminologiji. Zajema najpomembnejše pojme s področja snovanja, konstrukcije in izdelave hibridnih orodij. Omogoča obojestransko prevajanje: Angleško, Francosko, Nemško, Portugalsko, Nizozemsko, Finsko, Poljsko, Norveško, Špansko in SLOVENSKO.
Objavljeno v	http://liquid.hogent.be/~hybridmoulds/glossary/language.php
COBISS.SI-ID	10324758

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	DRSTVENŠEK, Igor. Od ideje do izdelka čez noč : hitra izdelava prototipov.
Opis	Članek na poljuden način opisuje uporabo metode hitre izdelave prototipov v industrijske namene, za razvoj izdelkov in v medicini.
Objavljeno v	Delo (Ljubl.), 13. maj 2004, leto 46, št. 110, str. 20.
COBISS.SI-ID	8752150

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Računalniško integrirana proizvodnja Odrezavanje Obdelovalni in preoblikovalni stroji Fleksibilni obdelovalni sistemi
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski dodiplomski dodiplomski dodiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo UM, Fakulteta za strojništvo UM, Fakulteta za strojništvo

		UM, Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Mehatronske sistemi na obdelovalnih strojih
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Montažni sistemi
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	Inteligentni obdelovalni sistemi Odrezovalna orodja in orodni sistemi Tehnologija odrezavanja in visokohitrostni procesi obdelave Preoblikovalni stroji
	Vrsta študijskega programa	podiplomski podiplomski podiplomski podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo UM, Fakulteta za strojništvo UM, Fakulteta za strojništvo UM, Fakulteta za strojništvo
5.	Naslov predmeta	Inteligentni stroji in sistemi
	Vrsta študijskega programa	podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo
6.	Naslov predmeta	Kibernetika tehnoloških sistemov
	Vrsta študijskega programa	podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo

7.	Naslov predmeta	Hiter razvoj izdelkov
	Vrsta študijskega programa	podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar¹⁵

SODELOVANJE S PODJETJI

Poleg že opisanih sodelujemo še z več podjetji po vsej Sloveniji, med katerimi izpostavljamo naslednja: Kovinoplastika (Lož), Danfoss Trata (Ljubljana), Seltron (Bistrica ob Dravi), Domel (Železniki), Kladivar Žiri (Poclain), Livar Ivančna Gorica, ETA Cerklje. Sodelovanje vključuje predvsem hitro izdelavo (prototipov, izdelkov, orodij) in optimizacijo/avtomatizacijo proizvodnje.

TEHNOLOŠKA PLATFORMA HITRA IZDELAVA (TP RM, <http://www.rm-platform.com/>)

Preko Mreže RAPIMAN, smo v TP RM vključili naslednja slovenska podjetja, npr. Danfoss Trata Ljubljana, Gorenje Velenje, Alpina Žiri, TERO Slovenj Gradec, RTCZ Zasavje.

MAGISTRSKE, SPECIALISTIČNE IN DIPLOMSKE NALOGE

Večina nalog je s področja vsebin naše programske skupine. Študenti se aktivno vključujejo v reševanje praktičnih problemov v industriji, o čemer pričajo tudi magistrske, specialistične in diplomske naloge (glej COBISS).

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	28.900
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskovalni program je bil prvenstveno usmerjen v razvoj inteligentnih računalniških modulov, ki zaradi svojih specifičnih lastnosti omogočajo učinkovitejše delovanje programske opreme za računalniško podprto konstruiranje. Inteligentni moduli za podporo zagotavljanja izvedljivosti RMS programa zajemajo interdisciplinarna znanja konstruiranja različnih strojnih delov in konstrukcij, oblikovanja, inženirske analize, ekonomskega vrednotenja, proizvodnje, trženja, vzdrževanja in izobraževanja na uporabniku prijazen način.

Konvencionalni pristop k razvoju programske opreme za računalniško podprto konstruiranje ne omogoča ustreznega zajemanja znanja in izkušenj, ki so potrebne za uspešen razvoj novih izdelkov. Namenski inteligentni računalniški moduli zaradi svojih specifičnih lastnosti omogočijo takšno delovanje obstoječe programske opreme za računalniško podprto konstruiranje, ki tudi manj izkušenim uporabnikom omogoča lažji in hitrejši razvoj vsestransko optimiranih proizvodov. Razvita in testirana sta bila dva osnovna prototipa inteligentnih računalniških modulov, in sicer: inteligentni sistem za pomoč pri izbiri končnih elementov za inženirske računalniške simulacije in inteligentni sistem za podporo pri optimiranju konstrukcij na podlagi rezultatov inženirskih analiz. Oba modula temeljita na pravilih, ki izhajajo iz dobre inženirske prakse in zbranih dolgoletnih raziskovalnih in razvojnih izkušenj programske skupine na različnih specifičnih področjih. Določeni zaključki in izkušnje s praktično uporabo inteligentnih modulov bodo uporabljeni tudi v nadaljnjem raziskovalnem delu pri razvoju širše inteligentne platforme, oz. tako imenovane globalne inteligentne podpore za ciljno usmerjeno konstruiranje.

Na področju računalniškega modeliranja sodobnih inženirskih gradiv so bili razviti novi računalniški modeli za numerične analize zaprtih in odprtih celičnih gradiv, z namenom dokazati in ovrednotiti vpliv posameznih parametrov na odziv celičnih struktur izpostavljenih udarnim tlačnim obremenitvam, s čimer so bili postavljeni temelji za nadaljnje raziskave na tem področju. Računalniški modeli so bili nadgrajeni za reševanje dinamičnega, vezanega problema medsebojnega vpliva trdnine (celične strukture) in tekočine (polnila) ob upoštevanju velikih deformacij. Lastnosti osnovnih gradiv so bile določene z eksperimentalnimi meritvami kvazi-statično in dinamično enoosno obremenjenih preizkušancev. Z računalniškimi simulacijami določeni odzivi natančno modeliranih celičnih struktur in tako pridobljeni konstitutivni modeli so bili osnova za izdelavo homogeniziranih modelov, ki omogočajo hitrejšo, enostavnejšo in

učinkovitejše računalniške simulacije celičnih struktur. Rezultati opravljenih raziskav imajo izreden pomen tudi za splošno inženirsko prakso, saj je izvedeno vrednotenje vplivov različnih parametrov celičnih struktur neposredno uporabno za ustrežnejšo namensko izdelavo celičnih struktur, ki so optimalno prirejene za posamezno inženirsko aplikacijo.

V sklopu raziskovalnega programa je potekal razvoj trdnostnega modela za napoved življenjske dobe kotalno-dršno obremenjenih strojnih elementov, s posebnim poudarkom na življenjski dobi zobnikov zaradi pojava jamičenja in loma zoba v korenu. Raziskave so bile usmerjene na razvoj nove metode, ki omogoča hkratno in natančno določitev vseh komponent napetostno-deformacijskega stanja v okolici vrha razpoke, ki pomembno vplivajo na širjenje razpoke in s tem na življenjsko dobo strojnih delov. Razvit je bil tudi nov računski model za analizo širjenja kratkih utrujenostnih razpok na strojnih elementih, ki je zasnovan na teoretičnem, numeričnem in eksperimentalnem delu. Model je primeren za bolj realistično napovedovanje življenjske dobe strojnih elementov in predstavlja pomemben del v procesu modernega konstruiranja strojev in naprav. Razviti model je bil praktično zelo uspešno uporabljen v okviru evropskega projekta HIPERTRACK za računalniško simuliranje utrujenostnih poškodb na tirnici.

Na področju dimenzioniranja strojnih delov in konstrukcij iz visokotrnostnih jekel so bili razviti novi računski postopki na osnovi izvedenega programa eksperimentalnega preizkušanja izbranih strojnih delov. Rezultati raziskav so bili uspešno uporabljeni v nekaterih slovenskih podjetjih, ki pri projektiranju svojih proizvodov že upoštevajo smernice, definirane na osnovi izsledkov omenjenih raziskav.

Raziskovalni program na področju transporta je zajemal razvoj računalniško podprtih inteligentnih sistemov za snovanje in oblikovanje transportno-logističnih sistemov. Pri izdelavi modelov za načrtovanje transportno-skladiščnih sistemov je bil poudarek na načrtovanju regalnih skladišč. Izdelan je bil inteligentni računalniški modul za načrtovanje optimalnih regalnih skladiščnih sistemov, ki temelji na uporabi diskretnih numeričnih simulacij in analitično-optimizacijskih metod. Tudi ti rezultati raziskovalnega dela so bili neposredno uporabljeni v nekaterih slovenskih podjetjih pri načrtovanju njihovih novih regalnih skladišč.

Raziskave so potekale tudi na področju razvoja metod za računalniško simulacijo dinamičnega obnašanja večmasnih deformabilnih sistemov, z namenom določitve natančnejšega sistema vodenja ob upoštevanju strukturnih nezveznosti. Vzporedno so bile raziskane lastnosti struktur odprtih kinematičnih verig (robotov), kjer je raziskovalcem uspelo dokazati neodvisnost indeksa gibljivosti od prve prostostne stopnje mehanizma. Tako je bilo računalniško podprto inteligentno konstruiranje uspešno uvedeno tudi na področje konstruiranja aktivnih mehanizmov, med katere sodijo roboti in robotizirane proizvodne celice. Posebej pomembna je ugotovitev, da je delovni prostor robota hitrostno anizotropen, na osnovi česar so bila izdelana orodja za vizualizacijo 3D delovnih prostorov s prikazom hitrostne anizotropije. Plod raziskovalnega dela je računalniško podprta metodika vizualizacije delovnih prostorov in razvoj postopkov za optimalno postavitev robota v prostor proizvodne celice z ozirom na geometrijo obdelovanca na katerem ta izvaja določene tehnološke operacije. Raziskovalno delo se nadaljuje na prilagoditvi kriterija za kvantitativno oceno kakovosti posamezne točke delovnega prostora robota in prehaja iz teoretičnega raziskovanja in računalniških simulacij na praktične eksperimente v novoustanovljenem Laboratoriju za robotizacijo na robotu ACMA XR 701. Delo je izredno pomembno za konstrukterje robotov in robotiziranih proizvodnih celic, kajti omogoča preprost pogled ne samo na velikost in obliko delovnega prostora robota temveč omogoča analizo hitrostne strukture v delovnem prostoru. Pridobljena znanja so bila uporabljena pri modeliranju robotiziranih proizvodnih celic za Gorenje iz Velenja in TGA v Kidričevem v okviru diplomskih nalog.

Del raziskav je bil posvečen tudi konstrukciji tekstilnih izdelkov z višjo dodano vrednostjo, pri čemer je bil poudarek na razvoju takšnih konstrukcij tekstilij, ki imajo optimalno vrednost zaščite pred UV sevanjem in hkrati nudijo zadovoljivo stopnjo udobja.

V okviru raziskovalnih dejavnosti na področju vzdrževanja so bili člani programske skupine aktivni na področju razvoja računalniško podprtih metodologij celovitega produktivnega vzdrževanja (Angl.: Total Productive Maintenance - TPM) in vzdrževanje s poudarkom na zanesljivosti (Angl.: Reliability Centred Maintenance - RCM). Razvite metodologije zajemajo celovit pristop k zagotavljanju varnosti, okoljske neoporečnosti, družbene sprejemljivosti in zanesljivosti tehniških sistemov ter bistveno prispevajo k zagotavljanju kakovosti opravljanja namenskih funkcij. Nove metodologije so bile posredovane in uvedene v različnih podjetjih v Sloveniji (Kolektor Idrija, Hit Gorica, KLS Ljubno ob Savinji).

Poleg razvoja različnih modelov, metod in orodij za konstruiranje postaja vse bolj pomemben tudi čas (ta mora biti čim krajši), potreben za uvajanje teh modelov v inženirsko prakso. Prav zaradi tega je bila v okviru dela programske skupine posvečena posebna pozornost tudi pripravi ustreznih metod in strategij usposabljanja kadrov za uporabo teh orodij. Tudi v okviru spremljajočega projekta Leonardo da Vinci je bil poseben poudarek namenjen razvoju primernih didaktičnih orodij in metode za čim učinkovitejši prenos raziskovalnih izsledkov na področju inteligentnega računalniškega konstruiranja v prakso, na osnovi česar so bila izdelana tudi posamezna didaktična priporočila in priložniki.

Rezultati raziskovalnega dela v okviru programske skupine so bili objavljeni v številnih

uglednih mednarodnih znanstvenih revijah ter predstavljeni na mednarodnih in domačih konferencah. Posebej je potrebno poudariti izid dveh znanstvenih monografij, ki sta neposredni rezultat raziskav opravljenih v okviru programske skupine in sicer:

- 1. ABERŠEK, Boris, FLAŠKER, Jože. *How gears break*, (Advances in damage mechanics, vol. 7). Southampton; [BillERICA]: WIT, 2004. 221 str., ilustr. ISBN 1-85312-739-6
- 2. GLODEŽ, Srečko, FLAŠKER, Jože. *Dimenzioniranje na življenjsko dobo* : znanstvena monografija. Maribor: Pedagoška fakulteta: Fakulteta za strojništvo, 2006. VI, 304 str., graf. prikazi. ISBN 86-435-0771-7.

Obe znanstveni monografiji, ena mednarodna izdana v Veliki Britaniji in druga, domača izdana v Republiki Sloveniji, celovito prenašata rezultate vrhunskega lastnega znanja med strokovno in znanstveno javnost doma in po svetu.

Sodelavci programske skupine rezultate svojega raziskovalnega tudi direktno prenašajo na študente dodiplomskih in podiplomskih študijskih programov na Fakulteti za strojništvo in Fakulteti za naravoslovje in matematiko, Univerze v Mariboru. Ob obilici izdanega učnega gradiva gre omeniti univerzitetne učbenike, ki so jih napisali sodelavci programske skupine in so izšli v letih med 2004 in 2008:

- 1. FLAŠKER, Jože, PEHAN, Stanislav. *Prenosniki moči* : učbenik. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. VIII, 380 str., ilustr., preglednice. ISBN 86-435-0742-3,
- 2. ABERŠEK, Boris, FLAŠKER, Jože. *Vzdrževanje* : sistemi, strategije, procesi in optimiranje. 1. izd. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 363 str., graf. prikazi. ISBN 86-80693-84-7,
- 3. PEHAN, Stanislav, FLAŠKER, Jože. *Tribologija*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2008. 438 str., ilustr., graf. prikazi. ISBN 978-961-248-077-6,
- 4. REN, Zoran, GLODEŽ, Srečko. *Strojni elementi : uvod v gonila, torna, jermenska in verižna gonila* : univerzitetni učbenik. 1. izd. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. III, 220 str., graf. prikazi. ISBN 86-435-0612-5,
- 5. REN, Zoran, GLODEŽ, Srečko. *Strojni elementi. Del 1* : univerzitetni učbenik. 3. natis. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. III, 422 str., ilustr., tabele. ISBN 86-435-0401-7 in
- 6. DOBNIK-DUBROVSKI, Polona. *Konstrukcija tekstilij* : univerzitetni učbenik. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, 2007. 210 str., ilustr. ISBN 978-961-248-042-4.

Člani programske skupine so v preteklem obdobju svoje znanstvene dosežke posredovali tudi širši javnosti z nastopi na televiziji, radiju in dnevnem in tedenskem časopisju. S svojo strokovno aktivnostjo so s svojimi dosežki vplivali na strokovno terminologijo na področju, ki ga obravnava raziskovalno delo programske skupine. Izpostaviti je potrebno predvsem naslednji prispevek:

GLODEŽ, Srečko. *Tehnično risanje*. 1. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2005. 208 str., ilustr. ISBN 86-365-0558-5. [COBISS.SI-ID [217503232](#)] in

Kazalec kakovosti dela posameznika in celotne programske skupine so tudi kazalci citiranosti, ki jih je moč za vsakega posameznika iz programske skupine pogledati na sistemu SICRIS. Kazalec uspešnosti programske skupine je tudi množica izvedenih projektov neposredno za gospodarske subjekte, v okviru katerih je bil izveden neposredni prenos znanja iz programske skupine na končnega uporabnika v smislu izboljšanja tehnologije in/ali izdelka.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Kot je že navedeno v točki 2 tega poročila, je bilo raziskovalno delo programske skupine v obdobju 2004-2008 osredotočeno predvsem na naslednje razvojne cilje:

- razvoj inteligentnih računalniških modulov,
- razvoj računalniškega modeliranja sodobnih (celičnih) inženirskih gradiv,
- razvoj računskega modela za napoved življenjske dobe kotalno-drsnih elementov,
- razvoj računskih postopkov za dimenzioniranje strojnih delov in konstrukcij iz visokotrnostnih jekel,

- razvoj računalniško podprtih inteligentnih transportno-logističnih sistemov,
- razvoj metod za računalniško simulacijo dinamičnega obnašanja večmasnih deformabilnih sistemov,
- razvoj konstrukcij tekstilij z optimalno zaščito pred UV sevanjem,
- razvoj računalniško podprtih metodologij celovitega produktivnega vzdrževanja.

Kot vodja programske skupine ocenjujem, da je stopnja realizacije zgoraj navedenih ciljev visoka. Rezultati raziskovalnega dela s praktično vseh zgoraj navedenih raziskovalnih področij so bili objavljeni v številnih uglednih mednarodnih znanstvenih revijah ter predstavljeni na mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih konferencah. Posebej je potrebno poudariti izid dveh znanstvenih monografij, ki celovito prenašata rezultate vrhunskega lastnega znanja med strokovno in znanstveno javnost doma in po svetu. Prav tako se raziskovalno delo v preteklem obdobju odraža preko številnih znanstvenih, razvojnih in aplikativnih projektov, ki so potekali vzporedno s temeljnim raziskovanjem v okviru programske skupine. Kazalec kakovosti dela posameznika in celotne programske skupine so tudi kazalci citiranosti, ki jih je moč za vsakega posameznika iz programske skupine najti v SICRIS-u.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

V obdobju 2004-2008 ni prišlo do bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega raziskovalnega programa, zapisanega v predlogu.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

		Znanstveni rezultat	
1.	Naslov	SLO	Odziv popolnoma in delno vezanih struktur votlih kovinskih krogel pri dinamičnih obremenitvah
		ANG	Behaviour of syntactic and partial hollow sphere structures under dynamic loading.
	Opis	SLO	Članek predstavlja rezultate raziskave računalniških simulacij makroskopskega obnašanja kompozitnih struktur iz lepljenih votlih kovinskih krogel, ki so obdane z lepilom in so podvržene tlačni dinamični obremenitvi. S parametričnimi računalniškimi simulacijami je raziskan vpliv morfologije in topologije takšne kompozitne strukture ter vpliv debeline sten kovinskih krogel in stopnje hitrosti obremenjevanja. Rezultati raziskave so podani v obliki parametričnih diagramov, ki omogočajo namensko določitev osnovnih konstrukcijskih parametrov kompozitne strukture za namene izbrane aplikacije.
		ANG	The paper investigates the macroscopic behaviour of adhesively bonded metallic hollow sphere structures fully and partially embedded within an adhesive matrix subjected to compressive dynamic loading by means of computational simulations. Different influences e.g. morphology, topology, sphere wall thickness and strain rate sensitivity have been analyzed.
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, FIEDLER, Thomas, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas, Adv. eng. mater., 2008, Vo. 10, No. 3, 185-191, JCR IF (2006): 1.402	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	12151574	
2.	Naslov	SLO	Numerično modeliranje širjenja razpoke pri mazanih kotalno-drsnih kontaktnih problemih
		ANG	Numerical modelling of crack path in the lubricated rolling-sliding contact problems
	Opis	SLO	V članku je predstavljen kompleksen model za analizo širjenja utrujenostnih razpok pri kontaktni obremenitvi z upoštevanjem površinskega tlaka, trenja, EHD mazanja, zaostalih napetosti in T-napetosti pred razpoko. Model je uporaben za preračun kontaktno obremenjenih strojnih elementov (zobniki, ležaji, torna kolesa itd.) glede na jamičenje kontaktnih površin in predstavlja nadgradnjo obstoječim standardnim računskim postopkom po ISO in DIN standardih.
		ANG	The paper presents a complex model for fatigue crack propagation analysis in case of contact load, which takes into consideration surface pressure, friction, EHD lubrication, residual stresses, and the T-stresses in the front of the crack. The model is used for calculation of the machine parts which are subjected to contact loading (gears, bearings, friction wheels etc.) in regard

		to the pitting of the contact surfaces. The model significantly upgrades the existing standardized computational procedures provided by ISO and DIN.
	Objavljeno v	GLODEŽ, Srečko, POTOČNIK, Rok, FLAŠKER, Jože, ZAFOSNIK, Boštjan. Eng. fract. mech. 2008, Vol. 75, iss. 3/4, str. 880-891. JCR IF (2006): 1.39, SE (21/109), mechanics, x: 1.092
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11144470
3.	Naslov	SLO Računska in eksperimentalna analiza cestnih varnostnih ograj pri udarnih obremenitvah
		ANG Computational and experimental crash analysis of the road safety barrier
	Opis	SLO V članku so predstavljeni rezultati računalniških simulacij in eksperimentalnih testov naleta vozil ob cestno varnostno ograjo. Za namene računalniških simulacij so bili razviti računski modeli cestne varnostne ograje in deformabilnih naletnih vozil. Simulacije in eksperimentalni testi so omogočali določitev parametrov udarca vozila ob ograjo, na osnovi katerih se empirično določi resnost posledic na potnike. Primerjava rezultatov računalniških simulacij in eksperimentalnih testov je potrdila primernost razvitih računalniških modelov za tovrstno testiranje cestnih varnostnih ograj.
		ANG The paper describes computational analysis and experimental crash tests of a road safety barrier. Computational models of the safety barrier and deformable crash vehicles have been developed for the purpose of the computational simulation. Simulation and experimental results enable determination of influential parameters governing the impact conditions . These parameters are used to determine the seriousness of the crash consequences. Comparison of computational and experimental results confirm the correctness of developed computational model.
	Objavljeno v	REN, Zoran, VESENJAK, Matej. Eng fail. anal., 2005, Vol. 12, iss. 6, str. 963-973. JCR IF: 0.41, SE (59/104), engineering, mechanical, x: 0.644, SE (17/25), materials science, characterization & testing, x: 0.575.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	9803030	
4.	Naslov	SLO Kako se lomijo zobniki
		ANG How gears break
	Opis	SLO Delo obravnava poglavja o mehaniki loma, zobnikih in zobniških prenosih, problemih razpok v zobnem korenu, kontaktnih problemih na zobnikih in razvoju ekspertnih sistemov za oblikovanje in izdelavo zobnikov. Knjiga je temeljno delo na področju lomno-mehanskih problemov na zobnikih, namenjena tako za raziskovalce kot tudi za inženirje, ki se v praksi srečujejo s tovrstnimi problemi.
		ANG The book contains chapters about fracture mechanics, problems of crack propagation in gear tooth roots, contact problems in gears and expert systems for gear design and manufacturing. The book represents a fundamental contribution in the field of gear design, and is aimed at both the researchers and the engineers who deal with these problems in everyday work.
	Objavljeno v	ABERŠEK, Boris, FLAŠKER, Jože. How gears break, (Advances in damage mechanics, vol. 7). Southampton; [Billerica]: WIT, 2004. 221 str., ilustr. ISBN 1-85312-739-6.
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
COBISS.SI-ID	25673733	
5.	Naslov	SLO Inteligentni sistem za izboljšanje konstrukcijskih rešitev pri MKE-analizi
		ANG Intelligent FEA-based design improvement
	Opis	SLO V članku je predstavljena inteligentni sistem za izboljšavo konstrukcijskih rešitev z upoštevanjem razmer v kritičnih prerezi obravnavane konstrukcije. Razviti sistem je del programskega orodja Prolog. Sistem je narejen tako, da vrednoti numerične rezultate predhodno izvedene deformacijske, napetostne ali termične analize. Na osnovi tega vrednotenja sistem predlaga ustreznejše konstrukcijske rešitve.
		ANG The prototype of an intelligent rule-based consultative system is being developed to provide the design changes when considering a description of the design structure's critical area. This system is encoded in Prolog. It can deal with the results of prior strain-stress or thermal analysis. It presents a short list of proposed design changes that should be taken into account when

		improving the design.
Objavljeno v		NOVAK, Marina, DOLŠAK, Bojan. Intelligent FEA-based design improvement. Eng. appl. artif. intell.. [Print ed.], 2008, vol. 21, iss. 8, str. 1239- 1254. http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2008.03.013 , doi: 10.1016/j.engappai.2008.03.013. [COBISS.SI-ID]
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12734742

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Prvi mednarodni simpozij "MULTIPHYSICS 2006" <i>ANG</i> 1st International Symposium on MULTIPHYSICS 2006
	Opis	<i>SLO</i> Srečanja se je udeležilo 47 znanstvenikov iz 8 držav, ki so skupno predstavili 39 referatov s področja eksperimentalne oziroma teoretične obravnave večfizičnih problemov. Simpozij je bil prvi te vrste na svetu in na posebno povabilo organizatorjev so se ga udeležili ključni svetovni raziskovalci na tem področju. Simpozij so udeleženci odlično sprejeli in dogovorjeno je bilo, da se bo v bodoče izvajal vsakoletno v obliki znanstvene konference <i>ANG</i> 47 scientists from 8 countries, who presented 39 papers from the field of experimental and theoretical analysis of the multiphysics problems took part in the meeting. The symposium was the first of its kind, which was attended also by principal world renown researchers. The symposium was well accepted by the participants, and it was agreed to organize it annually as a scientific conference.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	MOATAMEDI, M. (ur.), REN, Zoran (ur.). Multiphysics 2006, 14-15 December 2006, Maribor, Slovenia. [S.l.: s.n.], 2006. 64 str.
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
	COBISS.SI-ID	10993430
2.	Naslov	<i>SLO</i> 1st Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X <i>ANG</i> 1st International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X
	Opis	<i>SLO</i> Srečanja se je udeležilo 87 znanstvenikov iz 11 držav, ki so skupno predstavili 93 referatov s področja zahtevnih računalniških simulacij inženirskih problemov in eksperimentalnih metod. Simpozij je bil prvi v seriji in na posebno povabilo organizatorjev so se ga udeležili ključni svetovni raziskovalci na tem področju. <i>ANG</i> 87 scientists from 11 countries, who presented 93 papers from the field of advanced computational simulations of engineering problems and experimental methods, took part in the meeting. The symposium was the first in a series, and was attended by main world researchers.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	ÖCHSNER, Andreas (ur.), REN, Zoran (ur.), SILVA, Lucas da (ur.). International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X 2007, 12-13 July, Algarve, Portugal. Abstract book. [S.l.: Ironix Global Events Consulting], 2007. 122 str.
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
	COBISS.SI-ID	11523862
3.	Naslov	<i>SLO</i> Alternativna goriva 2008 <i>ANG</i> Alternative Fuels 2008
	Opis	<i>SLO</i> Cilj konference je bil povezati ljudi iz različnih disciplin v cilju promocije modernih tehnologij, s katerimi lahko prispevamo k čistejšemu okolju in zanesljivejšemu razvoju naše družbe. Glavni namen je bil vzpodbuditi sodelovanje med raziskovalci in prenos znanja med raziskovalnimi inštitucijami in industrijo. Glede na odziv udeležencev konference je bila konferenca zelo uspešna.

		ANG	The aim of the conference was to bring together people from different disciplines in order to promote modern technologies by which we can contribute to the cleaner environment and reliable development of our society. The main objective was to stimulate the collaboration among the researchers and the transfer of knowledge between the research institutions and the industry. Considering the response of the participants, the conference was very successful.
	Šifra		B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v		KEGL, Breda (ur.), KEGL, Marko (ur.), PEHAN, Stanislav (ur.), Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, 10.-11. January 2008. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, 2008. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-248-068-4.
	Tipologija		2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
	COBISS.SI-ID		59971585
4.	Naslov	SLO	Računski model za določitev življenjske dobe kontaktno obremenjenih strojnih elementov
		ANG	Computational model for determining the life time of contact loaded machine parts
	Opis	SLO	Projekt je izjemnega pomena za slovensko industrijo, saj je bil v okviru projekta razvit kompleksen računski model za dimenzioniranje kontaktno obremenjenih strojnih delov z upoštevanjem specifičnosti konstrukcijskih sklopov velikih aksialnih ležajev. Podjetje Rotis d.o.o, ki proizvaja velike aksialne ležaje, je na podlagi tega projekta dvignilo raven svojih proizvodov in posledično konkurenčnost na zahtevnem evropskem in svetovnem trgu.
		ANG	The project focuses on a complex computational model for dimensioning contact loaded machine parts, in particular large axial bearings. The company Rotis d.o.o., which produces large axial bearings, raised the level of their products, and as a consequence improved their competitive position on the demanding European and world market.
	Šifra		F.07 Izboljšanje obstoječega izdelka
	Objavljeno v		GLODEŽ, Srečko, POTOČNIK, Rok. Računski model za določitev življenjske dobe kontaktno obremenjenih strojnih elementov: Tehnološko razvojni projekt v malih in srednje velikih podjetjih (Rotis d.o.o-FS Maribor). Št. pogodbe: 3211-05-000242
	Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID		11005462	
5.	Naslov	SLO	Selektivni postopek dizajniranja polimernih izdelkov in eksperimentalna verifikacija rezultatov
		ANG	The selective approach to high-tech polymer product design - modelling and experimental verification
	Opis	SLO	Članek predstavlja koncept s simulacijami podprtega konstruiranja polimernih izdelkov z inteligentno metodo navzkrižno povezanih simulacij (Intelligent Cross-linked Simulations - ICROS) s ciljem koristno uporabiti in vizualizirati možna simulacijska orodja. Z zahtevno simulacijo se spremenijo tudi rezultati in število iteracij, natančen postopek pa ni definiran. Predstavljen je praktičen primer sklopke, izdelane iz umetne mase.
		ANG	The paper presents a concept for the simulation-based design of polymer parts by intelligent cross-linked simulations (ICROS) method leading to the intelligent utilisation and visualisation of possible simulation tools. The order of simulation changes the results and the number of iterations, but there are no definitions for the exact proceedings. A case study involving flexible coupling made of plastics is presented.
	Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v		DOLŠAK, Bojan. ICROS - the selective approach to high-tech polymer product design - modelling and experimental verification. V: DESIGN 2006, May 2006 Dubrovnik, Croatia. 2006, str. 417-424.
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID		10472214	

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti^Z

SLO

Razvita in testirana sta bila dva osnovna prototipa inteligentnih računalniških modulov, in sicer: inteligentni sistem za pomoč pri izbiri končnih elementov za inženirske računalniške simulacije in inteligentni sistem za podporo pri optimiranju konstrukcij na podlagi rezultatov inženirskih analiz. Oba modula temeljita na pravilih, ki izhajajo iz dobre inženirske prakse in zbranih dolgoletnih raziskovalnih in razvojnih izkušenj programske skupine na različnih specifičnih področjih. Določeni zaključki in izkušnje s praktično uporabo inteligentnih modulov bodo uporabljeni tudi v nadaljnjem raziskovalnem delu pri razvoju širše inteligentne platforme, oz. tako imenovane globalne inteligentne podpore za ciljno usmerjeno konstruiranje.

Na področju računalniškega modeliranja sodobnih inženirskih gradiv so bili razviti novi računalniški modeli za numerične analize zaprtih in odprtih celičnih gradiv, z namenom dokazati in ovrednotiti vpliv posameznih parametrov na odziv celičnih struktur izpostavljenih udarnim tlačnim obremenitvam, s čimer so bili postavljeni temelji za nadaljnje raziskave na tem področju. Računalniški modeli so bili nadgrajeni za reševanje dinamičnega, vezanega problema medsebojnega vpliva trdnine (celične strukture) in tekočine (polnila) ob upoštevanju velikih deformacij. Razviti modeli zagotavljajo natančnejše in zanesljivejše rezultate opisa odziva urejenih in neurejenih celičnih gradiv pod vplivom udarnih obremenitev. Ti modeli predstavljajo tudi inovativne in konkurenčne rešitve za povečanje varnosti pri trkih v različnih industrijskih panogah, kar je nedvomno doprinos k razvoju znanosti in stroke ter izboljšavi oziroma izpopolnitvi strokovne osveženosti na tem področju.

V sklopu raziskovalnega programa je bil razvit tudi nov računski model za analizo širjenja kratkih utrujenostnih razpok na strojnih elementih, ki je zasnovan na teoretičnem, numeričnem in eksperimentalnem delu. Model je primeren za bolj realistično napovedovanje življenjske dobe strojnih elementov in predstavlja pomemben del v procesu modernega konstruiranja strojev in naprav. Razviti model je bil praktično zelo uspešno uporabljen v okviru evropskega projekta HIPERTRACK za računalniško simuliranje utrujenostnih poškodb na tirnici.

Na področju dimenzioniranja strojnih delov in konstrukcij iz visokotrnostnih jekel so bili razviti novi računski postopki, rezultati raziskav pa uspešno uporabljeni v nekaterih slovenskih podjetjih.

Na področju transporta je bil v okviru programa izdelan inteligentni računalniški modul za načrtovanje optimalnih regalnih skladiščnih sistemov, ki temelji na uporabi diskretnih numeričnih simulacij in analitično-optimizacijskih metod. Tudi ti rezultati raziskovalnega dela so bili neposredno uporabljeni v nekaterih slovenskih podjetjih pri načrtovanju njihovih novih regalnih skladišč.

Plod raziskovalnega dela na področju razvoja metod za računalniško simulacijo dinamičnega obnašanja večmasnih deformabilnih sistemov je računalniško podprta metodika vizualizacije delovnih prostorov in razvoj postopkov za optimalno postavitev robota v prostor proizvodne celice z ozirom na geometrijo obdelovanca, na katerem le-ta izvaja določene tehnološke operacije. Delo je izredno pomembno za konstruktorje robotov in robotiziranih proizvodnih celic, kajti omogoča preprost pogled ne samo na velikost in obliko delovnega prostora robota temveč omogoča analizo hitrostne strukture v delovnem prostoru.

Razvite metodologije na področju vzdrževanja zajemajo celovit pristop k zagotavljanju varnosti, okoljske neoporečnosti, družbene sprejemljivosti in zanesljivosti tehniških sistemov ter bistveno prispevajo k zagotavljanju kakovosti opravljanja namenskih funkcij.

Rezultati raziskovalnega dela v okviru programske skupine so bili objavljeni v številnih uglednih mednarodnih znanstvenih revijah ter predstavljeni na mednarodnih in domačih konferencah.

ANG

Two basic prototypes of intelligent computer modules were developed and tested. The first module is an intelligent system of help by selection of finite element type for engineering computer simulations and the second is an intelligent system of help by the optimization of constructions based on results of engineering analyses. Both modules are based on the principles which come from successful engineering praxis and from research and development experiences of the program group on different scientific fields. Some conclusions and experiences from the practical use of intelligent modules will be used in further research work for development of intelligent platform, so called global intelligent support for objective design.

In the field of computer modelling of engineering materials new computer models for numerical

analysis of closed and open-cell materials were developed. The objective was to prove and quantify the influence of different parameters on the behaviour of cellular materials under impact loading conditions. The results represent the basis for further research on this field. Computer models were upgraded for solving coupled dynamic problems of solid (cellular material) fluid (filler) interaction under large deformations. The developed computer tools enable more precise and more reliable simulations of behaviour of components made from ordered and non-ordered cellular materials under the influence of impact loads. Such models represent innovative and competitive solutions to increase road safety by using innovative cellular materials for reduction of vehicle impact consequences, which will contribute to the development of science and increase professional awareness in this field.

The research programme also included the development of a new computer model for the analysis of the short fatigue crack growth in machine parts, which is based on theoretical, numerical and experimental work. The model was developed to achieve more precise forecasting of the machine parts life span and represents an important part of modern design process. It was very successfully used in praxis within a European project HIPERTRACK for computer simulations of fatigue failure on the train rails.

In the field of machine parts and structures made from high-strength steels a new computational algorithms were developed. Results of these researches were successfully used in some Slovenian companies.

In the field of transportation the computer based intelligent systems for the design of transport-logistical systems has been developed. The system is based on discrete numerical simulations and analytical optimization methods. Results of this research work were directly used in some Slovenian companies for planning new rack warehouses.

The results of the research work oriented in the development of computer simulation methods for simulating dynamic behaviour of multi-mass deformable systems is a computer aided methodology of working space visualisation and developed procedures for optimal positioning of the robot inside the manufacturing unit in respect of the specimen geometry and required technological operations. The work is very important for the robot and robotized manufacturing unit design since it enables not only a simplified view of the size and shape of robot working space but also enables the analysis of the velocity structure inside the working space.

Developed methodologies in the field of maintenance include an overall approach to the provision of safety, environment integrity, social acceptance and reliability of technical systems and play a great part in contribution to ensuring quality of purpose function performance.

Results of research work in the context of program group were published in many important international scientific journals and presented on international and domestic conferences.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

V okviru raziskovalnega programa so bili v letih 2004-2008 razviti nekateri inteligentni računalniški moduli za namene razvoja novih izdelkov, njihove izdelave, trženja, uporabe in vzdrževanja, kar bo omogočilo slovenskim podjetjem učinkovitejši razvoj optimalnih izdelkov in s tem tudi lažje nastopanje na domačem in zahtevnih svetovnih tržiščih.

Na področju računalniškega modeliranja sodobnih inženirskih gradiv so bili razviti novi računalniški modeli za numerične analize zaprtih in odprtih celičnih gradiv. Računalniški modeli so bili nadgrajeni za reševanje dinamičnega, vezanega problema medsebojnega vpliva trdnine (celične strukture) in tekočine (polnila) ob upoštevanju velikih deformacij. Simulacijske analize teh gradiv bodo prispevale k učinkovitejši in bolj ekonomični izdelavi posameznih konstrukcijskih komponent (npr. elementov za absorpcijo energije), kar bo nedvomno vplivalo na povečanje varnosti. Slednje sovпада s smernicami in zahtevami Republike Slovenije, predvsem Ministrstva za promet, po zmanjšanju in ublažitvi posledic prometnih nesreč. Povečanje varnosti in zmanjšanje števila poškodb udeležencev v prometu bo posredno vplivalo na krajšo odsotnost zaposlenih z delovnega mesta, zmanjševanje obsega bolniških izostankov in posledično na upadanje motenosti delovnih procesov ter obsega stroškov zaradi odškodnin. Končni rezultat bodo veliki prihranki v gospodarstvu in zdravstvu.

V sklopu raziskovalnega programa je bil razvit tudi nov računski model za analizo širjenja kratkih utrujenostnih razpok. Razviti model je bil praktično zelo uspešno uporabljen v okviru evropskega projekta HIPERTRACK za računalniško simuliranje utrujenostnih poškodb na tirnici.

Na področju dimenzioniranja strojnih delov in konstrukcij iz visokotrnostnih jekel so bili razviti novi računski postopki, rezultati raziskav pa uspešno uporabljeni v nekaterih slovenskih podjetjih.

Na področju transporta je bil v okviru programa izdelan inteligentni računalniški modul za načrtovanje optimalnih regalnih skladiščnih sistemov. Tudi ti rezultati raziskovalnega dela so bili neposredno uporabljeni v nekaterih slovenskih podjetjih pri načrtovanju njihovih novih regalnih skladišč.

Rezultati raziskovalnega dela na področju robotov in robotiziranih proizvodnih celic so bili uporabljeni pri modeliranju robotiziranih proizvodnih celic za Gorenje iz Velenja in Talum v Kidričevem.

Razvite metodologije na področju vzdrževanja zajemajo celovit pristop k zagotavljanju varnosti, okoljske neoporečnosti, družbene sprejemljivosti in zanesljivosti tehniških sistemov ter bistveno prispevajo k zagotavljanju kakovosti opravljanja namenskih funkcij. Nove metodologije so bile posredovane in uvedene v različnih podjetjih v Sloveniji (Kolektor Idrija, Hit Gorica, KLS Ljubno ob Savinji).

ANG

In the framework of the research programme in years 2004-2008 some intelligent computer modules have been developed for the purpose of development, production, marketing, use and maintenance of new products. They will provide Slovenian companies with more effective tools for development of optimal products.

In the field of computer modelling of engineering materials new computer models for numerical analysis of closed and open-cell materials were developed. Computer models were upgraded for solving coupled dynamic problems of solid (cellular material) fluid (filler) interaction under large deformations. Simulation analyses of such materials will contribute to more effective and more economic production of individual road safety components (e.g. energy absorption elements), which will increase general safety. This corresponds to the guidelines and requirements of the Ministry of Transport of Republic of Slovenia in relation to the reduction and alleviation of the consequences of traffic accidents. Increased safety and reduction of the number of injuries and casualties in traffic accidents will indirectly shorten the absence of employees from work and the number of days of sick leave; as a result, the disturbances of working processes will be less frequent, and compensation costs will decrease. This will lead to savings in the economy and in the health care system.

The research programme also included the development of a new computer model for the analysis of the short fatigue crack growth. It was very successfully used in praxis within a European project HIPERTRACK for computer simulations of fatigue failure on the train rails.

In the field of machine parts and structures made from high-strength steels a new computational algorithms were developed. Results of these researches were successfully used in some Slovenian companies.

In the field of transportation the computer based intelligent systems for the design of transport-logistical systems has been developed. Results of this research work were directly used in some Slovenian companies for planning new rack warehouses.

The results of the research work oriented in the field of robot and robotized manufacturing was used in robotized manufacturing unit design for companies Gorenje (Velenje) and Talum (Kidričevo).

Developed methodologies in the field of maintenance include an overall approach to the provision of safety, environment integrity, social acceptance and reliability of technical systems and play a great part in contribution to ensuring quality of purpose function performance. New methodologies were transferred and used in different companies in Slovenia (Kolektor Idrija, Hit Gorica, KLS Ljubno ob Savinji).

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
---------------------	--------------------	------------------------------

- magisteriji	7	
- doktorati	7	7
- specializacije	2	
Skupaj:	16	7

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	5	2	
- gospodarstvo	2	3	2
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	7	5	2

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	ÖCHSNER, Andreas (ur.), REN, Zoran (ur.), SILVA, Lucas da (ur.). International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X 2007, 12-13 July, Algarve, Portugal. Abstract book. [S.l.: Ironix Global Events Consulting], 2007. 122 str. [COBISS.SI-ID 11523862]	107
2.	MOATAMEDI, M. (ur.), REN, Zoran (ur.). Multiphysics 2006, 14-15 December 2006, Maribor, Slovenia. [S.l.: s.n.], 2006. 64 str. [COBISS.SI-ID 10993430]	54
3.	International Journal of Multiphysics, ISSN 1570-9548 (član uredniškega odbora: Z. Ren)	13
4.	International journal of simulation modeling, ISSN 1726-4529 (član uredniškega odbora: Z. Ren)	9
5.	KEGL, Breda (ur.), KEGL, Marko (ur.), PEHAN, Stanislav (ur.). Alternative Fuels 2008, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, 10.-11. January 2008. Conference proceedings. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, 2008. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-248-068-4. Sistemske zahteve: Windows XP, IE 6.0. [COBISS.SI-ID 59971585]	20
6.	KEGL, Breda (ur.), PEHAN, Stanislav (ur.), KEGL, Marko (ur.). Prednosti uporabe alternativnih goriv v Sloveniji. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 48 str., graf. prikazi, fotogr. ISBN 86-435-0775-X. [COBISS.SI-ID 56895489]	5
7.	KEGL, Breda (ur.), PEHAN, Stanislav (ur.), KEGL, Marko (ur.). Seminar Alternativna goriva v Sloveniji : zbornik prispevkov : Maribor, 24. november 2006. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 86-435-0812-8. Windows XP, IE 6.0. [COBISS.SI-ID 57771777]	10
8.	FLAŠKER, Jože: Član uredniškega odbora Strojniškega vestnika. ISSN 0039-2480, 2007, 2006, 2005, 2004, 2008	68, 67, 68, 48, ...
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega

oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	3
Skupaj:	3

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

<p>Projekti v okviru 6. okvirnega programa EU:</p> <ol style="list-style-type: none">1. A Thematic Network for Promoting Best Practice Industrial Application of Finite Element Technology - FENET, G1RT-CT-2001-05034.2. High Performance Rail Tracks - HIPER TRACK - GRD1-CT-2002-09002. <p>Bilateralni mednarodni projekti:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Računalniško modeliranje heterogenih in inženirskih materialov, 2004-2006, BI-PT/04-06-011.2. Računalniško modeliranje loma heterogenih inženirskih materialov, 2004-2005, BI-PL/04-05-002.3. Uporaba inteligentnega inženiringa pri avtomatizaciji post-procesiranja MKE rezultatov, SLO-VB 2007, projekt št. PSP 3/2007.4. Inteligentni svetovalni sistem za učinkovito uporabo končnih elementov, SLO-VB 2005, projekt št. PSP 16/2005.5. A computational model for determination of pitting resistance of contacting mechanical elements, 2006-2007, BI-HU/04-05-004.6. Calculation of load capacity of gears using numerical methods, 2004-2005, BI-CZ/06-07-014.7. Razvoj numeričnih modelov za napoved življenjske dobe in širjenja razpok strojnih delov, 2004 - 2005, BI-PL/04-05-003.8. Napredne metode za konstruiranje, analize in preskušanje gonil, 2004-2005, BI-PL/04-05-006.9. Razvoj računskega modela za preračun valnih gonil, 2004-2005, 2004-2005, BI-HU/04-05-003.10. Razvoj novih metod določanja obratovalne trdnosti strojnih delov, 2005-2006, BI-HR/05-06-2611. Računalniško modeliranje celičnih gradiv pod vplivom udarnih obremenitev, 2006-2007, BI-PT-06-07-00712. Numerične simulacije širjenja napetostnih valov v trdninah in poroznih materialih, 2007-2008, BI-CZ/07-08-026.13. Numerične simulacije in eksperimentalna vrednotenja stikov v mehanskih sklopih, 2006-2008, BI-CZ/06-07-009.14. Avtomatizacija rokovanja med procesom izdelave tekstilnih izdelkov, 2006-2008,

BI-CZ/06-07-018.

15. Računalniško modeliranje celičnih gradiv pod vplivom udarnih obremenitev, 2006-2008, BI-PT/06-07-007.

16. Napredno računalniško modeliranje udarnih in NVH problemov, 2006-2008, BI-US/06-07-044.

Drugi mednarodni projekti (Eureka, COST, Leonardo da Vinci itd.):

1. Factory sunprotex, 2004-2006, Eureka projekt št. E!3145.
2. Nanotex, 2007-2009, Eureka projekt št. E!3776.
3. Parents: Training most powerful supporters and guiders of disabled people, 2005-2007, Leonardo da Vinci projekt št.: SI/05/B/F/PP-17600 6.
4. ValidMaint, Leonardo da Vinci, 2005-SE-/5/B/F/PP-161003.
5. Euromaint, Leonardo da Vinci, NL/06/B/P/PP/157604.
6. Community vocational training action programme, Leonardo da Vinci, 2006-2008, NL/06/B/P/PP/157604.

Sodelovanje v mednarodnih programih:

1. Center odličnosti 21. stoletja (21th Century Centre of Excellence), Osaka, Japonska, 2006.
2. Japanese Society for Promotion of Science: podoktorska štipendija za znanstveno delo Tokio, Osaka, Japonska, 2007.
3. Projekt High Performance Computing (HPC - Europa) v okviru European Commission Support for Research Infrastructures Programme, Stuttgart, Nemčija, 2007.
4. Seventh framework programme for research and technological development - Researcher's night 2007 - RES-ART 200257, 2007.

Sodelovanje z univerzami v tujini:

- University of Aveiro, Department of Mechanical Engineering, Aveiro, Portugalska;
- University of Toronto, Department of Mechanical Engineering and Industrial Engineering, Toronto, Kanada;
- Kettering Univeristy, Flint, MI, ZDA;
- George Mason University, Department of Computational and Data Sciences, Virginia, ZDA;
- University of Osaka, Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka, Japonska;
- University of Salford, Stress Analysis Research Group, Salford, VB;
- University of Karlsruhe, Nemčija;
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauinformatik, München, Nemčija;
- Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Technische Mechanik, Nemčija;
- Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, Hrvaška;
- University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, Split, Hrvaška;
- Technology Innovation Centre, University of Central England, Birmingham, VB;
- Univerza v Bathu, VB, prof. Chris McMahon;
- Univerza v Bayreuthu, Nemčija, prof. Frank Rieg;
- Vseučilišče v Mostarju, BiH, prof. Milenko Obad;
- University of Technology, Vienna, prof. Inge Troch.

Sodelovanje s podjetji in industrijo v tujini:

- Daimler Chrysler AG, Stuttgart, Nemčija;
- EADS, München, Nemčija;
- Fraunhofer Ernst-Mach Institut, Freiburg, Nemčija;
- DYNAmore, Stuttgart, Nemčija;
- Altair Engineering, Böblingen, Nemčija;
- Concept GmbH, Graz, Avstrija;
- Advanced Polymer Engineering - APE, Leoben, Avstrija;
- Dalekovod d.d., Zagreb, Hrvaška;
- Livermore Software Technology Corporation - LSTC, Livermore, ZDA.

Vodja raziskovalne skupine prof. dr. Jože Flašker je član mednarodne ISO ITC delovne skupine WG 6, 10 in 12 za razvoj mednarodne standardizacije na področju zobnikov.

Izr.prof.dr. Karl Gotlih je predsednik NC SI FEANI in NC IFToMM.

Doc. dr. Miran Ulbin je od leta 2007 predstavnik Slovenije v Odboru znanost za mir in varnost pri (Committee on Science for Peace and Security) pri zvezi NATO.

Prof. dr. Jože Flašker, prof. dr. Boris Aberšek in prof. dr. Zoran Ren so člani organizacijskih in znanstvenih odborov več mednarodnih znanstvenih konferenc (Fracture&Damage Mechanics, Engineering Structures Technologies, Mesomechanics, LUXFEM itd).

Prof. dr. Jože Flašker, prof. dr. Boris Aberšek, prof. dr. Zoran Ren, doc. dr. Matjaž Šraml in izr. prof. dr. Karl Gotlih so recenzenti več mednarodnih znanstvenih revij (IJNME, CNME, IJF, C&S, Strojniški vestnik, Strojarstvo, Fibres and Textiles in Easter Europe, itd.).

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

Računalniške analize cestnih varnostnih ograj, naročnik Liko d.d. Liboje, pogodba št. P-27/2004-IKO-23/ZR.

Računarske simulacije impact testova cestovnih ograda prema standardu EN-1317 i procjena njihove razine zaštite, naročnik Dalekovod d.d., Zagreb, Hrvaška, pogodba št. P-36/2005-IKO-16/ZR.

Koncesije in postopki za izdajo koncesij na podlagi zakona o žičniških napravah za prevoz oseb, naročnik: Ministrstvo za promet RS.

Harmonizacija tehnične standardizacije na področju žičniškega prometnega sistema, Ministrstvo za promet RS, pogodba št. 2411-04-100020.

Računski model za določitev življenjske dobe kontaktno obremenjenih strojnih elementov, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Rotis d.o.o, projekt za spodbujanje tehnološko razvojnih projektov v malih in srednje velikih podjetjih v letih 2005 in 2006, pogodba št. 3211-05-000242.

Večstopenjska transfer stiskalnica s podajalno linijo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - STO d.o.o., Ravne, industrijski projekt za spodbujanje tehnološko razvojnih projektov v malih in srednje velikih podjetjih v letih 2005 in 2006, projekt za spodbujanje tehnološko razvojnih projektov v malih in srednje velikih podjetjih v letih 2005 in 2006, pogodba št. 3211-05-000222.

LAUBELT-Razvoj netkanega transportnega traku za industrijske pralnice perila, Fakulteta za strojništvo - Konus Konex d.o.o., industrijski projekt za spodbujanje tehnološko razvojnih projektov v malih in srednje velikih podjetjih v letih 2005 in 2006, pogodba št. 3211-05-000236.

Intenzivno razvojno raziskovalno sodelovanje s podjetjem ELAN d.d. traja že od leta 2000.

Nova konstrukcija kompozita za specifični tržni segment : [subvencije za razvojno tehnološke spodbude v gospodarstvu - MŠZŠ 2004-2005]

Analiza obremenitev izsekovnih orodij za izdelavo rondelic iz aluminija : Fakulteta za strojništvo - TALUM, d.d. Kidričevo, 2008.

Dodelava CAD modela, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Faber marketing d.o.o., Hardek 34c SI - 2270 Ormož.

3D skeniranje in poligonizacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - ŽUPNIJA MATERE BOŽJE NA PTUJSKI GORI, Ptujška Gora 40, 2323 Ptujška Gora.

Izdelava 3D modeli injekcijskega mešala, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - M. Miniplast d.o.o., Vinka Megle 7, 9000 Murska Sobota.

Izdelava 3D prototipov kopalniške armature Petra, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - MARIBORSKA LIVARNA MARIBOR d.d., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Oreško

nabrežje 9, SI - 2000 Maribor.

Izdelava CAD modela, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Progresija, Marušičeva ulica 5, 1000 Ljubljana.

Korektura zaščitnega znaka, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Srednja strojna šola Maribor, Smetanova ulica 18, 2000 Maribor.

Predelava orodij v CAD modele, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Starkom d.o.o., Cesta k Tamu 18, 2000 Maribor.

Izdelava CAD profilne risbe, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - UNIOR d.o.o., Kovaška cesta 10, 3214 Zreče.

Prenova logotipa, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Formula, Zavod za izobraževanje Maribor, Vrbanska c. 30, 2000 Maribor.

Priprava osnutka za cerado za tovorno vozilo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Vino Brežice d.d., Cesta bratov Cerjakov 33, 8250 Brežice.

Trirazsežna digitalizacija zobnikov, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Foto Tabor d.o.o., Jezdarska ulica 13, SI - 2000 Maribor.

Trirazsežno skeniranje, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Mizarstvo Bolčič Mitja s.p., Klanec pri Kozini 5, 6240 Kozina.

Obnova talnih oznak za srčno pot, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Mestna občina Maribor, Ulica heroja Staneta 1, 2000 Maribor.

Trirazsežna digitalizacija orodja, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - SŽ Oprema Ravne, Pnevmatika, hidravlika, orodja in tehnološke linije d.o.o., Koroška cesta 14, 2390 Ravne na Koroškem.

Izdelava RP modelov, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - GIGODESIGN, d.o.o. Alešovčeva ul. 37, 1000 Ljubljana.

Izvedba ohišja ODU za zunanjo rabo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - ISKRA TRANSMISSIONS, d.d. Stegne 11, 1000 Ljubljana.

Trirazsežno CAD oblikovanje, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - MAPIS d.o.o., Gorenjska c. 9, 1234 Mengeš.

Izdelava posterjev, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor.

Kotiranje modelov, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - STIRO-PACK, Vrhovo 11, 1433 Radeče.

Design, koncept in realizacija ohišja StarMax, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - TELSIMA, d.d. Motnica 9, 1236 Trzin.

Idejna zasnova plakata, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo - SNG Maribor, Slovenska ulica 27, 2000 Maribor.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Prof. dr. Jože Flašker je član UO:

- o Arnes,
- o IMT kot predstavnik MVZT-ja,
- o IJS (2005 in del leta 2006).

Prof. dr. Jože Flašker je na Uradu za standardizacijo predsednik tehničnega odbora USM/TC SEL (strojni elementi). Tehnični odbor vodi od leta 1997 naprej. Tehnični odbor, ki ga vodi in ki ga

sestavljajo strokovnjaki iz univerz in podjetij ves čas skrbi za sprejem standardov iz področja strojnih elementov. Tehnični odbor sprejema standarde po metodi platnic ali kot prevod standarda. Pri tem se zelo skrbno prevaja vsa tujo tehniško terminologijo v slovenski jezik. Člani TC-ja si prizadevajo, da najdejo, še za tako težki izraz, lepo smiselno strokovno slovensko besedo. Ob težavah sodelujejo tudi eksperti SAZU-ja. S svojim delom TC dobro osvešča strokovno javnost, inštitucije in visokošolske zavode (študente) za uporabo lepih slovenskih izrazov v tehniški praksi in tako ohranja in brani materin jezik pred tujimi vplivi.

Prof. dr. Jože Flašker je član Sveta za visoko šolstvo pri R Slovenije in član Senata za habilitacije pri svetu za visokošolstvo R Slovenije in vodja DS za tehnologijo, proizvodne tehnologije in gradbeništvo v okviru Sveta za visoko šolstvo RS.

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Strojni elementi, Zobniška gonila
Opis	Univerzitetni učbenik "Strojni elementi, Zobniška gonila" je sodobni učbenik s področja zobniških gonil (valjastih, stožčastih in polžastih). Vsebina učbenika je v veliki meri vezana na praktične izkušnje pri konstruiranju obravnavanih zobniških gonil v industriji ter na domače in mednarodne standarde, ki se nenehno izpopolnjujejo in spreminjajo. Predvsem pri kontroli nosilnosti so v učbeniku vključeni tudi rezultati raziskav programske skupina na tem področju.
Objavljeno v	GLODEŽ, Srečko, REN, Zoran, FLAŠKER, Jože. Strojni elementi, Zobniška gonila : univerzitetni učbenik. 1. izd. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2008. 333 str., ilustr., graf. prikazi. ISBN 978-961-248-139-1.
COBISS.SI-ID	61875969

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Zbližanje raziskovalne dejavnosti in industrije
Opis	Prispevek v televizijski oddaji obravnava problematiko povezovanja med raziskovalno sfero na univerzah in znanstvenih inštitutih z industrijo. Ugotovljeno je, da je za rast in krepitev gospodarstva to sodelovanje nujno, zato ga je treba v prihodnje intenzivno stimulirati, tudi preko povezovalnih projektov med znanostjo in industrijo.
Objavljeno v	KRAJNC, Sašo, KEGL, Breda, PARTIČ, Zlato, PEHAN, Stanislav, HENHAM, Alexander.: Pispevek v oddaji Dnevnik, TV Maribor, 11.1.2008 ob 18.00. Maribor: TV Maribor, 2008. zvok.
COBISS.SI-ID	12181526

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Strojni elementi 1 in 2 Metodika konstruiranja Metodika in orodja konstruiranja Tribologija Fizikalno modeliranje sistemov Virtualno modeliranje izdelkov Računalniško podprto konstruiranje CAE Računalniško podprto konstruiranje in proizvodnja Numerične metode v konstruiranju Gonila in prenosniki Strojne konstrukcije
----	------------------------	---

		<p>Sistemi CAE / CIM Transportni sistemi Vibroakustične analize Konstruiranje za proizvodnjo Konstruiranje z nekovinskimi gradivi Mehanizmi Gibalni elementi in sistemi Metode diagnostike in vzdrževanja Optimiranje konstrukcij Vozila Dvigala Preizkušanje strojev in naprav Optimizacijske metode Gradnja procesnih aparatov Robotizacija Optimiranje izdelka Modulna gradnja Logistika sistemov</p>
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski univerzitetni študijski program Strojništvo
	Naziv univerze/ fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	<p>Inženirska orodja I in II Strojni elementi Osnove konstruiranja Transportni sistemi in logistika Fizikalno modeliranje tehniških sistemov Inženirske računalniške simulacije Metodika konstruiranja Računalniško podprto konstruiranje Strojne konstrukcije Dimenzioniranje strojev in naprav Optimizacijske metode v konstrukterstvu Planetna gonila Preizkušanje in modeliranje konstrukcijskih materialov Teorija mehanizmov Vozila Dvigalne naprave Virtualno modeliranje izdelkov Robotizacija Strategije vzdrževanja Računalniško programiranje v strojništvu</p>
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski univerzitetni študijski program Strojništvo - 1. stopnja
	Naziv univerze/ fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	<p>Strojni elementi Metodika in orodja konstruiranja Konstrukcije Razvoj izdelkov</p>
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski univerzitetni študijski program Gospodarsko inženirstvo - smer Strojništvo
	Naziv univerze/ fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	<p>Konstrukcijski elementi 1 in 2 Osnove konstruiranja Gonilni mehanizmi Transportni sistemi in konstrukcije Konstrukcije in naprave Računalniško modeliranje proizvodov</p>

		<p>Konstruiranje strojev in naprav Dvigalni mehanizmi in naprave Vzdrževanje tehniških sistemov Strojne konstrukcije Konstruiranje za proizvodnjo Konstruiranje z nekovinskimi gradivi Dimenzioniranje strojev in naprav Računalniško podprto vzdrževanje Metode diagnostike in vzdrževanja Konstruiranje za vzdrževanje Vozila in vzdrževanje</p>
	Vrsta študijskega programa	dodiplomski visokošolski strokovni študijski program Strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
5.	Naslov predmeta	<p>Uporaba numeričnih metod pri konstrukcijskih elementih Konstruiranje in oblikovanje specialnih pogonov Dimenzioniranje na življenjsko dobo Togost konstrukcij Programiranje v inženirski praksi Robotizacija Tribologija v strojogradnji Logistični pristopi pri oblikovanju/spreminjanju transportnih sistemov Varnost pri oblikovanju konstrukcij in sistemov transporta Posebnosti konstruiranja z nekovinskimi materiali Sodobni menjalniki</p>
	Vrsta študijskega programa	podiplomski specialistični študijski program Strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
6.	Naslov predmeta	<p>Dimenzioniranje na življenjsko dobo Informacijski sistemi in računalniško podprte tehnologije Inteligentni sistemi za računalniško podprto konstruiranje Konstruiranje gonil Uporaba numeričnih metod za preračun gonil Konstruiranje s plastičnimi, kompozitnimi, keramičnimi in hibridnimi materiali Integralni transport Motorna vozila Vozila Strategije vzdrževanja Ekspertni sistemi Podatkovne baze Nelinearne numerične inženirske analize Simulacije odzivov sistemov teles Izbrana poglavja iz teorije vodenja mehanskih sistemov</p>
	Vrsta študijskega programa	podiplomski magistrski/doktorski študijski program Strojništvo
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
7.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar¹⁵

Preko svojega raziskovalnega dela v okviru PS močno vplivamo na razvoj vsebine predmetov na dodiplomskem in podiplomskem izobraževanju, saj najnovejše znanstvene dosežke prenašamo neposredno na študente in preko neposrednega sodelovanja z gospodarskimi subjekti v praktično okolje. Vse to se mora odražati v gospodarstvu in tehnološkem razvoju. Preko skupnih projektov in tudi preko diplomantov uvajamo v podjetjih nove tehnologije, materialie in vse ostalo, kar vpliva na konkurenčnost podjetij. Na podlagi pridobljenih znanj se zmanjšuje cikel razvoja, skrajšajo se časi proizvodnje in zmanjša se poraba energije, kar vse skupaj vpliva na večjo konkurenčnost podjetij na globalnem trgu. Prav tako posredno vplivamo na varovanje okolja in dvig kakovosti življenja. Z novo pridobljenimi znanji se vsi procesi, tudi odločanja, odvijajo hitreje, učinkoviteje (z manjšimi stroški) in večjo verjetnostjo, da je izdelek konkurenčen in zato uspešen na trgu.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0196
Naslov programa	Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu
Vodja programa	6428 Leopold Škerget
Obseg raziskovalnih ur	28.050
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 797 Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

V okviru raziskovalnega programa smo razvili novo numerično metodo za simuliranje toka viskozne tekočine v treh dimenzijah. Metoda temelji na metodi robnih elementov, tehniki valčne transformacije in na metodi večih polov (fast multipole method). Metoda izkorišča visoko natančnost robnih elementov in zagotavlja časovno in spominsko učinkovitost z uporabo naprednih matematičnih algoritmov. Razvita je bila tudi hibridna aproksimacijska metoda, ki temelji na združeni uporabi Metod končnih elementov in Metode robnih elementov. Metoda je bila uporabljena za razvoj računalniškega programa za numerično simulacijo turbulentnega toka z Metodo velikih vrtljev in sicer v hitrostno-vrtinčni formulaciji. Algoritmi so bili objavljeni v več člankih v reviji Engineering analysis with Boundary elements. Na tej osnovi je bil razvit tudi nov algoritem sledenja reprezentativnih tekočinskih delcev v Lagrangevem načinu, ki omogoča učinkovito vizualizacijo turbulentnega toka. Algoritem predstavlja osnovo za razvoj numeričnega algoritma sledenja delcev v razpršenem večfaznem toku, in je bil objavljen v reviji Computer methods in applied mechanics and engineering. Pri študiju modeliranja sedimentacije v biološki čistilni napravi so bile izvedene obsežne analize oblike kosmov, velikosti primarnih delcev ter kosmov, poroznosti ter prepustnosti in gostote kosmov. Izpeljane so bile nove korelacije za prepustnost kosmov in njihovo gostoto, ki so bile vključene v računalniško simulacijo dvofaznega toka tekočine pri usedanju kosmov. Eno fazo je predstavljala voda, opredeljena kot zvezna faza, drugo fazo so tvorili kosmi odpadne vode, opredeljeni kot razpršena faza. Numerično modeliranje gibanja kapljevite faze je temeljilo na Euler načinu na osnovi reševanja Navier-Stokesovih enačb, gibanje razpršene faze je bilo modelirano v Lagrange načinu. Primerjavo rezultatov numeričnih simulacij in meritev je dokazala pravilnost in natančnost izpeljanih modelov poroznosti, prepustnosti in gostote kosmov.

Na področju razvoja novih računskih algoritmov v Metodi robnih elementov je bila razvita numerična shema, ki je temeljila na tehniki podobmočij oz. makro elementov za izračun kinetike toka in tehniki segmentacije območja za izračun kinematike toka. Razvita shema je omogočila

natančen izračun tokov v kompleksnih geometrijah, in je bila objavljena v članku v reviji *Computer methods in applied mechanics and engineering*. Na področju modeliranja v okoljski tehniki je bil na osnovi raziskav v hidrodinamiki bioloških čistilnih naprav razvit nov model usedanja poroznih in prepustnih delcev. Izvedena je bila raziskava vplivov dvigovanja in razširjanja prahu v okolici industrijskega odlagališča odpadkov, pri kateri so bili razviti računski modeli transporta različnih frakcij delcev na osnovi Računalniške dinamike tekočin. Na področju procesne tehnike je bila razvita napredna računaska metoda določanja čistilne učinkovitosti mokrih pralnikov sušilnih plinov, ki kombinira empirični in računalniški (CFD) pristop pri obravnavi zahtevnih večfaznih razpršenih tokov (voda-trdni delci-prah). Metoda je bila razvita na osnovi reševanja problema ciljnega uporabnika (Tanin d.d.) povečanja učinkovitosti industrijskega pralnika plinov.

Ramšak je leta 2004 doktoriral na področju modeliranja turbulence z dvoenačbenimi turbulentnimi modeli z metodo robnih elementov. Doktorat je dobil nominacijo ECCOMAS kot najboljši doktorat na področju računskih metod v uporabni znanosti in inženirstvu za leto 2004. Tema je ravninska simulacija termičnih turbulentnih tokov s tokovno - vrtinčno formulacijo. Iz tega dela sledijo 3 članki pod A1 v obdobju 2004-2008. Delo smo nadaljevali tudi z simulacijo prostorskega toka. V novejšem članku Ramšak et al 2007 smo z razvito metodo izračunali potencialni tok okoli lovskega letala F117.

Na področju nadaljnjega razvoja robno-območne integralske metode v smislu njene uporabnosti za reševanje prenosnih pojavov v porozni snovi smo obdelali tri sklope:

1. izpeljali, testirali in objavili smo rezultate vključevanja Forcheimerjevega člana, ki kot dodatek Darcy Brinkmanovi gibalni enačbi popisuje učinke vrtinčenja zaradi povečane hitrosti tekočine pri toku skozi porozno snov.
2. izpeljali in testirali smo numerični model za opis konvektivnega toka stisljive tekočine v porozni snovi.
3. izpeljali, testirali in objavili smo rezultate vključevanja enačbe koncentracije v obstoječ numerični model za modeliranje transportnih pojavov v porozni snovi.

Na področju prenosnih pojavov v porozni snovi smo podrobno obdelali pojav naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije, kjer se zaradi spremembe v gostoti, ki jo povzročajo razlike v temperaturi in koncentraciji, inducirajo vzgonske sile in povzročijo gibanje tekočine v porah porozne snovi. Numerično smo modelirali ta pojav v vertikalni kotanji, v horizontalnem sloju in v geometriji, kjer imamo opravka z dvema različno propustnima poroznima deloma. Tudi v tem sklopu smo dosegli odlično ujemanje z rezultati, dobljenimi z drugimi aproksimativnimi metodami, kar še utrjuje uporabnost robno-območne integralske metode.

Razvili smo samostojni program za reševanje predoločenih sistemov linearnih enačb, ki jih dobimo ob uporabi metode robnih elementov pri diskretizaciji enačb Poissonovega tipa. Sistem enačb tvorimo in rešimo s klici knjižnice PETSc. Za reševanje predoločenega sistema smo uporabili iterativno metodo LSQR (Paige in Saunders). V prvem koraku smo spremljali učinkovitost sestavljanja matrike. V drugem koraku smo spremljali računске čase paralelnega izračuna in izračunali faktor učinkovitosti za različne velikosti računskih gruč.

Na področju numeričnega modeliranja toka nenenewtonskih tekočin smo obravnavali:

1. laminarni tokovni režim - Na inštitutu razvit Kvadratni reološki model je bil uporabljen za numerično modeliranje toka nenenewtonske tekočine (zmes pepela in vode) v cevnem kolenu z majhnimi polmeri ukrivljenosti. Numerični rezultati so koristili za oceno izgub vsled strižnega trenja, saj empirične korelacije (najdene v literaturi) ne veljajo za takšno obravnavano geometrijo. V letu 2007 smo začeli razvijati še en reološki model (Parabolični model), tokrat primeren za opis psevdoplastičnega viskoznega obnašanja krvi.
2. Turbulentni tokovni režim - Izvedli smo pravilno izpeljavo vodilnih enačb turbulentnega toka posplošenih newtonskih tekočin, ki se, glede na stanje v svetovni literaturi, ujema z izsledki tujih avtorjev. Testni primeri numeričnega modeliranja turbulentnega toka nenenewtonskih tekočin (tok v kanalu in v kanalu s stopnico) z uporabo komercialnega numeričnega programa CFX-4.4 izkazujejo dobro kvalitativno ujemanje z eksperimentalnimi izsledki tujih avtorjev.

Na področju numeričnega modeliranja toka nenenewtonskih tekočin smo obravnavali tudi laminaren tok pastaste tekočine ob poudarku na razvoju ustreznih reoloških modelov za modeliranje, pri čemer je upoštevano, da so snovske lastnosti obravnavanih snovi lahko tudi časovno odvisne. Obravnavani so generalizirani Newtonski reološki modeli (potenčni zakon, Siskov model, Carreau model), linearen viskoelastičen model (Maxwellov model) in nelinearna viskoelastična modela (spodnje in zgornje konvektivna Maxwellova modela). Izračuni so vršeni s programskim paketom,

ki temelji na metodi končnih volumnov ob uporabi metode karakteristik.

V preteklem obdobju so dokončana dela nabave in namestitve osnovne laboratorijske opreme. Osrednji del laboratorijske aktivnosti je bil namenjen preizkušanju in testiranju eksperimentalne naprave za preučevanje bazenskega vrenja. Poleg vrelna posode smo v laboratoriju namestili in testirali oljno kopel za cirkulacijo grelnega olja ter hladilnik oljne kopeli. Vse naprave so povezane v celoto, ki omogoča uravnavanje delovnih parametrov med izvajanjem meritev.

V preteklem obdobju smo opravili zasnovno, konstruiranje, izdelavo ter namestitev eksperimentalne mešalne posode. Konstrukcija posode je prilagojena zahtevam PIV in LDA merilnih tehnik. Osrednji del mešalne naprave vsebuje izmenljivi stekleni posodi z nameščenimi stranskimi pregradami ter komplet različnih tipov mešalnih rotorjev, ki jih je možno namestiti v konzolno vpetje elektromotornega pogona. Z uporabo metode PIV smo opravili meritve tokovnega polja s pomočjo treh različnih tipov rotorjev pri različnih vrtiljajih v različnih ravninah mešalne posode. Rezultate meritev PIV merilne metode smo primerjali z meritvami s pomočjo LDA merilnega sistema in CFD izračuni.

V okviru okoljevarstvenega inženirstva smo bili v preteklem obdobju aktivni pri iskanju in raziskovanju različnih termičnih postopkov z izkoriščanjem toplote pri reševanju predelave in odstranjevanja industrijskih odpadkov in komunalnih odpadkov na regionalnem nivoju. Raziskave so bile izvedene v sklopu dolgoročne sodelave s podjetjem KIV Vransko d.d.. Pri tem smo izvajali praktične in teoretične raziskave na pilotni laboratorijski sežigalnici z uporabo računske dinamike tekočin. Uporaba eksperimentalnih podatkov je omogočila prilagoditev modelov zgorevanja za potrebe simulacije zgorevanja v sekundarni komori pilotne kurilne naprave. Proučevali smo tudi možnosti ločevanja težke in lahke frakcije preostanka odpadkov po ločenem zbiranju odpadkov. Izdelali smo model ravnanja z odpadki iz zdravstvene dejavnosti. Pri čiščenju odpadnih vod smo se ukvarjali predvsem z proučevanjem naprednih oksidacijskih postopkov. Analizirali smo vpliv onesnaženja zraka z emisijo delcev iz prometa.

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. Najpomembnejše dosežki, ki so bili tudi uspešno predstavljeni v priznanih mednarodnih revijah:

1. razvoj postopka optimalnega projektiranja sesalnega in izpušnega sistema štiritaktnega bencinskega motorja in vbrizgalnega sistema dizelskega motorja,
2. numerična analiza dvofaznih tokov znotraj vbrizgalne šobe dizelskega motorja,
3. numerična analiza tvorbe in razpada curka goriva,
4. eksperimentalne in numerične raziskave vplivov uporabe biodizelskega goriva, proizvajalca Pinus, na karakteristike vbrizgavanja, curka goriva in na karakteristike avtobusnega motorja.

Poleg navedenega se znanstveno-raziskovalno delo na področju motorjev z notranjim zgorevanjem nanaša na eksperimentalne in numerične raziskave možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij nezaželenih produktov zgorevanja. Najpomembnejše dosežki, ki so bili tudi uspešno predstavljeni v priznanih mednarodnih revijah:

- eksperimentalne in numerične raziskave vplivov uporabe biodizelskega goriva pri nizkih temperaturah, proizvajalca Biogoriva d.o.o, na karakteristike vbrizgavanja (določitev potrebnih modifikacij motorja v cilju zmanjšanja škodljivih emisij in ob sprejemljivi porabi goriva ter ostalih zmogljivostih motorja)
- razvoj postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja pri uporabi biodizelskega goriva (lastno razvit simulator in optimizer, uporaba aproksimacijske metode matematičnega programiranja, določitev optimalnih vrednosti konstrukcijskih in krmilnih parametrov vbrizgalnega sistema glede na želene karakteristike procesa vbrizgavanja in curka goriva).

Raziskovalno delo na področju toplotnih strojev in tehniških meritev je bilo posvečeno raziskavam pojavov in karakteristik delovanja toplotnih strojev in emisijam škodljivih snovi v okolje pri uporabi goriv iz obnovljivih virov. Področje raziskav je bil motor z notranjim zgorevanjem in uporaba različnih bio-goriv (odpadna rastlinska olja, biodizel in D2) S kombinacijo eksperimentalnega in računskega dela smo raziskali vpliv posameznih goriv in njihovih mešanic z D2 na proces zgorevanja in tvorbo škodljivih emisij ter analizirali različne postopke recirkulacije izpušnih plinov in njihov vpliv na znižanje emisij NOx in kvaliteto zgorevanja.

Problematika goriv se je nadeljevala tudi na področju odpadnih rastlinskih olj, ki predstavljajo po

eni strani veliko obremenitev za okolje po drugi strani pa imajo velik energetski potencial. Njihovo energijsko izrabo ovira visoka viskoznost teh olj. Zato običajno poteka posredno s predelavo v biodizel in le redko z neposrednim sežigom. Slednja pot je sicer energijsko učinkovitejša, vendar vprašljiva s stališča okoljskih vplivov. Zato smo analizirali delovne in emisijske karakteristike dizelskega motorja ob uporabi različnih mešanic D2 goriva z odpadnim rastlinskim oljem. Ugotovitve, ki smo jih pridobili na podlagi meritev in analize procesa zgorevanja kažejo, da uporaba mešanic z visoko vsebnostjo odpadnih rastlinskih olj ne vpliva pomembneje na delovne karakteristike motorja, močno pa poveča emisijo CO in HC. Vzrok za to je precej bolj nestabilno zgorevanje heterogene zmesi zraka in goriva, ki ga povzroča slabša atomizacija odpadnega rastlinskega olja. Posebno pozornost je zato pri direktni energijski izrabi odpadnih rastlinskih olj potrebno posvetiti pripravi nizko viskoznih mešanic z D2 gorivom, kar izboljša atomizacijo goriva, intenzivira procese mešanja z zrakom in tvorbe gorljive zmesi, ter stabilizira proces zgorevanja.

Na področju turbinskih strojev je bila izvedena študija kavitacijskih tokovnih razmer. Obravnavane so bile kavitacijske razmere pri obtekanju profila in kavitacijski obratovalni režimi na vstopu v centrifugalni rotor vodne črpalke. V tem okviru je bil razvit izboljššan matematično fizikalni homogeni kavitacijski tokovni model in izvedena verifikacija modela na rezultatih lastnih in dostopnih eksperimentov - meritev. Izsledki raziskave so bili objavljeni v Journal of Hydraulic Research. Izpeljan model je bil uporabljen za analizo vpliva mirujočih vodilnih osno vzporednih lopatic na kavitacijske strukture s poudarkom na tlačnih pulzacijah in integralnih obratovalnih karakteristikah sistema. Izvedena je bila tudi študija vpliva vstopne geometrije črpalnega sistema s poudarkom na numerični analizi vpliva poroznih rotirajočih lopatic na kavitacijske obratovalne karakteristike. Izsledki študije bodo tekom leta 2008 predvidoma objavljeni v reviji International Journal for Numerical Methods for Heat and Fluid Flow. V sodelovanju s podjetjem IBE d.d. je bila za Dravske elektrarne Maribor d.o.o. izvedena numerična analiza tokovnih razmer na pretočnih poljih verige hidroelektrarn na Dravi. Rezultati analize bodo uporabljeni v procesu obnove pretočnih polj na hidroelektrarnah Dravograd, Vuhred, Ožbolt in Mariborski otok.

Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru je v okviru programske skupine v letu 2008 vzpostavila dolgoročno sodelavo s podjetjem Cimos d.d. iz Kopra in Fakulteto za strojništvo univerze v Ljubljani na področju sodelave pri eksperimentalnem in numeričnem določevanju napetostnega, temperaturnega in tokovnega polja v zahtevnih komponentah proizvodov podjetja Cimos. V dosedanjem delu smo obravnavali napetostne in temperaturne razmere v izpušnih kolektorjih. Rezultati eksperimentalnega in numeričnega dela potrjujejo primernost računalniške dinamike tekočin za uporabo v avtomobilski industriji.

Vzpostavili smo temelje za dolgoročno sodelovanje s podjetjem Hella Lux Slovenija na področju simuliranja termo hidravličnih razmer v avtomobilskih meglenkah. Simulacija je relativno zahtevna zaradi vezanega prenosa toplote - naravne konvekcije in sevanja, ki prevladuje in povečuje nelinearnost sistema vodilnih enačb. Primerjava numeričnih rezultatov z eksperimentalno dobljenimi rezultati dokazuje pravilnost fizikalnega in numeričnega modeliranja zahtevnega inženirskega problema.

Izbrani dosežki dokazujejo, da je mogoče z močno povezavo teoretičnega, eksperimentalnega in računskega (numeričnega) dela razviti zahtevna inženirska orodja, ki jih lahko uspešno uporabimo v praksi pri razvoju modernih inženirskih rešitev.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

V splošnem je skupina dosegla zadovoljivo stopnjo realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev, kolikor ni, je to posledica podfinanciranja oziroma financiranja v okrnjenem obsegu. Natančneje, na področju raziskovalnega dela na področju računalniškega modeliranja smo se ukvarjali z razvojem samostojnega programa za reševanje predoločenih sistemov linearnih enačb, ki jih dobimo ob uporabi metode robnih elementov pri diskretizaciji enačb Poissonovega tipa. V večfaznih tokovih smo v glavnem izvedli vse zastavljene raziskovalne cilje, zlasti smo razvili nove korelacije za prepustnost kosmov in njihovo gostoto, ki so bile vključene v računalniško simulacijo dvofaznega toka tekočine pri usedanju kosmov. Pričeli smo tudi z aktivnostmi za vezano obravnavo prenosa toplote v trdnini in tekočini z aplikacijo v bio-tehnoloških aplikacijah. Glede modeliranja procesov zgorevanja smo izvedli eksperimentalne in numerične raziskave vplivov uporabe biodizelskega goriva pri nizkih temperaturah, pa tudi razvili postopek optimalnega projektiranja vbrizgalnega

sistema dizelskega motorja pri uporabi biodizelskega goriva. Na področju turbinskih strojev smo izvedli numerično optimiranje tokovnih razmer na modelu in prototipu novega turbinskega polja, na področju newtonskih tekočin pa zlasti obravnavali generalizirane Newtonske reološke modele (potenčni zakon, Siskov model, Carreau model), linearen viskoelastičen model (Maxwellov model) in nelinearna viskoelastična modela (spodnje in zgornje konvektivna Maxwellova modela). S stopnjo realizacije smo lahko zadovoljni.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Bistvenih odstopanj ni bilo, odstopanja so bila pogojena zlasti zaradi odstopanja med predvidenim in izvedenim financiranjem.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Metoda robnih elementov za termične tokove s k-epsilon turbulentnimi modeli
		<i>ANG</i> Boundary element method for thermal flows using k-[epsilon] turbulence models
	Opis	<i>SLO</i> Namen. V prispevku je razvita večobmočna metoda robnih elementov za modeliranje 2D kompleksnih turbulentnih tokov z low Reynolds dvoenačbnimi turbulentnimi modeli. Ugotovitve. Simulacija turbulentnega toka čez stopnico je v izvrstnem ujemanju z rezultati metode končnih volumnov in enakega turbulentnega modela. Mreža z 100.000 elementi je rešena v velikostnem razredu nekaj minut na enem računalniku P4 z 3.0 GHz in 1 GB RAM kar nakazuje na dobro učinkovitost.
		<i>ANG</i> Purpose. This paper aims to develop a multidomain boundary element method (BEM) for modeling 2D complex turbulent thermal flow using low Reynolds two-equation turbulence models. Findings. The simulation of a turbulent flow over a backward step is in excellent agreement with the finite volume method using the same turbulent model. A grid consisting of over 100,000 elements could be solved in the order of a few minutes using a 3.0 GHz P4 and 1 GB memory indicating good efficiency.
	Objavljeno v	International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow Year: 2008 Volume: 18 Issue: 3/4 Page: 514 - 532
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	12301846
2.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv biodizelskega goriva na emisije avtobusnega dizelskega motorja
		<i>ANG</i> Effects of biodiesel on emissions of a bus diesel engine
	Opis	<i>SLO</i> V članku je obravnavan vpliv biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja, curka goriva in motorja v cilju zmanjšanja škodljive emisije. Testiran motor je avtobusni dizelski motor z M sistemom vbrizgavanja. Karakteristike procesa vbrizgavanja, curka goriva in motorja, dobljene z biodizlom, so primerjane s karakteristikami, dobljenimi z mineralnim dizelskim gorivom pod različnimi delovnimi pogoji. Obravnavano gorivo je čisti biodizel iz oljne ogrščice. Dobljeni rezultati so uporabljeni za analizo najpomembnejših karakteristik vbrizgavanja, curka in motorja.
		<i>ANG</i> This paper discusses the influence of biodiesel on the injection, spray, and engine characteristics with the aim to reduce harmful emissions. The considered engine is a bus diesel engine with injection M system. The injection, fuel spray, and engine characteristics, obtained with biodiesel, are compared to those obtained with mineral diesel under various operating regimes. The considered fuel is neat biodiesel from rapeseed oil. The obtained results are used to analyze the most important injection, fuel spray, and engine characteristics.
	Objavljeno v	Bioresource Technology, 2008, 99/4, 863-873,
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11164694

3.	Naslov	<i>SLO</i>	Dinamika tekočin viskoznega stisljivega toka
		<i>ANG</i>	Viscous compressible fluid dynamics
	Opis	<i>SLO</i>	Razvoj metode robnih elementov MRE za simulacijo toka tekočin se pretežno ukvarja z nestisljivim tokom. Predpostavka nestisljivega toka je dobra za široko paleto inženirskih aplikacij, a da bi dosegli boljšo fizikalno predstavbo pojava moramo upoštevati tudi stisljivost tekočine. Cilj prispevka je podati poglobljeno razlago transformacije stisljivih Navier-Stokesovih enačb v hitrostno vrtinčni zapis. Dodatno je podana tudi tlačna enačba. V integralni transformaciji je uporabljena parabolično difuzivna osnovna rešitev.
		<i>ANG</i>	The development of boundary element method BEM for computation of fluid flow is predominantly focused on the flow of incompressible fluid. This assumption provides a good approximation for a wide variety of engineering applications, but to achieve a better representation of physical phenomena, a compressible fluid flow must be taken into account. The goal of the contribution is to give an in depth explanation for the transformation of Navier-Stokes equations for compressible fluid into its velocity-vorticity formulation equivalent. In addition, the pressure equation for the velocity-vorticity f
	Objavljeno v		Domain decomposition techniques for boundary elements : application to fluid flow, (Advances in boundary elements, Vol. 21). Southampton: Wit Press, cop. 2007, str. 33-67.
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID		11420694	
4.	Naslov	<i>SLO</i>	Dvo dimenzionalne vrtilčno-hitrostne enačbe simulacije velikih vrtincev za rešitev naravne konvekcije različno grete votline z valčno analizo
		<i>ANG</i>	Two-dimensional velocity-vorticity based LES for the solution of natural convection in a differentially heated enclosure by wavelet transform based BE
	Opis	<i>SLO</i>	Znanstveno delo obravnava prvi primer uspešnega razvoja metode robnih elementov za numerično simulacijo turbulentnega toka tekočine na osnovi metode velikih vrtljev (Large eddy simulation - LES). V delu je izpeljana hitrostno-vrtinčna formulacija filtriranih Navier-Stokes enačb, ki so osnova LES računskega algoritma. Računski algoritem temelji na inovativni kombinaciji metode robnih elementov, uporabljane za izračun kinematike toka in robnih vrtinčnosti, in metode končnih elementov, uporabljane za izračun kinetike toka. Razvit numerični algoritem je primeren tudi za razširitev na področje
		<i>ANG</i>	The scientific work deals with first successful attempt of development of Boundary Element Method for numerical simulation of turbulent fluid flow by means of the Large Eddy Simulation (LES). Velocity-vorticity formulation is developed of the filtered Navier-Stokes equations, presenting the basis for the LES computational algorithm. The computational algorithm is based on an innovative combination of boundary element method, used in computing flow kinematics, and finite element method, used in computing flow kinetics. The derived numerical algorithm can be extended to three-dimensional flows,
	Objavljeno v		Eng. anal. bound. elem.. [Print ed.], August 2006, vol. 30, iss. 8, str. 671-686. http://dx.doi.org/10.1016/j.enganabound.2006.02.008 .
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10549782	
5.	Naslov	<i>SLO</i>	Tok nenenewtonske tekočine skozi ravninsko simetrično razširitev: dilatantne tekočine
		<i>ANG</i>	Non-Newtonian fluid flow through a planar symmetric expansion: Shear-thickening fluids
	Opis	<i>SLO</i>	Numerično smo obravnavali tok nestisljive nenenewtonske tekočine v kanalu z nenadno simetrično razširitvijo z namenom določitve kritične vrednosti Reynoldsovega števila. Splošno znan Potenčni zakon in na inštitutu razvit Kvadratni model sta bila uporabljena za opis dilatantnega viskozne obnašanja. Numerični rezultati kažejo, da dilatantno viskozno obnašanje tekočine zniža točko prehoda simetričnega tokovnega režime v nesimetrični tokovni režim in da pomakne nastanek tretjega vrtinca k manjšim vrednostim generaliziranega Reynoldsovega števila. Članek je bil največkrat pridobljen z internetne s

	ANG	The incompressible non-Newtonian fluid flow through a symmetric sudden expansion has been studied numerically in order to obtain the critical value of Reynolds number. Well known Power law and at the institute developed Quadratic model were employed to describe the shear thickening viscous behaviour. Numerical results show that the shear thickening viscous behaviour of a fluid lowers the threshold of the transition from flow symmetry to its asymmetry and shifts the occurrence of the third vortex towards lower value of generalized Reynolds number. The paper was the most downloaded paper from t_____
Objavljeno v		Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 135, 136-148
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10390294

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Mednarodna revija dinamike tekočin ANG International journal of dynamics of fluids
	Opis	SLO International Journal of Dynamics of Fluids, katere glavni urednik je red. prof. dr. Leopold Škerget in pomožna urednika red. prof. dr. Matjaž Hriberšek in izr. prof. dr. Jure Marn. Z uredništvom te revije je slovenskim raziskovalcem dana možnost neposrednega sooblikovanja na področju mehanike tekočin in prenosa toplote, ter neposredni dostop do mednarodnih recenzentov. Vidni, čeprav le ozkemu krogu programske skupine, so mehanizmi recenzije ter tiste komparativne prednosti člankov, ki jih v posameznih okoljih posebej cenijo. Poleg priznanja uredniku je tako priložnost urejevati znanstveno rev ANG In 2005 the first issue was published. In years 2006, 2007 and 2008 two issues per year were published. This international Journal titled International Journal of Dynamics of Fluids gives opportunity to Slovenian researchers to be part of scientific process of attracting, reviewing and publishing current state of fluid mechanics and heat transfer world class research. The Editor in Chief is red. prof. dr. Leopold Škerget while red. prof. dr. Matjaž Hriberšek and izr. prof. dr. Jure Marn are Associate Editors. Even though the full process is only accessible to narrow circle of researchers within
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Delhi: Research India Publications, 2005-. http://www.ripublication.com/ijdf.html
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	9875734
2.	Naslov	SLO ECOMASS nagrada za najboljši doktorat leta 2004 na področju računskih metod v uporabnih znanostih in inženirstvu ANG COMASS Ph.D. Award to the best Ph.D. Thesis of 2004 on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering
	Opis	SLO Doktorska naloga z naslovom večobmočna metoda robnih elementov za dvoenačbne turbulentne modele avtorja Matjaža Ramšaka je bila nominirana s strani CEACM kot finalist v izboru za ECOMASS nagrado za najboljši doktorat leta 2004 na področju računskih metod v uporabnih znanostih in inženirstvu. Doktorska naloga obravnava metodo robnih elementov (BEM) za rešitev splošne difuzivno - konvektivne prenosne enačbe z spremenljivo difuzivnostjo. BEM je relativno mlada aproksimativna metoda iz poznih sedemdesetih let. Kmalu se je BEM uveljavila za reševanje laminarnih tokov. Praktično vsi inženirski pro ANG The PhD thesis titled Multidomain boundary element method for two equation turbulence models by Matjaž Ramšak Has been nominated by CEACM as finalist in the selection process to the ECOMASS Ph.D. Award to the best Ph.D. Thesis of 2004 on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering. The doctoral thesis presents a multidomain boundary element method (further 'BEM') for solving a general diffusion convective transport problem using variable diffusivity. The BEM is relatively young approximation method originated from late

		seventies. Soon BEM becomes a widely accepted for laminar
Šifra		E.02 Mednarodne nagrade
Objavljeno v		http://www.cimne.com/eccomas/html/docs/2004.doc
Tipologija		3.25 Druga izvedena dela
COBISS.SI-ID		0
3.	Naslov	<i>SLO</i> Alternative Fuels 2008, mednarodna konferenca <i>ANG</i> International conference Alternative fuels 2008
	Opis	<i>SLO</i> Mednarodna konferenca "Alternative fuels 2008" je potekala od 10-11. januarja 2008 v hotelu Piramida v Mariboru v okviru organizacije Laboratorija za motorje z notranjim zgorevanjem Fakultete za strojništvo. Konference se je udeležilo več kot 60 raziskovalcev in ekspertov iz industrije in raziskovalnih organizacij iz Velike Britanije, Španije, Italije, Bosne in Hercegovine, Srbije in Slovenije. Cilj konference je bil povezati ljudi iz različnih disciplin v cilju promocije modernih tehnologij, s katerimi lahko prispevamo k čistejšemu okolju in zanesljivejšemu razvoju naše družbe. Glavni namen j <i>ANG</i> The international conference "Alternative fuels 2008" was held on January 10-11, 2008 at the hotel Piramida in Maribor under the patronage of the Engine Research Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering. The conference was attended by more then 60 researchers and experts from industry and research institutions from England, Spain, Italy, Bosnia and Herzegovina, Serbia, and Slovenia. The goal of the conference was to bring together people from a variety of disciplines in order to promote modern technology, necessary to support the environment-friendly and sustainable development of o
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	http://fs-server.uni-mb.si/si/conf/MobilisIC/
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
	COBISS.SI-ID	59971585
4.	Naslov	<i>SLO</i> Program celovitega ravnanja z odpadki : za območje: Štajerska <i>ANG</i> Program of integral waste management: for Štajerska territory
	Opis	<i>SLO</i> Za Štajersko regijo se je izdelal program celovitega ravnanja z odpadki. Program zajema vse faze ločenega zbiranja, logistike, predelavo v centrih za obdelavo in mehanske, biološke ter termične procese, ki so vključeni v zaokrožen, vseobsegajoč in regijsko zaključen sistem ravnanja z odpadki. Za vse snovne tokove in celotno količino odpadkov so predvideni postopki zbiranja, prevozov, obdelave in odstranjevanja <i>ANG</i> For the region of Styria the integrated waste management program was prepared. The program is composed of phases of separate collection, logistics, processing in treatment centers and mechanical, biological and thermal processes that are included in rounded up, integral and regionally concluded waste treatment system. The processes of collection, transportation, treatment and disposal are foreseen for all waste streams and the complete amount of waste.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	Maribor: Fakulteta z strojništvo, 2008. 25 str., ilustr.
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija
	COBISS.SI-ID	12196630
5.	Naslov	<i>SLO</i> Končno poročilo o razvoju sistema za neporušitveno kontrolo tesnjenja spoja uparjalnikov <i>ANG</i> Final report on development of non-destructive system for testing of steam generator joint sealing
	Opis	<i>SLO</i> V sodelovanju s podjetjem Gorenje Indop smo razvili novo računalniško podprto merilno metodo za neporušitveno kontrolo tesnjenja notranjega spoja hladilniških uparjalnikov v proizvodnji hladilniških komponent podjetja Gorenje Mekom iz Rogatca. Novi kontrolni sistem uspešno zamenjuje postopek testiranja s porušitvijo vzorca in omogoča 100 % kontrolo.

	ANG	A new computer aided measurement system for inward leakage detection of plate evaporator has been developed in coloboration with Gorenje Indop. The system has been integrated into the refrigerator components production line in Gorenje Mekom, Rogatec, and it has sucessfully replaced the old destruction-based control method. 100 % control is, therefore, possible.
Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. 33 f., ilustr.	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	9635350	

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Za razvoj znanosti je ključnega pomena, da je skupina sposobna povezati sodobna inženirska orodja s teoretičnimi problemi. To nam je uspelo zlasti na naslednjih področjih:

(a) prvi primer uspešnega razvoja metode robnih elementov za numerično simulacijo turbulentnega toka tekočine na osnovi metode velikih vrtljev (Large eddy simulation - LES). V delu je izpeljana hitrostno-vrtinčna formulacija filtriranih Navier-Stokes enačb, ki so osnova LES računskega algoritma. Računski algoritem temelji na inovativni kombinaciji metode robnih elementov, uporabljane za izračun kinematike toka in robnih vrtinčnosti, in metode končnih elementov, uporabljene za izračun kinetike toka. Razvit numerični algoritem je primeren tudi za razširitev na področje prostorskega toka, kakor tudi za razširitev na področje večfaznih tokov.

(b) gibanje kosmov v suspenziji, ki je delovna zmes na biološki čistilni napravi, pri čemer je največja pozornost namenjena geometrijskim in sedimentacijskim lastnosti kosmov, ki so ključni parametri pri razvoju numeričnega postopka za simulacijo gibanja kosmov ter analizam oblik kosmov, velikosti primarnih delcev ter kosmov, poroznosti ter prepustnosti kosmov in gostote kosmov.

(c) vpliv biodizelskega goriva na karakteristike vbrzganja, curka goriva in motorja v cilju zmanjšanja škodljive emisije s testom na avtobusnem dizelskem motorju z M sistemom vbrzganja. Karakteristike procesa vbrzganja, curka goriva in motorja, dobljene z biodizlom, so primerjane s karakteristikami, dobljenimi z mineralnim dizelskim gorivom pod različnimi delovnimi pogoji. Obravnavano gorivo je čisti biodizel iz oljne ogrščice. Dobljeni rezultati so uporabljeni za analizo najpomembnejših karakteristik vbrzganja, curka in motorja. Rezultati kažejo, da je pri uporabi biodizla možno zmanjšati škodljivo emisijo (NOx, CO, saje in HC) z ustrezno nastavitvijo statičnega kota vbrzga.

(d) reševanje problema naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije v porozni snovi z uporabo Robno Območne Integralske Metode. Ohranitvene enačbe so ustrezno transformirane ter rešene z uporabo programskega paketa BEEAS, Boundary Element Engineering Analysing System, ki je ustrezno dopolnjen za reševanje toka tekočine po porozni snovi. Izpeljan numerični algoritem je testiran na primeru naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije za številne geometrije ter robne pogoje.

Seveda se je skupina ukvarjala še z drugimi pomembnimi znanstvenimi aspekti, zapisani so le najpomembnejši rezultati

ANG

It is tantamount for success of scientific development that modern tools can be utilized efficiently in order to connect theory with research practice. We claim to have succeeded with the following emphasis:

(a) First example of successful development of boundary element methods for numerical simulation of turbulent flow based on large eddy simulation. In this part the velocity-vorticity formulation of filtered Navier-Stokes equations was carried out (base for LES computational algorithm). The computational algorithm is based around innovative combination of boundary element method used for calculation of flow kinematics and boundary vorticity, and finite element method used for flow kinetics. The developed computational method is also suitable for extension in the area of 3D low as well as extension into multiphase flows.

(b) Movement of flocs in suspensions, as they appear in biological wastewater treatment plants was studied. A special attention in experimental research is given to the geometrical and sedimentation characteristics of solid flocs, key parameters for developing a fast numerical procedure for simulating flocs' movements. An extensive analysis regarding the floc shape, size distribution of primary particles and flocs, porosity of flocs and permeability, and density of flocs is presented.

(c) Study of influence of biodiesel on the injection, spray, and engine characteristics with the aim to reduce harmful emissions. The considered engine is a bus diesel engine with injection M system. The injection, fuel spray, and engine characteristics, obtained with biodiesel, are compared to those obtained with mineral diesel under various operating regimes. The considered fuel is neat biodiesel from rapeseed oil. The obtained results are used to analyze the most important injection, fuel spray, and engine characteristics. The results indicate that, by using biodiesel, harmful emissions (NO_x, CO, smoke, and HC) can be reduced to some extent by adjusting the injection pump timing properly.

(d) problem of double diffusive natural convection with Boundary Domain Integral Method is considered. The governing equations are properly transformed and solved with use of programme package BEEAS, Boundary Element Engineering Analysing System, where the existing code is completed for the case of porous media. The derived numerical algorithm is tested for the case of double diffusive natural convection for several different geometries and boundary conditions.

Of course other scientific work was as important, the above referenced works were only highlights of the results.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Razvoj slovenske industrije, znanosti in tudi aplikacij na področju prenosnih pojavov ni vezan izključno na inženirske probleme, pomembna je tudi diseminacija rezultatov. V letu 2005 izšla prva številka, in nato vsako leto po dve številki mednarodne znanstvene revije International Journal of Dynamics of Fluids, katere glavni urednik je red. prof. dr. Leopold Škerget in pomožna urednika red. prof. dr. Matjaž Hriberšek in izr. prof. dr. Jure Marn. Z uredništvom te revije je slovenskim raziskovalcem dana možnost neposrednega sooblikovanja na področju mehanike tekočin in prenosa toplote, ter neposredni dostop do mednarodnih recenzentov. Poleg tega smo organizirali mednarodno konferenco "Alternative fuels 2008" je potekala od 10-11. januarja 2008 v hotelu Piramida v Mariboru. Konference se je udeležilo več kot 60 raziskovalcev in ekspertov iz industrije in raziskovalnih organizacij iz Velike Britanije, Španije, Italije, Bosne in Hercegovine, Srbije in Slovenije. Cilj konference je bil povezati ljudi iz različnih disciplin v cilju promocije modernih tehnologij, s katerimi lahko prispevamo k čistejšemu okolju in zanesljivejšemu razvoju naše družbe. Glavni namen je bil vzpodbuditi sodelovanje med raziskovalci in prenos znanja med raziskovalnimi inštitucijami in industrijo. Še več, skupina se v preteklih letih pričela ukvarjati tudi z bio-tehničnimi aplikacijami kot naravna nadgraditev svojih dosedanjih izsledkov.

ANG

The development of Slovenian industry, science as well as application in the area of transfer phenomena is not connected exclusively to the engineering problems, dissemination of the results may be equally important. To that goal the group partook in publication in International Journal of Dynamics of Fluids with prof.dr. Leopold Škerget as Editor-in-Chief and associate editors prof.dr. Matjaž Hriberšek and Associate professor dr. Jure Marn. Having opportunity to edit this Journal Slovenian research gained possibility to shape to some extent research direction in fluid mechanics and heat transfer, and have direct access to accomplished reviewers in the field. In addition, the international conference "Alternative fuels 2008" was held on January 10-11, 2008 at the hotel Piramida in Maribor. The conference was attended by more than 60 researchers and experts from industry and research institutions from England, Spain, Italy, Bosnia and Herzegovina, Serbia, and Slovenia. The goal of the conference was to bring together people from a variety of disciplines in order to promote modern technology, necessary to support the environment-friendly and sustainable development of our society. The main focus was to enhance research collaboration and knowledge transfer between research institutions and industry. Further, the group started to transfer the knowledge into bio-technological field as natural upgrade of scientific and engineering results.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	11	
- doktorati	12	10
- specializacije	2	

Skupaj:	25	10
----------------	----	----

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	6	1	
- gospodarstvo	6	1	2
- javna uprava		8	
- drugo		1	
Skupaj:	12	11	2

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	International Journal of Dynamics of Fluids, ISSN 0973-1787, http://www.ripublication.com/ijdf	47/3/47
2.	Strojniški vestnik, cobiss.si-ID 762116, http://www.fs.uni-lj.si/sv(2004-2007)	24/2/12
3.	POPOV, Viktor (ur.), POWER, Henry (ur.), ŠKERGET, Leopold (ur.). Domain decomposition techniques for boundary elements : application to fluid flow, (Advances in boundary elements, Vol. 21). Southampton: Wit Press, cop. 2007, str. 33-67. [COBISS.SI-ID 11420694]	1/1/1
4.	International Journal of Engineering Modeling, ISSN 1330-1365, http://www.gradst.hr/engmod/	1/1
5.	Engineering Analysis with Boundary Elements, ISSN 0955-7997, http://www.elsevier.com/locate/enganabound	5/1
6.	Alternative Fuels 2008, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, 10.-11. January 2008. Conference proceedings. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, 2008. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-248-068-4. Sistemske zahteve: Windows XP, IE 6.0. [COBISS.SI-ID 59971585]	27/3/27
7.	Seminar Alternativna goriva v Sloveniji : zbornik prispevkov : Maribor, 24. november 2006. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 86-435-0812-8. Windows XP, IE 6.0. [COBISS.SI-ID 57771777]	14/3/14
8.	Prednosti uporabe alternativnih goriv v Sloveniji. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 48 str., graf. prikazi, fotogr. ISBN 86-435-0775-X. [COBISS.SI-ID 56895489]	6/3/6
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
----------------------------------	---------

- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	8
Skupaj:	8

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

TREN/04/FP6EN/S07.37886/513562; MOBILIS-CIVITAS II; Mobility Initiatives for Local Integral and Sustainability.

Sodelava na mednarodnem raziskovalnem projektu v okviru iniciative MNT ERA NET z naslovom Vascular Graft Interfaces; šifra projekta 3211-07-000024. (2007-2010)

"Influence of non-Newtonian rheological models on blood hemodynamic in vascular system" (World Federation of Scientists National Scholarship, Contract Number: SZF - P.Ternik/WFS - 01/2007)

Izr. prof. dr. Jure Marn je predstavnik Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, kot član Evropskega strateškega foruma o raziskovalni infrastrukturi - ESFRI -European Strategy Forum of Research Infrastructures.

Sodelovanje v programu HPC Europa skupno z Univerzo v Stuttgartu (2 meseca) in Univerzo v Udinah. (1 mesec). Sodelovanje z Univerzo v Udinah v okviru Alpe-Adria univerzitetne povezave (5 mesecev). Sodelovanje z Wessex Institute of Technology, Southampton, UK (3 mesece).

Alexander von Humboldt Foundation: Advanced computational engineering mechanic, Institutional cooperation between University of Erlangen-Nuernberg, Chair of applied mechanics, and University of Maribor, Institute of power, process and environmental engineering, Institute of construction and design.2004-2006.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

Mednarodni projekti:

- AVH Foundation; Friederich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg; BEM for Visco-elastic flow; 2002-2005,

- AVH fundation; Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg; Fast BDIM for Transprot Problems,

- 397-23/2004/1/18; URSJV, NEK; Sodelovanje v mednarodnih raziskovalnih programih CAMP, CSARP in COOPRA; 2004-2005.

Projekti sklenjeni z ministrstvi in drugimi javnimi zavodi:

- Pog. št. 534-I-0011/2008; Javna agencija RS za energijo; Izdelava podlag za določitev nadomestnih odjemnih značilnosti za odjemalce zemeljskega plina; 2008,

- Pog. št. 534-I-0012/2007; Javna agencija RS za energijo; Analiza vpliva dejavnikov na porabo zemeljskega plina karakterističnih odjemalcev; 2008,

- 2513-05-397046; MOP-URSJV; Usposabljanje o možnih nezgodah v jedrskih elektrarnah z demonstracijo le-teh na modelu jedrske elektrarne; 2005

- 2513-05-397022; MOP-URSJV; Uporabnost programov za računalniško dinamiko tekočin za simulacijo termodinamičnih pojavov v Nuklearni elektrarni Krško; 2005,

- 2511-04-700059; MOPE; Študija za izgradnjo incineracijske naprave za medicinske odpadke v Univerzitetnem Kliničnem Centru Srbije (UKCS); 2004,

- 35306-00004; MOM; Analiza možnosti predelave blata iz Centralne čistilne naprave Maribor;

2004,

- 11/JNMV-2004/S; Mesta občina Celje in Javne naprave d.o.o.; Izdelava študije "Možnosti predelave komunalnih odpadkov v Centru za ravnanje z odpadki Celje iz blata iz Centralne čistilne naprave odpadnih vod Celje"; 2004;

- 404-10-277-2004-1; MORŠ; Izdelava študije izvedljivosti "Ravnanje z odpadnimi vodami v SV", 2005.

Industrijski in drugi projekti:

- 123-03-PVO; TEŠ; Raziskava časovnih in temperaturnih pogojev zgorevanja mesno kostne moke TEŠ; 2004,

- P-317/2004; Snaga JP d.o.o., Surovina; Študija izvedljivosti projekta "Proizvodnja industrijskega goriva in okolju prijazna energija"; 2004-2005,

- 05/04-FS; IBJ d.o.o.; Sežig odpadnih olj - Petrol energetika Ravne; 2004;

- P. št. 40/05 in aneks št. 2 k pogodbi 40/05; Turboinštitut; Razvoj verzibilne črpalke-turbine; 2005-2006;

- P. št. 131/07-36/ZŽ; Hella Lux Slovenia d.o.o.; Numerično modeliranje termohidravličnih razmer v BMW megljenki; 2007,

- P-153/2008; Hella Saturnus Slovenija; Razvojno-raziskovalno sodelovanje; 2008,

- P. št. 5/74-07; Cimos d.d.; Razvojno raziskovalno delo - izpušni kolektorji; 2007,

- P-IEPOI-07/07; Talum d.d., Kidričevo; Primerjava hladilne moči cevno lamelnega (NO-FROST) in ploščnega (ROLL-BOND) izparilnika za potrebe gospodinjskih hladilnih aparatov znamke BOSCH; 2007,

- 12/JNMV-12/2005-S; Izdelava projekta "Primerjava variant in tehnologij ravnanja z odpadki v okviru CERO Celje; 2005,

- WV term d.o.o.; Izvedba meritev emisij; 2006,

- Pog. št. 06/06; Cinkarna Celje; Numerično modeliranje in simulacija disperzije prahu s površine deponirane sipke titanove sadre, pri izvajanju programa sanacije in rekultivacije mokrih odlagališč sadre Cinkarne Celje, na lokaciji Za Travnikom,

- Etiks Štore; Meritve emisij dimnih plinov; 2006-2007,

- Kolign d.o.o., Sp. Idrija; Meritve emisij dimnih plinov; 2006,

- Pog. št. P-9/IEPOI-1/2008; Surovina d.d.; Izdelava študije "Proizvodnja alternativnega goriva iz ostankov odpadkov"; 2008,

- Andino Hydropower Engineering; DMS meritve na delu cevovoda; 2004,

- P-139/2005; Gostol TST d.o.o., Povečanje pretoka abraziva v PEP 300 turbini in s tem povečanje njene maksimalne moči; 2005,

- P-139/05; Gostol TST d.o.o., Meritve turbin PEP 300; 2007,

- Gorenje Rogatec; Meritve pretoka v kapilarni cevi; 2007,

-Hydrovita d.o.o.; Raziskava vpliva ploščice na delovanje motorja; 2004,

- Pog. št. IEPOI-06/07; Tanin Sevnica d.d.; Postavitev projekta za dvig učinkovitosti pralnika plina na sušilniku NIRO; 2007;

- Solarni termo sistemi (STS); Analiza polikarbonatnih sončnih kolektorjev; 2006.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v

pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Članstvo v združenju ERCOFTAC: European Research Community On Flow Turbulence And Combustion; Avstrijsko-Madžarsko-Slovenski pilotni center; 2005-2008.

Sodelovanje z RRCOT-om (RRCOT - Razvojno raziskovalni center okoljskih tehnologij, Bukovžlak 30, 3221 Teharje). V okviru tega sodelovanja nastajajo različne študije, razvojni projekti in dokumentacija, kot jo predvideva Zakon o graditvi objektov.

Razvoj inovacijskega okolja slovenske industrije za klimatizacijo, gretje in hlajenje; Vzpostavitev mreže laboratorijev KGH. Slovenski grozd za klimatizacijo, gretje in hlajenje. 2004

Svetovanje Mestni občini Celje in Mestni občini Maribor na področju ravnanja z odpadki.

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Učbenik: Termodinamika
Opis	Učbenik Termodinamika je namenjen študiju strojništva, tako študentu UNI kot VSS programa. Poleg dejstva, da predstavlja sodoben pogled na inženirsko termodinamiko je pomemben tudi zato, ker je v njem zajeta zapuščina lani preminulega drugega avtorja, ki je na Fakulteti in še prej Visoki tehniški šoli predaval in vodil vaje iz termodinamike dolga desetletja.
Objavljeno v	Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. XX, 364 str., graf. prikazi. ISBN 86-435-0778-4
COBISS.SI-ID	57040385

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Uporabne strojniške izkušnje: modeliranje toka krvi
Opis	V obravnavanem prispevku so povzete analize toka krvi in analiza dogajanja v karotidni arteriji. Gre za povezavo med mehaniko tekočin oziroma prenosnimi pojavi ter biološkimi pojavi v človeškem telesu, ki imajo lahko za rezultat nepravilno strjevanje krvi, degradacijo žilnih okolij ter tvorbo strdkov. Z možnostjo računalniških analiz lahko simuliramo dogajanje v žilah v namen preprečitve ter z namenom analize žilnih vsadkov.
Objavljeno v	Delo (Ljubl.), 27. dec. 2007, leto 49, str. 11, ilustr
COBISS.SI-ID	11998998

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Mehanika tekočin, Prenos toplote, Procesna tehnika, Motorji z notranjim zgorevanjem, Toplotni stroji, Prenosniki toplote, Eksperimentalne metode v energetskem in procesnem strojništvu, Goriva, Dinamika tekočin večfaznih sistemov, Dinamika stisljive tekočine, Računalniška dinamika tekočin - CFD, Inženirstvo okolja, Procesni zgorevanja in sežiganja, Ravnanje z odpadki, Matematično modeliranje procesnih in ekoloških sistemov, Klimatizacijska tehnika, Ekološka problematika vozil in motorjev z notranjim zgorevanjem
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni študij - Strojništvo, smer Energetika in procesno strojništvo in Okoljevarstveno inženirstvo
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

2.	Naslov predmeta	Izbrana poglavja iz mehanike tekočin, Sistemska ureditev okolja, Prenos toplote, Prenos snovi, Procesi zgorevanja, Računalniška dinamika tekočin, Okoljsko inženirstvo, Eksperimentalne metode v raziskovalnega dela, Motorji z notranjim zgorevanjem, Modeliranje večfaznih sistemov, Varnost in zanesljivost v procesni tehniki, Radioaktivnost in sevanje v okolju, Matematično modeliranje okoljskih sistemov, Gospodarjenje z odpadki, Varstvo pred hrupom
	Vrsta študijskega programa	Magistrski študij in enovit doktorski študij - Strojništvo, modula Računalniško modeliranje toplotno-tokovnih prenosnih pojavov in Snovna in energijska izraba odpadkov
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
4.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
5.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
6.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
7.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.01.03.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj						
G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj						
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	20.400
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Nanostrukturni kovinski kompoziti

S kombinacijo hitrega strjevanja in notranjega ogljičenja smo izdelali diskontinuirni kompozit Cu-C s submikrometrsko velikostjo grafitnih delcev.

Z eksperimenti smo potrdili hipotezo, da na defekti, ki jih ustvarimo v mikrostrukturi s hitrim strjevanjem, med procesom notranjega ogljičenja segregirajo atomi ogljika. Z naraščanjem koncentracije ogljika na teh mestih se po določenem času notranjega ogljičenja ustvarijo termodinamski pogoji za tvorbo grafitnih klasterjev in ob preseženi njihovi kritični velikosti pogoji za izločanje nano-metrskih grafitnih delcev.

Volumski delež in velikost izločenih grafitnih delcev sta odvisna od izhodne hitro strjene mikrostrukture, temperature in časa notranjega ogljičenja.

Proces notranjega ogljičenja poteka brez pojava precipitacijske fronte, s sočasnim izločanjem grafitnih delcev po celotnem volumnu, potem ko se v trdni raztopini matice doseže, na defekti v kristalni mreži pa preseže nasičenost ogljika. Kinetika izločanja finih precipitativ sledi parabolični odvisnosti od časa, volumski delež in velikost C-precipitativ pa naraščata s časom notranjega ogljičenja. Največja gostota in najbolj enakomerna razporeditev C-delcev je bila dosežena pri gašenih vzorcih, kar kaže, da so praznine oz. klasterji praznin najbolj primeren element kristalne mreže za tvorbo grafitnih delcev. Čeprav je povečana koncentracija praznin nad ravnotežno pri visokih temperaturah nestabilna in bi morali ti defekti po teoriji pri povišani temperaturi anihilirati, pa prisotnost majhne količine kisika, ki je raztopljen v čistem bakru, stabilizira te defekte. Po delni notranji oksidaciji Cu-C trakov je dobljena mikrostruktura sestavljena iz dveh različnih con: iz (i) cone notranje oksidacije z enakomerno razporejenimi plinskimi porami v Cu matici in iz (ii) neoksidiranega dvofaznega področja z C-delci v Cu-matici. Razporeditev plinskih por v coni NO je podobna razporeditvi C-delcev v še neoksidiranem dvofaznem področju, pri čemer so plinske pore večinoma bolj okrogle in nekoliko večje kot C-delci, njihovo število pa je po volumnu nekoliko manjše. Posneti EELS spektri O K za kisik, ki se nahaja v plinski pori pod površjem, imajo maksimalno višino pika pri 540 eV; oblika in lega krivulje pa sta značilni za molekularni kisik. V primeru posnetega EELS spektra O K v področju matice ima le-ta značilnosti za kisik, ki je vezan v Cu(II)O oksid.

V prvi stopnji NO poteka v Cu matici reakcija med grafitom in raztopljenimi kisikovimi atomi kot direktna notranja oksidacija, v drugi stopnji, pa preide reakcija na indirektno preko plinske faze CO₂, ki prenaša kisik do grafita. Po daljših časih NO začne potekati proces sferoidizacije plinskih por. Pri prelomu popolnoma notranje ogljičenih Cu-C trakov nastane prelomna površina z jamicami, ki so karakteristične za duktilne porozne materiale.

Pri študiju oksidacije grafita v Cu-matici je bil izveden izvirni eksperiment s t.i. makro-preizkušancem, ki je omogočal določitev kinetike oksidacije grafita in ugotavljanje tlakov, ki pri tej reakciji nastanejo. Hitrost oksidacije grafitnega delca v notranjosti Cu-matice je parabolična funkcija časa. Takšna kinetika je posledica naraščanja tlaka plinskih produktov in prehoda oksidacije na indirektno zgorevanje (dotok kisika na površino grafita poteka preko CO₂). Pri reakciji raztopljenega kisika z grafitom nastajajo plini (CO, CO₂), ki ustvarjajo tlačne napetosti v Cu matici. Velikost teh napetosti smo ocenili na $3 \times 10^{(exp+6)}$ Pa.

Tehnologije aluminijevih zlitin, ki vsebujejo kvazikristale

Razvili smo več zlitin Al-Mn-Be, ki vsebujejo metastabilno kvazikristalno fazo. Zlitine so bile izdelane z vakuumskim indukcijskim taljenjem in litjem. V začetnem stanju (po vakuumskem taljenju in litju) so bile zlitine sestavljene iz trdne raztopine na osnovi aluminija in dveh metastabilnih intermetalnih faz: Be₄AlMn in Al₁₀Mn₃(Be). Vse preiskane zlitine so se talile v relativno širokem temperaturnem intervalu (med 230 °C in 310 °C). To dejstvo je predstavljalo temeljni razlog, da so bili v hitrostrjenem traku neraztaljeni delci Be₄AlMn in Al₁₀Mn₃(Be). Z optimiranjem parametrov hitrega strjevanja na vrtečem kolesu (melt spinning) smo v trakovih debeline med 30-200 um dosegli mikrostrukturo iz trdne raztopine na osnovi aluminija in majhnih, enakomerno porazdeljenih kvazikristalnih delcev. Disperzija kvazikristalnih delcev je bila najbolj drobna na notranji strani traku, kjer je trdota dosegla vrednosti 200-300 HV.

Podrobna raziskava kvazikristalne faze je pokazala, da ima primitivno ikozaedrično zgradbo. Vsebnost Mn v kvazikristalni fazi je bila med 14 at. % in 16 at. %, vsebnost Be med 30 at. % in 40 at. %, preostali delež je bil aluminij. Srednja sestava je bila 35 at. % Be, 15 at. % Mn in 50 at. % Al. Koncentracija valenčnih elektronov e/a za to sestavo je bila 1,65. Če upoštevamo, da je bila natančnost meritve ± 20 % leži koncentracija valenčnih elektronov med 1,40 in 1,90. To je značilno za spd-kvazikristale (Mackay tip, najbolj značilne vrednosti so med 1,7 in 1,9), med katere spadajo kvazikristali iz binarne zlitine Al-Mn. Be v kvazikristalu substitucijsko zamenja Al v znatni meri. S tem smo potrdili domnevo, da lahko povečano nagnjenje k nastanku kvazikristalov v zlitinah Al-Mn ob dodatku Be pripišemo vgraditvi Be v kvazikristalno fazo.

Prav tako smo raziskali zlitine Al-Mn-Be, ki smo jih ulili v bakreno kokilo (ohlajevalna hitrost je bila mnogo manjša kot pri postopku melt-spinning, ocenjujemo da okoli 1000 °C/s). Lita mikrostruktura je bila sestavljena iz ikozaedrične kvazikristalne faze (i-faze), faze Be₄AlMn in mestoma tudi heksagonalne faze (H-faze) Al₁₀Mn₃(Be). Trdna raztopina na osnovi Al je predstavljala večinsko fazo. Kemijsko sestavo smo ugotavljali s spektroskopijo Augerjevih elektronov. Sestava i-faze je bila približno Al₅₂Mn₁₈Be₃₀, torej podobno kot v hitro strjenih trakovih. Globoko jedkanje in ekstrakcija delcev nam je dala poglobljen vpogled v tridimenzijsko obliko faz. Odkrili smo, da je H-faza pretežno v obliki heksagonalnih ploščic. Kvazikristalna i-faza se pojavlja v več oblikah: 1) zaobljeni delci, ki so pritrjeni na delce Be₄AlMn, 2) dendriti i-faze in 3) paličasta evtektična i-faza. Morfologijo i-faze si lahko pojasnimo z njeno prednostno rastjo v smereh s trištevno simetrijo in dejstvom, da imajo petštevne fasete najmanjšo prosto energijo. Zaradi tega imajo delci i-faze težnjo po fasetiranju in pogosto imajo obliko pentagonalnih dodekaedrov. Preiskave s TEM so pokazale precejšnje fazonske deformacije (angl. »phason strain«) v i-fazi in prisotnost nanometrskih domen v Be₄AlMn. Rezultati raziskav so pokazali, da lahko v izdelanih zlitinah dosežemo nastanek metastabilne kvazikristalne faze pri zmernih ohlajevalnih hitrostih, vendar pa ne moremo doseči načrtovane dvofazne mikrostrukture sestavljene iz trdne raztopine na osnovi Al in kvazikristalne faze. V izdelanih zlitinah je bil delež Be prevelik, zato je olajšal nastanek H-faze, ki je imela sestavo blizu Be₄AlMn. Pri nadaljnji preliminarni raziskavi smo ugotovili, da lahko s primerno izbiro kemijskih elementov in njihovim deležem (Al₉₄Mn₂Be₂Cu₂) zmanjšamo težnjo po nastanku kristalnih intermetalnih spojin in povečamo nagnjenje k nastanku kvazikristalne faze. Ikozaedrična faza (i-faza) je bila navzoča v obliki dendritnih delcev in kot sestavni del evtektika (paličasta i-faza v $\overline{B2}$ -Al). Med žarjenjem pri 500 °C je iz paličastih evtektičnih delcev nastalo večje število kroglastih delcev, medtem ko so primarni dendriti i-faze dobili bolj kroglasto obliko. Delež Cu v i-fazi se je povečal. Znotraj i-faze in na meji med i-fazo in $\overline{B2}$ -Al je nastala faza bogata s Cu in Be. Faza $\overline{B2}$ -Al₂Cu se je v celoti raztopila. Raztopljeni Cu in $\overline{B2}$ -Al predstavlja potencial za spreminjanje razmerja trdnost/raztezek z izločevalnim utrjanjem. Tako zlitina Al₉₄Mn₂Be₂Cu₂ predstavlja obetajočo podlago za nadaljnji razvoj Al-livnih zlitin, ki vsebujejo kvazikristalne in s tem novih materialov z zanimivo kombinacijo lastnosti.

Razvoj materialov z oblikovnih spominom za mikrokomponente

Za zelo primeren postopek hitrega strjevanja v eksperimentalni fazi se je izkazal postopek melt spinning, saj so parametri strjevanja lahko zelo podobni parametrom pri postopku planar flow casting, ki je primeren za industrijsko proizvodnjo tankih in širokih hitro strjenih trakov. Z optimiranjem parametrov smo dosegli za melt spinning izredno veliko širino, do 10 mm, in debelino trakov, 0,5 mm in več, v kombinaciji z zaželenimi karakteristikami mikrostrukture: a) martenzitno stanje, kar pomeni, da so imeli trakovi oblikovni spomin že v litem stanju; b) enoplastna mikrostruktura (debelina trakov je enaka višini kristalnega zrna), kakršna naj bi bila po literarnih virih najugodnejša za doseganje velikih reverzibilnih raztezkov (spominskega efekta); c) trakasta tekstura, ki še dodatno poveča dosegljive reverzibilne deformacije; tekstura je dokazana posredno, z meritvami modula elastičnosti kristalnih zrn na različno orientiranih prerezih trakov po metodi univerzalne trdote. O kombinaciji naštetih karakteristik z doseženimi velikimi dimenzijami prečnega prereza trakov v literaturi še nismo zasledili poročil. Z dodajanjem majhnih količin bora smo izboljšali deformabilnost trakov, ne da bi bor preprečil nastanka stebraste enoplastne strukture trakov - to kaže na veliko verjetnost, da je mogoče (kljub nasprotujočim literarnim podatkom) kombinirati ugodne vplive modifikatorjev (povečanje duktilnosti) in enoplastne usmerjene strukture trakov. Pri nateznih preizkusih smo trakovom z dodatkom bora izmerili do trikrat večje razteznosti kot trakovom sicer enake kemijske sestave in dimenzij brez bora. Tudi natezne trdnosti so bile pri trakovih z borom bistveno večje. Z EDS analizami smo boridne delce identificirali kot aluminijev dodekaborid AlB_{12} . Toplotna obdelava je v vseh primerih izboljšala duktilnost, čeprav so imeli trakovi že v litem stanju martenzitno strukturo in oblikovni spomin. S tem smo potrdili nujnost toplotne obdelave tudi za hitro strjene zlitine Cu-Al-Ni, ki imajo oblikovni spomin že v litem stanju in posredno dokazali, da v litem stanju struktura ni nujno popolnoma martenzitna, čeprav s svetlobno in rastrsko elektronsko mikroskopijo ni mogoče dokazati prisotnosti drugih faz. Optimirali smo parametre toplotne obdelave (raztopno žarjenje in staranje) za hitro strjene trakove Cu-Al-Ni. Iz že znanih metod treninga in preizkušanja dvosmernega oblikovnega spomina (TWSME) smo izpeljali postopka, ki sta primerna za trening in preizkušanje tankih trakovi iz materialov z majhnimi reverzibilnimi deformacijami (zlitine Cu-Al-Ni), hkrati pa sta tudi enostavna in tehnološko nezahtevna. Razvili in izdelali smo ustrezno napravo za trening in preizkušanje TWSME ter uspešno izvedli trening in testiranje TWSME. Na področju karakterizacije mikrostruktur smo kot prvi v Sloveniji uvedli SEM z ionsko puško (FIB) in metodo uspešno uporabili pri preiskavah vzorcev spominskih zlitin. Ker običajne metode (DTA, DSC) določanja temperatur martenzitne transformacije zahtevajo vzorce, premajhne za nadaljnje teste, smo kot alternativni postopek uvedli meritve električne upornosti z merilno celico, ki smo jo sami razvili, izdelali in patentirali, dovoljuje pa poljubno velike vzorce. Skladnost z rezultati DSC potrjuje, da je nova metoda uspešna. Na področju metalurgije prahov smo za preizkuse smo izbrali sintranje s hladnim kompakiranjem, saj je bil poglavitni namen raziskav preizkus kar se da preproste in poceni alternativne metode izdelave elementov iz SMA. Ker uporaba martenzitnih prahov ni mogoča, saj bi se v tem primeru med sintranjem aktiviral oblikovni spomin in razrahljal obdelovanec. Zato je potrebno prah pred stiskanjem žariti. V nasprotju s podatki iz literature smo ugotovili, da po beta-žarjenju ne zadošča ohlajanje na zraku, niti upočasnjeno ohlajanje v peči. Da preprečimo martenzitno transformacijo je potrebno ohlajanje prekiniti pri evtektoidni temperaturi, s tem pa se pričakovane prednosti hladnega stiskanja precej zmanjšajo. Raziskave in poskusi na področju valjanja trakov Cu-Al-Ni so pokazale da je hladno valjanje da je primeren postopek za izboljšanje kakovosti površine in za deformacijsko utrjevanje trakov. Če stopnja deformacije pri valjanju ni prevelika, so trakovi v hladno valjanem stanju še vedno primerni za izkoriščanje enosmernega (SME) ali dvosmernega (TWSME) spominskega efekta, ob tem da so napetosti, potrebne za psevdoplastično deformacijo večje kot pri nevaljanih trakovih, dosegljiva velikost efekta pa je zaradi povečane gostote dislokacij manjša kot pri nevaljanih trakovih. Za doseganje maksimalne velikosti spominskega efekta je potrebno bodisi vroče valjanje ali ponovna toplotna obdelava. Raziskave zlitin Cu-Al-Ni smo razširili še na področje biokompatibilnosti. V sodelovanju z zunanjimi inštitucijami smo izvedli preliminarne teste citotoksičnosti hitro strjenih zlitin. Rezultati so obetavni – nakazujejo verjetnost, da utegnejo biti hitro strjene Cu-Al-Ni zlitine, kljub splošno sprejetemu mnenju o nasprotnem, primeren material za aplikacije, kjer je stik z živim tkivom relativno kratek. Na področju raziskav zlitin Ni-Ti, so najpomembnejši dosežki napredek pri optimiranju parametrov hitrega strjevanja in dognanje, da trening ugodno vpliva na velikost enosmernega SME.

Izdelava spojev z mikrostrukuro, ki zagotavlja trajnost njihovih lastnosti

Nosilnost ciklično obremenjenih varjenih kovinskih konstrukcij je odvisna od dimenzij konstrukcijskih komponent, kvalitete uporabljenega materiala, oblike spojev in inicialnih napak. Inicialne napake zmanjšajo trdnost zvarov. Vplivnost napak je odvisna od njihove velikosti, lastnosti materiala ter od velikosti in značaja napetosti:

1. Morebitni obstoj makro napak nadziramo z neporušitvenimi metodami, katerih zaznavnost in

ekonomska uporabnost sta pri majhnih napakah omejeni.

2. Mikrostrukturo in lastnosti materiala zvarov je med varjenjem težko natančno načrtovati in nadzorovati.

3. Napake, ki so primerljive z največjimi mikrostrukturnimi enotami kovinskega materiala, so mikro napake.

Učinek mikro napak na trdnost materiala ni proporcionalen z njihovo velikostjo kot v primeru makro napak. Mikro napake na TVP so lahko posledica že obstoječih napak v osnovnem materialu, medtem ko se tiste v varu pojavijo med varjenjem ali kmalu po varjenju. Pogosto pa gre za površinske mikro napake, ki nastanejo zaradi varjenja in manipulacije z varjenimi izdelki.

Raziskali smo vpliv dveh vrst umetnih mikro napak na ciklično trdnost enega grobozrnatega martenzitnega jekla. Takšno jeklo je značilno za tisto področje najbolj kakovostnih zvarov, kjer nastanejo pri cikličnih obremenitvah razpoke zaradi utrujenosti materiala. To je grobozrnati del TVP zvarov na prehodu na var. Eksperimentalno smo analizirali kakšen učinek imajo zaostale napetosti, ki so posledica izdelave umetne mikro napake na pojavljanje razpok iz teh napak.

Razlog za zaostale napetosti pri nastanku mikro napak je prostorsko omejena ireverzibilna plastična deformacije elasto-plastičnega materiala. Obe umetni mikro napaki sta bili tako veliki, da sta teoretično imeli glede na svojo velikost enak vpliv na nastanek razpok zaradi utrujenosti materiala.

Vendar pa so zaostale napetosti, ki so posledica izdelave teh dveh umetnih mikro napak, v enem primeru zavirale nastanek razpok, v drugem pa ga pospešile. Tako začetna faza nastajanja razpok zaradi utrujenosti materiala ni bila odvisna le od velikosti umetnih mikro napak in od ravni ciklične napetosti, ampak tudi od razporeditve zaostalih napetosti. Zaostale napetosti vplivajo na življenjsko dobo komponent s takšnimi mikro napakami. Da smo sploh lahko kvantitativno ovrednotili vpliv zaostalih napetosti, smo umetne mikro napake izdelali enkrat z zaostalimi napetostmi, drugič pa brez njih. Kombinirali smo termično obdelavo v metalurški peči s pripravo mikro napak. Tako smo izdelali vzorce grobozrnatega martenzitnega jekla s površinskimi napakami, ko zaostale napetosti obstojajo in ko ne obstojajo.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Raziskovalno delo v okviru programske skupine je v obdobju 2004-2008 potekalo v skladu s terminskim planom raziskovalnega programa. Pri tem so bili doseženi vsi osnovni zastavljeni cilji. V sklopu razvoja tehnologije izdelave nanostrukturnih kompozitov smo z raziskavami potrdili uporabnost defektov v kristalni mreži kovinske matice za ustvarjanje nanostrukturnih delcev tistih faz, ki so v kovinski matici netopne. Na osnovi eksperimentalnega dela smo postavili modele mehanizmov procesov in pojavov, ki potekajo pri tvorbi nanostrukturnih delcev. Prav tako smo v laboratorijskih pogojih uspeli izdelati kompozite z disperzijo nano delcev grafita in plinskih por v kovinski matici.

Pri razvoju kvazikristalnih zlitin so bili doseženi vsi zastavljeni raziskovalni cilji. Na osnovi rezultatov eksperimentalnega dela smo dosegli višjo stopnjo obvladovanja tehnologije izdelave visokotrdnih zlitin utrjenih s kvazikristalnimi fazami. Obenem smo dokazali, da lahko z ustrezno izbiro sestave Al zlitin dosežemo željeno mikrostrukturo (kvazikristalne faze v trdni raztopini) že pri klasičnih postopkih litja, kar bo v bodočnosti vplivalo na večjo dostopnost in uporabnost zlitin s kvazikristalnimi fazami. Na področju razvoja spominskih zlitin smo poglobili razumevanje vpliva hitrega strjevanja in pri tem nastalih metastabilnih mikrostruktur na mehanske in spominske lastnosti zlitin z oblikovnim spominom. Uspešno smo tudi dopolnili tehnologijo izdelave mikrokomponent iz sistema Cu-Al-Ni. V okviru raziskav vpliva metastabilnih mikrostruktur, ki nastanejo pri zvarnih spojih, na mehanske lastnosti varjenih konstrukcij pa smo uspeli pojasniti večino fenomenov, ki se odražajo na nosilnosti spojev pri cikličnih, dinamičnih in kvazistatičnih obremenitvah.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Raziskovalno delo v okviru programske skupine je v obdobju 2004-2008 potekalo v skladu s planom raziskovalnega programa brez sprememb.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat

1.	Naslov	SLO	Vpliv mikrostrukture visoko žlahtne Au-Pt dentalne zlitine na njene korozijske lastnosti in biokompatibilnost In Vitro
		ANG	The Influence of the Microstructure of High Noble Gold-Platinum Dental Alloys on their Corrosion and Biocompatibility in Vitro.
	Opis	SLO	V članku so predstavljene primerjave mikrostruktur, korozijske obstojnosti ter in vitro biokompatibilnost dveh Au-Pt zlitin s podobno kemijsko sestavo.
		ANG	The aim of this work was to compare the microstructures of two high noble experimental Au-Pt alloys with similar composition with their corrosion and biocompatibility in vitro.
	Objavljeno v		Gold bull. (1996), 2009, vol. 42, no. 1, str. 34-47. JCR IF (2007): 1.45, SE (21/43), chemistry, inorganic & nuclear, x: 1.847, SE (62/189), materials science, multidisciplinary, x: 1.682, SE (7/66), metallurgy & metallurgical engineering, x: 0.661
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		13045782	
2.	Naslov	SLO	Kvazikristalne faze v hitro strjenih trakovih zlitine Al-Mn-Be
		ANG	Quasicrystalline phase in melt-spun Al-Mn-Be ribbons
	Opis	SLO	Ugotovili smo, da lahko v zlitinah Al-Mn-Be s hitrim strjevanjem dosežemo mikrostrukturo sestavljeno iz drobnih kvazikristalnih delcev (do 500 nm) v aluminijevi osnovi in da je lahko trdota takšne mikrostrukture tudi do 300 HV.
		ANG	It was found out that in alloys Al-Mn-Be microstructures of melt-spun ribbons consisted of finely dispersed quasicrystalline particles (500 nm diameter) in Al-rich matrix, and that the hardness of such microstructure attained as high value as 300 HV.
	Objavljeno v		J. alloys compd.. [Print ed.], Mar. 2008, vol. 452, iss. 2, str. 343-347. http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2006.11.041 .
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		687199	
3.	Naslov	SLO	Mikrostruktura hitro strjenih trakov spominske zlitine Cu-Al-Ni
		ANG	Microstructure of rapidly solidified Cu-Al-Ni shape memory alloy ribbons
	Opis	SLO	Članek obravnava hitro strjene trakove iz spominskih zlitin Cu-Al-Ni različnih kemičnih sestav, izdelane po postopku melt spinning. Predstavljeni so izsledki raziskav o vplivih parametrov litja, kemične sestave in naknadnih toplotnih obdelav na mikrostrukture trakov in s tem na njihove funkcionalne lastnosti.
		ANG	The subject of the work are rapidly solidified ribbons, melt spun of different Cu-Al-Ni-alloys. The influences of casting parameters, chemical composition and heat treatments on microstructures and functional properties of the ribbons were investigated.
	Objavljeno v		J. mater. process. technol.. [Print ed.], May 2005, vol. 162/163, str. 220-229. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.02.196 .
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		9607190	
4.	Naslov	SLO	Modeliranje udarne žilavosti hladno preoblikovanega materiala z genetskim programiranjem
		ANG	Modeling of impact toughness of cold formed material by genetic programming
	Opis	SLO	V delu je prikazan inovativen pristop za določevanje lastnosti materialov, ki so bili podvrženi postopku hladnega preoblikovanja. Uporabljen pristop, genetsko programiranje, temelji na posnemanju evolucije bioloških sistemov.
		ANG	In the article the unique approach for determination of material properties and their modeling in cold forming processes is described. This approach is called genetic programming and is based on imitation of evolution in biological systems.
	Objavljeno v		Comput. mater. sci.. [Print ed.], october 2006, vol. 37, iss.4
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10119190	
5.	Naslov	SLO	In-situ spremljanje notranje oksidacije nizko legiranih zlitin
		ANG	In-situ monitoring of internal oxidation of dilute alloys

Opis	SLO	V delu je obravnavana problematika sprotnega zasledovanja notranje oksidacije kovinskih materialov, kot ene od pomembnih toplotnih obdelav za izdelavo disperzijsko utrjenih materialov. Podani so rezultati sprotnih meritev električne upornosti med notranjo oksidacijo zlitine Ag-Sn (2 at.% Sn) pri različnih temperaturah v zračni atmosferi.
	ANG	This paper discuss the problematic of in-situ monitoring of internal oxidation of metallic materials which is one of the leading heat treatments for preparation of dispersion strengthened materials. The results of in-situ measurements of electrical resistance changes during internal oxidation of Ag-Sn (2 at.% Sn) alloy at different temperatures and in the air atmosphere are shown.
Objavljeno v	Corros. sci.. [Print ed.], Mar. 2007, vol. 49, iss. 3, str.1228-1244. http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2006.06.031	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	10702870	

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Vodenje projekta Znanje za mir M2-0108-Razvoj kovinskih zlitin z oblikovnim spominom. ANG Principal researcher of the project "Knowledge for pace - M2-0108-Development of metallic shape memory alloys"
	Opis	SLO Projekt predstavlja širitev oz. nadgradnjo raziskav programske skupine: V okviru projekta potekajo raziskave tehnologij hitrega strjevanja, vplivov hitrega strjevanja, toplotnih obdelav, spominskih lastnosti in superelastičnosti zlitin iz sistema Ni-Ti. ANG The project is based on the research program and extends the work to the fields, which are not covered in the research program: rapidly solidified Ni-Ti alloys and powder metallurgy of Cu-Al-Ni alloys.
Šifra		D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
Objavljeno v		Novi materiali in tehnologije obdelave, Kovine in tehnologije kovinskih kompozitnih materialov). Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za inženirske materiale in oblikovanje, 2008. 24 f.
Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID		12604950
2.	Naslov	SLO Ustanovitev raziskovalnega centra ANG Foundation of a research centre
	Opis	SLO Pomemben dosežek programske skupine je bila ustanovitev prvega infrastrukturnega centra na Univerzi v Mariboru: Univerzitetni center za elektronsko mikroskopijo (UCEM). ANG An important achievement of the programme group was the foundation of the first infrastructural centre at University of Maribor: University centre for electron microscopy (UCEM).
Šifra		D.02 Ustanovitev raziskovalnega centra, laboratorija, študija, društva
Objavljeno v		Fokusiran ionski snop je najnatančnejši skalpel. Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 10. maj 2007, leto 63, str. 43.
Tipologija		1.05 Poljudni članek
COBISS.SI-ID		11586838
3.	Naslov	SLO Pedagoško delo ANG Pedagogical work
	Opis	SLO Eden izmed glavnih problemov na UM FS pri pedagoškem delu je bila majhna prehodnost študentov iz prvega v drugi letnik in nezadostno število diplomantov. Ker predavamo predmete GRADIVA, MATERIALI I in MATERIALI II v prvem letniku, kjer je osip študentov največji, smo skupaj s sodelavci sprejeli akcijski načrt, da bi povečali tako prehodnost študentov v višji letnik, kot tudi zagotovili višji nivo razumevanja obravnavane snovi.

		One of the main problems in the field of the pedagogical work at Faculty of Mechanical Engineering was (is) the low transition of students from the first to the second year, and too low number of graduate students. The courses Materials, Materials I and Materials II are conducted in the first year. Therefore, at our Chair for Materials and Forming an action plan was devised in order to increase the transition as well as to achieve higher level of understanding of curriculum.
	Šifra	D.10 Pedagoško delo
	Objavljeno v	F. Zupanič, I. Anžel: Gradiva (visokošolski učbenik), (2007), I. ANŽEL, L. GUSEL: Preoblikovanje gradiv : praktikum. 1. izd. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. ISBN 86-435-0698-2.
	Tipologija	2.03 Univerzitetni ali visokošolski učbenik z recenzijo
	COBISS.SI-ID	54636289
4.	Naslov	SLO Kontinuirno litje Ni superzlitin
		ANG Continuous casting of Ni Superalloys
	Opis	SLO Kontinuirno litje Ni-superzlitin za Ross and Catherall, Sheffield, Velika Britanija je omogočil uvedbo kontinuirnega litja v redno proizvodnjo.
		ANG Continuous casting of Ni-based superalloys for Ross and Catherall, Sheffield, UK I resulted in implementation of continuous casting of some Ni-based superalloy into production.
	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	Scrap runners of GMR 235 from ASI (Alied Signal Incorporation) : determination of reasons for causing severe boiling and proposals for elimination or at least supression of boiling : report for Ross & Catherall Ltd, Killamarsh, Sheffield, UK. Killamarsh: [s.n.], 2000. [11] f., ilustr.
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
	COBISS.SI-ID	6817814
5.	Naslov	SLO Merilna sonda za spremljanje toplotne obdelave kovinskih materialov
		ANG Measurement Probe for monitoring of heat treatments of metallic materials
	Opis	SLO Predmet patenta je merilna sonda za spremljanje toplotne obdelave kovinskih materialov.
		ANG The subject of patent is the measurement probe for monitoring of heat treatments of metallic materials.
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Odločba o podelitvi patenta št. SI 22176 A, datum objave 30.06.2007 : št. prijave P-200500302, datum prijave 07.11.2005. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2007
Tipologija	2.24 Patent	
	COBISS.SI-ID	10489366

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Raziskave na področjih izdelave, karakterizacije in lastnosti metastabilnih materialov so pomembne tako za področje tehničnih kot tudi naravoslovnih znanosti (materiali, fizika, kemija). Programska skupina je z rezultati raziskovalnega dela v okviru tega programa že dala odgovore na nekatera odprta znanstvena vprašanja in pojasnila mehanizme določenih procesov in pojavov ter nakazala pot k razvoju novih tehnologij in materialov. Med še vedno odprta vprašanja pa spada mehanizem plastične deformacije v nanostrukturnih materiali. Poznano je namreč, da dislokacijska teorija, ki velja za kristalne kovine in zlitine, v primeru metastabilnih nanostrukturnih materialov ni uporabna. Zato bodo raziskave mehanizmov plastične deformacije v nanostrukturnih in drugih metastabilnih materialih tudi v prihodnosti zelo aktualne in pomembne za razvoj znanosti na tem področju. Za znanost so pomembne tudi raziskave in nova spoznanja o vplivu defektov v kristalni strukturi metastabilnih materialov na potek kemijskih reakcij in faznih transformacij v trdnem. Dosedanje raziskave so pokazale, da potečejo v metastabilni mikrostrukturah čistih kovin s povečano koncentracijo mrežnih defektov kemijske reakcije, ki jih v termodinamsko ravnotežnih mikrostrukturah ni pričakovati. Pri

žarjenju hitro strjenega bakra v atmosferi, ki ni bila oksidativna za baker smo zasledili tvorbo finih oksidnih delcev nanometrijske velikosti po volumnu. Ta pojav predstavlja svojevrsten paradoks, saj se čista kovina zaradi močno povečane koncentracije defektov v kristalni mreži oksidira po volumnu kristalnih zrn, čeprav termodinamski pogoji za to kemijsko reakcijo niso izpolnjeni.

Pri metastabilnih fazah je zelo pomembno vprašanje stabilnosti oziroma kinetika razpada. O stabilnosti kvazikristalov obstaja sicer več modelov (npr. Pettiforjev model), ki pa vselej ne pojasnijo oziroma napovejo možnosti nastanka kvazikristalov v večkomponentnih sistemih. Predvsem je to očitno pri pojavu metastabilnih kvazikristalov. Pri teh je pogosto poleg termodinamske stabilnosti pomemben tudi odmik od termodinamskega ravnotežja ter tudi kinetika procesov na fazni meji trdno - tekoče. Zato potekajo številne intenzivne raziskave v zvezi z zgradbo taline nad in pod temperaturo tališča ter mehanizmi homogene in heterogene nukleacije ter rasti iz tekoče faze. Procesi še niso v celoti pojasnjeni niti v binarnih sistemih, dodaten izziv pa predstavlja vpliv tretjega in četrtega zlitinskega elementa. Naše dosedanje raziskave so pokazale, da Be močno olajša nastanek kvazikristalne faze v sistemu Al-Mn. Do sedaj pa še ni bilo zadovoljivo pojasnjeno, ali vgraditev Be v kvazikristal zmanjša prosto energijo (in s tem poveča stabilnost) zaradi zmanjšanja entalpije mešanja ali pa zaradi povečanje entropije mešanja. V okviru dosedanjih raziskav smo že ugotavljali vpliv dodatka četrtega elementa, o katerih v svetovni literaturi še ni nobenih podatkov. Z raziskovanjem na tem področju bomo nadaljevali tudi v okviru novega programa. Pri tem bomo poskusili z eksperimenti ter analizo rezultatov ugotoviti, ali obstaja ravnotežna topnost elementov v kvazikristalu, katera mesta v kvazikristalu zasedejo dodani atomi, ali se pri njihovi vgraditvi v kvazikristal spremeni koncentracija valenčnih elektronov (e/a – število valenčnih elektronov na atom – Hume-Rotheryjevo pravilo) ali pa se sestava prilagodi tako, da se koncentracija valenčnih elektronov ne spremeni. Prav tako bomo poskušali odgovoriti na vprašanje ali se z vgrajevanjem spremeni velikost osnovne kvazicelice.

ANG

Research in the fields of manufacturing, characterization and properties of metastable materials is important for engineering, as well as for the natural sciences (e.g. materials science, physics, chemistry...). Therefore, the results of this research program already gave answers to some open scientific questions, explained the mechanisms of certain processes and phenomena, and initiated the research path into new technologies and materials. Among the open questions there is still the mechanism for plastic deformation of nano-structured materials. It is well-known that the dislocation theory (valid for crystal-structured metals and alloys) does not apply to metastable nano-structured materials. Consequently, the research of these mechanisms is considered as a top-ranking topic of crucial importance for further development in this field. For the science is also important the research and new cognitions about the influence of lattice-defects on the structures of metastable materials regarding the characteristics of chemical reactions and phase transformations in the solid state. Namely, to date research have shown that chemical reactions, which can not be expected in thermodynamically stable microstructures, are definitely possible in metastable microstructures of pure metals, exhibiting increased concentrations of lattice-defects. After the annealing of rapidly solidified copper in a non-oxidative atmosphere, fine dispersed nano-sized oxide-particles were detected. This phenomenon can be considered as a peculiar paradox, because oxidation occurred inside the crystal grains of the pure metal (as a consequence of strongly increased defect-concentration), even though the thermodynamical conditions for this chemical reaction were unfulfilled.

For the occurrence and existence of metastable phases a very important issue is the kinetics of their decomposition. There are several theories about the stability of quasi-crystals (e.g. the Pettifor-model) but they do not always explain and predict the formation of quasi-crystals in the multi-component systems. This particularly applies to metastable quasi-crystals. In this case, not only thermodynamical stability but also the kinetics of the processes, taking place at the solid-liquid interface, are very important. Consequently, besides the structure of the melts above and below the liquidus-temperature the mechanisms of homogeneous and heterogeneous nucleation and growth from the liquid phase have been intensively researched. These processes have not as yet been entirely explained, not even for binary systems. So, the presence of a third or fourth element presents an additional challenge. From the literature, as well as from our previous research, it is known that certain elements, e.g. Be, effectively facilitate the formation of quasicrystals in the phase diagram Al-Mn. To date it has been unsatisfactorily explained as to how the presence of Be lowers the free energy (and herewith increases the stability): through decrease of enthalpy of mixing or through increase of the entropy of mixing. We already started to examine the influence of a fourth element which can initiate very interesting interactions between the alloying elements. The research is going to continue in the framework of new programme. With the experiments and analysis of the results we will try to determine: 1) whether an equilibrium solubility of elements in the quasicrystal exists or not; 2) which positions occupy the atoms of individual element in the quasicrystal; 3) if the valence electrons concentration is changed due to the incorporation of additional elements (Hume-Rothery-rule)

or, if instead of this, the quasicrystal's composition is modified so that the concentration of the valence electrons can be preserved as unchanged; 4) whether the presence of an additional element influences the size of the quasicell or not.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

V svetu poteka veliko število raziskav, ki se ukvarjajo z razvojem tehnologij in materialov, ki so v metastabilnem stanju. Ne samo to, vedno več je aplikativnih projektov ter primerov ustanavljanja tako spin-off kakor tudi drugih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo takšnih materialov. Ker gre za visokotehnološke proizvode, je dodana vrednost zelo velika. Trenutno je v Sloveniji veliko relativno uspešnih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo in predelavo aluminija, bakra in žlahtnih kovin ter s področji livarstva in preoblikovanja. Ta podjetja obvladujejo tehnologijo uveljavljenih zlitin, vendar mnoga dosegajo sorazmerno majhno dodano vrednost. Če bodo hotela ostati konkurenčna tudi v bodočnosti, se bodo morala usposobiti tudi za izdelavo tehnološko zahtevnejših materialov in izdelkov. Pogosto se morajo podjetja zaradi maloštevilnega inženirskega kadra ter omejenih sredstev ukvarjati s tekočimi in kratkoročnimi problemi, ki se morajo rešiti v nekaj dneh, zaradi česar so dolgoročneje raziskave, ki bi bile nujne za nadaljnji razvoj podjetja, pogosto zapostavljene. S tega stališča predstavlja poglobljanje teoretičnega znanja o materialih in tehnologijah ter razvoj in obvladovanje sodobnih tehnologij materialov, znanstveno bazo slovenski kovinski industriji, ki se bo - verjetno že v naslednjem srednjeročnem obdobju - prisiljena soočiti z uvajanjem novih tehnologij in materialov.

ANG

In this world numerous research projects are running dealing with the development of technology and materials that are in a metastable state. Moreover, there are a lot of applied projects and the founding of spin-offs and other companies that are concerned with the production of suchlike materials. The added-value of this high tech production is very high. Momentarily, there are in Slovenia, a lot of very successful companies concerned with production, processing, founding of aluminum, copper and noble metals. These companies master the technology of valued alloys, however, they attain poor added-value on the market. To stay competitive in the future they must also be qualified for the production of technologically-advanced materials and products. In these companies those long-term research activities that are important for growth are often disregarded, due to limited financial funds and a few engineers who are occupied with current and short-term problems. From this point of view, we believe that with deeper theoretical knowledge of materials and technologies and also the development and mastering of modern materials technology, we would offer to Slovenian industry solid support in the case of if it being forced to confront the initiation of recent technology and materials.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	1	
- doktorati	1	1
- specializacije		
Skupaj:	2	1

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	1		
- gospodarstvo		1	
- javna uprava			

- drugo			
Skupaj:	1	1	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju [10](#)

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	RMZ - Materiali in geokolje / Materials and Geoenvironment	3/1/
2.	Livarski vestnik	1/1
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	1
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	4
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	2
Skupaj:	7

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju [11](#)

<p>Graz University of Technology, Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis: Analytical TEM investigation of quasicrystalline samples</p> <p>Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za primijenjenu fiziku, Unska 3, 10 000 Zagreb, Hrvatska: Interakcija laserske UV-svetlobe s površino kovinskih materialov in preiskava s fokusiranim ionskim curkom (FIB)</p> <p>ASULAB, A division of the swatch group research and development Ltd, Rue de Sors 3, CH-2074 Marin, Switzerland, Contract No: P-95/2005 - ITM, Continuous casting of alloys; Experiments on the production of nickel-base and cobalt-base alloys</p> <p>Metalwerks PMD, Inc., 401 Steel Street, Aliquippa, PA 15001 - 5415, United States of America, Contract No.: P-128/2006 - ITM, Continuous casting of alloys</p> <p>Elettra, Sincrotrone Trieste, Italy: Phase analysis of Al-Mn-Be-(B,Cu) alloys containing quasicrystals, Proposal number: 2007442</p> <p>Eureka E!2982 COM-BUB: The strengthening effect of nano-sized bubbles in a metal matrix for</p>
--

production of strengthened composites (2002/2005)

Eureka E!3555 DEN-MAT: The development of new Au dental alloy (2004/2007) Eureka E!3863 MET-STRI: The new approach of strengthening technology for metallic strips used for electro industry (2006/2009)

Eureka E!3704: Adoption Of Melt-Spinning For Production Of Rapidly Solidified Shape Memory Alloy-Ribbons, Development Of Suitable Training Methods To Induce The 2-Way Shape Memory Effect And Investigation Of Its Long Term Stability (2006/2009)

Eureka E! 3971 BIO-SMA: Biomedical Shape Memory Alloys (2007/2009)

Eureka E! 3863 MET-STRI: The new approach of the strengthening technology for metallic strips used for electro industry (2005/2008)

Eureka E! 4213 NANO-FOIL: The development of nano-foils for dentistry and jewellery (2008/2011)

SLO/SČG projekt BI-CS/06-07-031: Razvoj tehnologije izdelave nove Au dentalne zlitine (1.1.2006 - 31.12.2007)

SLO/SČG bilateralni projekt BI-RS/08-09-003: Biomedical Shape Memory Alloys (2008) Sodelovanje s SHT d.o.o. Beograd, Zlatarna Celje d.o.o. Beograd

SLO/CZ projekt BI-CZ/08-09-014: Effect of laser cutting on the fatigue strength of steel (1.1.2008 - 31.12.2009)

SLO/NO projekt BI-NO/07-09-005: Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivost konstrukcij (1.1.2007 - 31.12.2009)

SLO/P projekt BI-P/08-09-005: Fatigue properties of welded joints in structural steels under exploitation conditions (1.1.2008-31.12.2009)

SLO/RS projekt BI-RS/08-09-034: Influence of cold deformation on the reliability of structures in service (1.1.2008 - 31.12.2009)

SLO/CS projekt BI-CS/04-05-019: Vpliv postopka izdelave mikro legiranih jekel na njihove strukturne, mehanske in eksploatacijske lastnosti (1.1.2004 - 31.12.2005)

SLO/UA projekt BI-UA/05-06-002: Trdnost grobozrnatega jekla z mikrostrukturno majhnimi napakami pri utrujanju (1.1.2005 - 31.12.2006)

SLO/MK projekt BI-MK/06-07-012: Sprejemljivost razpok v zvarih pri zagotavljanju celovitosti poškodovanih tlačnih posod (1.1.2006 - 31.12.2007)

SLO/UA projekt BI-UA/07-08-010: Rast razpok v zvaru na jeklih odpornih na povišano temperaturo zaradi termocikličnega obremenjevanja (1.1.2007 - 31.12.2008)

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

RR projekt platforme I-techmed 2006/2007): Razvoj tehnologije termomehanske obdelave dentalnih zlitin za porcelansko tehniko - 650 ur

Razvojni projekt št. 4301-98/2005-AJ: Razvoj tehnologije izdelave srebrnih in bakrenih trakov za elektro industrijo (2005) za podjetje Zlatarna Celje d.d. - 450 ur

RR industrijski projekt: Razvoj novih postopkov za površinsko zaščito nakita pred korozijo - 300 ur (2006/2007)

RR industrijski projekt: Optimizacija tehnologije precizijskega litja - 300 ur (2007/2008)

RR industrijski projekt: Mikrostrukturne raziskave in analiza nastalih defektov na različnih izdelkih iz Au in Ag zlitin - 150 ur (2008)

Talum d. d., Kidričevo: Obrabna obstojnost kladiv za drobljenje koksa

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Sodelovanje na platformi I-techmed;
 Sodelovanja s podjetji - uporabniki:
 Zlatarna Celje d.d. Celje,
 Bosio d.o.o. Štore,
 Magneti Ljubljana,
 ETI d.d. Izlake,
 Maksim d.o.o. Celje
 Swaty d.d. Maribor
 SHT d.o.o. Beograd Srbija,
 Zlatarna Celje d.o.o. Beograd,
 WBC d.o.o. Beograd Srbija,
 Vieri spa Casola Vicenza Italija
 Aktivna sodelovanje: Pomurska akademsko znanstvena unija - glavni sekretar Rebeka Rudolf,

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	KRIŽMAN, Alojz. Univerza ni slišala klica regije
Opis	V prispevku je podano mnenje visokošolskega učitelja o povezavi med univerzo in regijo oziroma vpetosti univerze v okolico v kateri živi.
Objavljeno v	Gospod. vestn.. [Tiskana izd.], 12. julij 2004, letn. 51, str. 50-51.
COBISS.SI-ID	9505046

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	ZUPANIČ, Franc, BONČINA, Tonica, ANŽEL, Ivan Kot biljard v nanoprostoru.
Opis	Pripisek opisujezmogljivosti fokusiranega ionskega snopa pri raziskovanju materialov v mikro in nano prostoru.
Objavljeno v	Delo (Ljubl.), 30. avg. 2007, letn. 49, št. 199, str. 19.
COBISS.SI-ID	11586838

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Materiali I + Materiali II
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Preoblikovanje

	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Tehnologija materialov
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	Nekovinska gradiva
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
5.	Naslov predmeta	Varjenje
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
6.	Naslov predmeta	Matematično modeliranje procesov v tehnologiji in tehniki gradiv
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
7.	Naslov predmeta	Gradiva s posebnimi lastnostmi
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

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

Raziskovalno delo naše programske skupine ima velik vpliv na razvoj in izvajanje pedagoškega dela na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Mariboru. Člani naše programske skupine so mentorji pri številnih diplomskih nalogah, katerih eksperimentalni del poteka v naših laboratorijih.

Naše raziskovalno delo na področju razvoja novih materialov, izboljšanja in optimiranja tehnologij izdelave in preiskav inženirskih materialov je močno vpeto v slovenski gospodarski prostor. Sodelovanje z uglednimi institucijami iz tujine pa potrjuje visoko znanje in kompetentnost članov naše programske skupine.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	3027 Maks Oblak
Obseg raziskovalnih ur	17.850
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

V okviru nelinearne mehanike loma smo izvajali fundamentalne in aplikativne raziskave pri zagotavljanju varnega obratovanja konstrukcij. S partnerji na inštitutu »Erich Schmid« v Leobnu pri Avstrijski akademiji za znanost smo razvili model za določitev spremembe gonilne sile razvoja razpoke, ko razpoka napreduje skozi linijo spajanja dveh trdnostno heterogenih materialov. Problem določitve gonilne sile razvoja razpoke v heterogenem materialu, ko razpoka napreduje pravokotno na linijo zlitja je obravnaval član programske skupine Jožef PREDAN v svoji doktorski disertaciji.

V prvi fazi raziskav smo opredelili trdnostno neenakost na zvarnih spojih iz mehanskega mezo in makro stališča in ugotovili, da se v nehomogenem zvarnem spoju pojavijo globalne in lokalne razlike, ki kažejo različno lokalno odpornost na napredovanje razpoke.

Na osnovi teoretičnih izsledkov smo pojasnili fizikalni pomen nehomogenosti (C_{inh}) kot parametra nelinearne mehanike loma in analitično izračunali vrednosti gonilne sile razvoja razpoke s pomočjo Riceovega integrala. V povezavi s komponentami J-integrala (J_{tip} in J_{far}) smo razvili numerično analizo elasto-plastičnega obnašanja materiala ob meji trdnostne nehomogenosti. S pomočjo globalne in lokalne efektivne gonilne sile razvoja razpoke smo dobili kriterij, ki služi za preverjanje veljavnosti izračunanih rezultatov.

V nadaljevanju raziskav smo proučevali napredovanje razpoke v odvisnosti od trdnostne nehomogenosti materiala z upoštevanjem meje tečenja, koeficientov deformacijskega utrjevanja in oddaljenosti konice razpoke od linije zlitja. Določili smo prevladujoči vpliv posameznih parametrov na gonilno silo razvoja razpoke. Ugotovili smo, da nastopi končno stanje zasičenosti parametra trdnostne neenakosti v aktivnem volumnu materiala ne glede na trdnostno razliko in da postaja sprememba gonilne sile razvoja razpoke med približevanjem konice razpoke liniji zlitja trdnostno nehomogenih materialov singularna. Meja trdnostne neenakosti vpliva na spremembo gonilne sile razvoja razpoke še po tem, ko razpoka preide mejo zlitja in se z oddaljevanjem konice razpoke od linije zlitja zmanjšuje proti nič. Da bi ugotovili primernost teoretično-numeričnega modela, smo analizirali spreminjanje gonilne sile razvoja razpoke v talilno izdelanem večvarkovnem zvarnem spoju z delno nizkotrdnostnim in visokotrdnostnim zvarom za razliko od doslej opravljenih raziskav na spojih z ostrimi mejami med materiali.

Izsledke ugotovitev smo uporabili v numeričnih modelih lomnomehanskih preizkušancev, ki so bili eksperimentalno preizkušeni pri lokaciji konice razpoke v visoko trdnostnem kot tudi v nizko trdnostnem zvaru. Razvili smo model na osnovi Eshelbyjevih konfiguracijskih sil za stacionarno razpoko in razpoko, ki napreduje skozi različna trdnostna področja. Iz primerjave dvodimenzionalnih modelov s tridimenzionalnim modelom in eksperimentalnim obnašanjem smo pokazali, da rast razpoke v nehomogenih materialih ustreza bolj ravninsko deformacijskem stanju (RDS) kot pa ravninsko napetostnem stanju (RNS).

Eksperimentalno izmerjeno gonilno silo razvoja razpoke smo opredelili z razliko med lokalno gonilno silo na konici razpoke in parametrom nehomogenosti s čemer smo dobili precej dobro ujemanje med eksperimentalnimi in numeričnimi rezultati.

Vpliv trdnostne nehomogenosti materialov smo proučili tudi pri trdnostno heterogenih materialih v katerih je zaradi trdnostne nehomogenosti proces plastifikacije in utrjevanja omejen. Ugotovili smo, da razpoka ne napreduje skozi toplotno vplivno področje, temveč napreduje pravokotno na linijo spajanja dveh trdnostno neenakih delov zvara, ki je omejen s toplotno vplivnim področjem. Pri relativno nizkih trdnostnih razlikah in obravnavani širini zvara je vpliv toplotno vplivnega področja zanemarljiv, na osnovi česar sklepamo, da je lomno obnašanje praktično posledica vpliva trdnostne neenakosti zvara in oddaljenosti konice razpoke od linije zlitja. Nadaljnje raziskave so bile namenjene oceni vpliva meje trdnostne neenakosti na utrujenostno napredovanje razpoke pod vplivom zaostalih napetosti. Izkazalo se je, da se gonilna sila razvoja razpoke med utrujenostno rastjo razpoke proti liniji zlitja spremeni, tako da se zmanjša hitrost utrujenostnega širjenja razpoke. Z upoštevanjem trdnostne neenakosti je bila izračunana sprememba gonilne sile razvoja razpoke in uporabljena za korekcijo faktorja intenzivnosti napetosti pri utrujenostni rasti razpoke. Z lokalnim upadanjem amplitude faktorja intenzivnosti napetosti ob meji pod prag utrujenostnega širjenja razpoke je dosežena ustavitev utrujenostnega napredovanja razpoke.

Na osnovi dosedanjega raziskovalnega dela sklepamo, da lahko vpliv nehomogenosti materiala na gonilno silo razvoja razpoke izkoristimo za optimiranje kompozitnih materialov in komponent s kombiniranjem različnih trdnostnih lastnosti v smislu povečanja lomne odpornosti materiala in komponent. To omogoča spremembo hitrosti in smeri rasti razpoke in na ta način povečuje življenjsko dobo konstrukcijskih komponent.

V okviru raziskav optimizacijskih metod smo se ukvarjali predvsem z pristopi k optimiranju oblike nelinearnih, elastičnih, statično obremenjenih ploskovnih konstrukcij, ki so občutljive na uklon. Poudarek je bil na optimiranju gladkih lupin, kot tudi na ojačanih lupinah (ojačitve imajo lahko obliko paličja). Za parametrizacijo oblike konstrukcije smo vpeljali prostorski projektni element; ta je povezan z mrežo končnih elementov preko vozliščnih geometrijskih podatkov. Med nelinearno analizo odziva se ocenjuje nivo kritične (uklonske) obtežbe, tako da se analizo vedno konča v podkritičnem območju.

V okviru raziskav na področju periodičnih in skoraj periodičnih nihanj nelinearnih dinamičnih sistemov smo razvili metodo koračnega harmonskega ravnovesja z več časovnimi skalami za izračun aperiodičnih nihanj, ki vsebujejo nelinearne in v splošnem nekomenzurne frekvence dinamičnega sistema s kubičnimi nelinearnostmi in ki upošteva notranje resonance dinamičnega sistema, kadar le-te nastopijo. Metoda je dopolnjena z metodo ločne dolžine za sledenje vej bifurkacijskega diagrama in vsebuje tudi posplošeno analizo stabilnosti v odvisnosti od več časovnih skal. Uporabljena je bila za analizo prehoda periodičnih v aperiodična nihanja rotorskega sistema z elektromagnetnim dušenjem in nelinearnimi karakteristikami ležajev v območju nadkritične vrtilne hitrosti. V letu 2004 je bila objavljena v reviji *Int. J. Numer. Meth. Eng.*, ki je indeksirana v JCR.

V letu 2005 smo metodo koračnega harmonskega ravnovesja z več časovnimi skalami dopolnili z vpeljavo perturbacijskega parametra za neposredno primerjavo z modificirano Lindstedt-Poincarejevo metodo za sisteme s poljubno velikim prvotnim perturbacijskim parametrom oziroma velikimi kubičnimi nelinearnostmi in ga uporabili za raziskave kombinacijskih resonanc nosilcev s togo-členkastim vpetjem. Identifikacijske metode za določevanje parametrov posameznih členov pogonske zveze asinhronskega motorja in zobniške črpalke smo leta 2005 uporabili v članku, objavljenem v reviji *Experimental Techniques*, ki je indeksirana v JCR.

V letu 2006 je bila razvita razširjena Lindstedt-Poincarejeva metoda za izračun nelinearnih nestacionarnih nihanj z uvedbo novega koncepta dodatne časovne skale, ki ustreza počasnim časovnim spremembam parametrov vzbujanja ali kontrolnih parametrov poleg časovnih skal, ki ustrezajo nekomenzurnim frekvencam v odzivu nelinearnega sistema. Metoda je bila za konstrukcijo nestacionarnih primarnih resonanc Duffingovega, van der Polovega nihala ter nosilca s togo-členkastim vpetjem objavljena v *Proceedings of ASME IMECE2006*.

V letu 2007 je bila metoda koračnega harmonskega ravnovesja z več časovnimi skalami uporabljena v sistemih s parametričnim vzbujanjem uporabljena pri problemu stabilnosti odprte kinematične verige nihal. Razvit je bil tudi analitični model dinamike semiaktivnega sistema vzmetenja s suhim trenjem, kjer smo z uvedbo novega koncepta konstant gibanja uspešno razrešili problem krmiljenja semiaktivnega sistema vzmetenja s spremenljivo strukturo in preklapljanjem mehanizma v različne režime gibanja. Razširjena Lindstedt-Poincarejeva metoda z upoštevanjem ostalih kontrolnih parametrov in primerjavo z metodo koračnega harmonskega

ravnovesja z več časovnimi skalami je bila uporabljena pri nosilcih s togo-členkastim vpetjem in v letu 2008 objavljena v reviji Journal of Sound and Vibration, ki je indeksirana v JCR.

Na področju statistične mehanike smo s pomočjo teorije neravnotežnih procesov izdelali modele za izračun ravnotežnih in neravnotežnih mehanskih lastnosti v trdnih snoveh in tekočinah. S pomočjo predstavljenih modelov smo lahko izračunavali snovske lastnosti kot so modul elastičnosti, strižni modul, stisljivost, viskoznost, ipd. poljubnih snovi, hkrati pa bomo lahko s predstavljenim modelom napovedovali mehanske lastnosti tudi za nove snovi. V preteklem petletnem obdobju smo raziskave usmerili v naslednje projekte na področju neravnotežne statistične mehanike:

1. Izračun difuzijskih koeficientov v plinih in kapljevinah
2. Izračun toplotne prevodnosti v kompleksnejših trdninah in nano-fluidih
3. Izračun viskoznosti za kompleksne fluide
4. Izračun toplotne prevodnosti in nekaterih drugih termomehanskih lastnosti v kovinah in tekočinah.

Na področju statistične mehanike smo s pomočjo analitičnih postopkov razvili modele za izračun mehanskih lastnosti. Predstavljeni modeli so rezultat več kot desetletnega dela na področju statistične mehanike. Upoštevani so bili vplivi translacije, rotacije in vibracije molekul. Za vplive rotacije in vibracije molekul oz. atomov bodo izpeljani povsem novi analitični izrazi. Poglobljeno se bomo lotili tudi študije večatomnih molekul v neravnotežni mehaniki. Poskusili bomo izračunavati veličine tudi z realnim medmolekularnim potencialom. V ta namen smo se povezali z Univerzami in laboratoriji, ki v tem trenutku največ pomenijo na tem področju. Modeli so izdelani s pomočjo neravnotežne statistične mehanike.

V letu 2008 smo aplicirali rezultate dosedanjih temeljnih raziskav na konstrukcijske komponente primarnih cevovodov v termoenergetski industriji in plivodih. Razvili smo sistem direktnega merjenja parametrov mehanike loma z opazovanjem lomnega obnašanja na površini obremenjenega preizkušanca in konstrukcijske komponente. Z opazovanjem sprememb porazdelitve deformacij na površini preizkušanja je ločena faza otopitve konice utrujenostne razpoke kot tudi trenutek iniciacije stabilne rasti razpoke v notranjosti preizkušanca. Z omenjenimi raziskavami smo razvili večparametrično mehaniko loma, ki omogoča neposredno spremljanje in ocenjevanje obnašanja konstrukcijske komponente z razpoko na osnovi določeni kritične vrednosti parametra.

V letu 2008 je bilo narejenih nekaj končnih modifikacij novih pristopov k optimiranju oblike nelinearnih, elastičnih, statično obremenjenih ploskovnih konstrukcij, ki so občutljive na uklon. Poudarek je bil na posebnostih in težavah pri optimiranju gladkih in ojačanih lupin (ojačitve imajo lahko obliko paličja). Vpeljan prostorski projektni element je bil nadgrajen z novim zveznim skalarnim poljem za optimizacijo debeline lupine.

V letu 2008 so bile dosedanje raziskave na področju nestacionarnih nihanj nosilcev s togo-členkastim vpetjem z uporabo razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode z več časovnimi skalami uspešno predstavljene mednarodni strokovni javnosti v prestižni reviji Journal of Sound and Vibration, poleg tega je bila uporabnost metode prikazana na povsem novem področju upravljanja dinamičnih sistemov, pričele pa so se tudi raziskave nestacionarnih nihanj elektromehanskih sistemov. Na področju upravljanja nestacionarnih nihanj v procesu izgorevanja v Rijkejevi cevi je bil objavljen članek v reviji European Journal of Control, ki jo kot kvalitetno priznava mednarodna strokovna javnost.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Ocenjujemo, da je bil raziskovalni program v celoti izveden.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

V realizaciji raziskovalnega programa ni bilo sprememb.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	SLO ENZINGER, Norbert, HEBER, S. Josef, CERJAK, Horst, GUBELJAK, Nenad, MAYRHUBER, Josef. Untersuchung der wasser-gasgeschweißten Druckrohrleitung Kaprun.
		ANG ENZINGER, Norbert, HEBER, S. Josef, CERJAK, Horst, GUBELJAK, Nenad, MAYRHUBER, Josef. Untersuchung der wasser-gasgeschweißten Druckrohrleitung Kaprun.
	Opis	SLO Članek obravnava aplikacijo parametrov mehanike loma za analizo nosilnosti visokotlačnega cevovoda reverzibilne hidroelektrarne po 60 letih obratovanja. Na vzorcih materiala cevovoda so bili opravljeni poleg ostalih tudi lomnomehanski testi z sterometričnim opazovanjem lomnega obnašanja na površini preizkušanca. Razultati analize kažejo, da je cevovod obratoval na robu kritičnih vrednosti parametrov mehanike loma, ki bi lahko povzročili nenadno porušitev, zaradi česar je bil cevovod v celoti zamenjan.
		ANG After approximately 60 years of service the original shafts of the hydropower plant in Kaprun were dismantled and replaced by a modern single shaft. The original shaft which was watergas welded is characterized by metallography, tensile test, Charpy test and fracture mechanic tests. The observed behavior revealed that this kind of joints shows – in areas without flaws – a satisfying behavior similar to the base material. In areas where oxides, stemming from the heating process during welding, exists the strength and deformability is limited.
	Objavljeno v	Materialprüfung, 2008, vol. 50, 9, str. 477-488. http://www.materialstesting.de/directlink.asp?MP100913. JCR IF (2007): 0.106, SE (28/29), materials science, characterization & testing, x: 0.579
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	12537366	
2.	Naslov	SLO KEGL, Marko in ostali. Efficient handling of stability problems in shell optimization by asymmetric "worst case" shape imperfection.
		ANG KEGL, Marko et al. Efficient handling of stability problems in shell optimization by asymmetric "worst case" shape imperfection.
	Opis	SLO Članek obravnava nov pristop k optimizaciji oblike statično obremenjenih lupinskih konstrukcij z upoštevanjem stabilnostnega pogoja. Vpeljana je posebna tehnika računanja odziva konstrukcije, ki odpravi praktično vse težave, katere se sicer pojavljajo med analizo in optimizacijo statično nestabilne konstrukcije. Temu je prilagojena tudi posebna formulacija optimizacijske naloge. Postopek optimizacije tudi avtomatično določi najbolj neugodno imperfekcijo konstrukcije. Za optimizacijo je uporabljena lastna gradientna metoda.
		ANG The paper addresses a new approach to optimization of statically loaded shell structures by considering stability constraints. A special technique for structural response computation is introduced, which removes practically all difficulties met during analysis and optimization of a statically unstable structure. The formulation of the optimization problem is adjusted correspondingly. The optimization procedure also automatically determines the 'worst-case' imperfection of the structure. A gradient-based algorithm is used for solving the optimization problem.
	Objavljeno v	Int. j. numer. methods eng., 26 February 2008, vol. 73, iss. 9, str. 1197-1216. http://dx.doi.org/10.1002/nme.2113. JCR IF (2007): 1.612, SE (6/67), engineering, multidisciplinary, x: 0.771, SE (13/74), mathematics, interdisciplinary applications, x: 0.979
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	11905814	
3.	Naslov	SLO PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks. Incremental harmonic balance method with multiple time variables for dynamical systems with cubic non-linearities.
		ANG PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks. Incremental harmonic balance method with multiple time variables for dynamical systems with cubic non-linearities.
	Opis	SLO Članek obravnava skoraj periodična nihanja rotorja z elektromagnetnim dušenjem in nelinearnimi karakteristikami ležajev ter bifurkacije pri prehodu iz periodičnega v aperiodični režim nihanja z metodo koračnega harmonskega ravnovesja IHB z več časovnimi skalami. Članek je pomemben za gradnjo raznovrstnih rotorskih sistemov in zagotavljanje stabilnosti njihovega

		delovanja. Izvirni znanstveni članek je objavljen v reviji Int. J. for Numer. Meth. in Engineering.	
	ANG	The paper treats almost periodic vibrations of the rotor system with an electromagnetic damping and nonlinear characteristics of bearings as well as bifurcations during the transition from periodic to aperiodic vibrations by using the Incremental harmonic balance (IHB) method with multiple time scales. The paper is important in the design of various rotor systems with the emphasis on the stable operation. The original scientific paper is published in the Int. J. for Numer. Meth. in Engineering.	
	Objavljeno v	Int. j. numer. methods eng., Jan. 2004, vol. 59, iss. 2, str. 255-292. JCR IF: 1.501, SE (3/61), engineering, multidisciplinary, x: 0.57, SE (7/162), mathematics, applied, x: 0.698	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	8442134	
4.	Naslov	SLO	PUŠENJAK, Rudi. Extended Lindstedt-Poincare method for non-stationary resonances of dynamical systems with cubic nonlinearity.
		ANG	PUŠENJAK, Rudi. Extended Lindstedt-Poincare method for non-stationary resonances of dynamical systems with cubic nonlinearity.
	Opis	SLO	Članek obravnava nestacionarna nihanja togo-členkasto vpetih nosilcev pri prehodu skozi nestacionarno osnovno resonanco s počasnim spreminjanjem vzbujevalne frekvence oziroma vzbujevalne amplitude. Upoštevani so vplivi notranje resonance in vzbujanje superharmoničnih resonanc v odvisnosti od izbranega nivoja vzbujevalne amplitude. Delo je pomembno za načrtovanje raznovrstnih konstrukcij saj so izračunani odzivi utemeljeni na realnejših predpostavkah kot pri stacionarnem vzbujanju.
		ANG	The paper treats nonstationary oscillations of clamped-hinged beam in the passage through nonstationary fundamental resonance with slowly varying excitation frequency or excitation amplitude. In the study, the influence of internal resonance and excitation of superharmonic resonances in dependence on excitation amplitude level are considered. The work is important for design of various structures because responses are computed on the real assumptions and are fundamentally different from the responses in the stationary case.
	Objavljeno v		J. Sound Vib., July 2008, vol. 314, iss. 1/2, str. 194-216. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2008.01.002 . JCR IF (2007): 1.024, SE (11/28), acoustics, x: 1.012, SE (23/107), engineering, mechanical, x: 0.706, SE (39/112), mechanics, x: 1.049
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12081430	
5.	Naslov	SLO	AVSEC, Jurij, OBLAK, Maks. Thermal vibrational analysis for simply supported beam and clamped beam.
		ANG	AVSEC, Jurij, OBLAK, Maks. Thermal vibrational analysis for simply supported beam and clamped beam.
	Opis	SLO	Predstavljen članek prikazuje vpliv temperaturnega polja na nihanja nosilcev. Zaradi relativno visokih temperaturnih sprememb v nosilcih smo izdelali model kjer so osnovne termomehanske veličine stanja temperaturno odvisne. Poglobljena analiza prikazuje, kako majhne temperaturne spremembe vplivajo na lastne frekvence nosilcev. Primerjava izmerjenih in analitičnih rezultatov kaže na dobro ujemanje.
		ANG	The presented paper shows how the temperature field in beams has impact on vibrations of beams. Due to the relatively high possible temperature variations in beams we have developed the mathematical model where fundamental thermomechanical properties of state are functions of temperature. The detailed analysis shows, that also small changes of temperature cause significant changes of natural frequencies for beams. The comparison between our analytical model and experimental data shows good agreement.
	Objavljeno v		J. Sound Vib., Dec. 2007, vol. 308, iss. 3/5, str. 514-525. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2007.04.002 . JCR IF (2006): 0.884, SE (12/28), acoustics, x: 0.895, SE (31/106), engineering, mechanical, x: 0.741, SE (47/109), mechanics, x: 1.092 tipologija 1.06 -> 1.01
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> PREDAN, Jožef. Gonilna sila razvoja razpoke v nehomogenem materialu : doktorska disertacija.
		<i>ANG</i> PREDAN, Jožef. Crack Driving Force in Inhomogeneous Materials: PhD thesis.
Opis	<i>SLO</i>	Doktorska disertacija obravnava ocenitev gonilne sile razvoja razpoke v nehomogenih materialih z razpoko. Nehomogene lastnosti materiala povzročijo dodatno gonilno silo razvoja razpoke imenovano parameter nehomogenosti materiala, $C_{\text{spodaj}}^{\text{inh}}$. Parameter $C_{\text{spodaj}}^{\text{inh}}$ lahko izračunamo s preprostim postopkom, ki sledi konvencionalni analizi napetosti s pomočjo metode končnih elementov ali z izračunom J-integrala okrog meje nehomogenosti materiala.
	<i>ANG</i>	The dissertation deals with the assesment of the crack driving force for cracks in inhomogenous materials. The material inhomogeneity induces an additional crack driving force so-called material inhomogeneity term, $C_{\text{sub}}^{\text{inh}}$. This term can be either evaluated by a simple post-processing procedure, following conventional finite element stress analysis, or by evaluating the J-integral along a contour around the interface, $J_{\text{sub}}^{\text{int}}$.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	(Fakulteta za strojništvo, Doktorske disertacije). Maribor: [J. Predan], 2005. XIII, 149 f., ilustr.	
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
COBISS.SI-ID	9578262	
2.	Naslov	<i>SLO</i> VOHAR, Bojan. Optimizacija manipulatorja z upoštevanjem elastičnih deformacij : doktorska disertacija.
		<i>ANG</i> VOHAR, Bojan. Optimization of a robotic manipulator considering elastic deformations: PhD thesis.
Opis	<i>SLO</i>	V doktorski disertaciji je predstavljen nov pristop k optimizaciji elastičnih mehanskih sistemov s poudarkom na odprtih kinematičnih verigah. Novost je v uporabi končnih elementov, ki temeljijo na formulaciji absolutnih vozliščnih koordinat. Ta formulacija je posebej primerna za dinamične analize sistemov elastičnih teles, kjer so prisotni veliki pomiki ter majhne ali velike deformacije.
	<i>ANG</i>	The dissertation describes the new approach to shape optimization of elastic multibody systems, in particular of open kinematic chains. The novelty is the utilization of finite elements, based on the recently introduced absolute nodal coordinates formulation. This formulation is suitable for analyzing dynamic mechanical systems that are subjected to large displacements and small or large deformations.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	(Fakulteta za strojništvo, Doktorske disertacije). [Maribor: B. Vohar], 2006. XI, 119, [6] f., ilustr.	
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
COBISS.SI-ID	230804992	
3.	Naslov	<i>SLO</i> PUŠENJAK, Rudi, AVSEC, Jurij, OBLAK, Maks. Extended Lindstedt-Poincare method with multiple time scales for nonstationary oscillations.
		<i>ANG</i> PUŠENJAK, Rudi, AVSEC, Jurij, OBLAK, Maks. Extended Lindstedt-Poincare method with multiple time scales for nonstationary oscillations.
Opis	<i>SLO</i>	Članek predstavlja razširjeno Lindstedt-Poincarejevo metodo, ki uporablja več časovnih skal za obravnavo nestacionarnih nihanj, ki se pojavljajo v dinamičnih sistemih s kubičnimi nelinearnostmi. Pri prehodu skozi resonanco je izvedena študija odstopanj nestacionarne resonance od stacionarnega odziva. Metoda je uporabljena pri Duffingovem in van der Polovem nihalu, pri čemer sta proučena vpliv spremenljive vzbujevalne frekvence in vzbujevalne amplitude.
	<i>ANG</i>	The paper presents the extended Lindstedt-Poincare (EL-P) method, which applies multiple time scales to treat nonstationary oscillations arising in dynamical systems with cubic non-linearities. The passage through the

		resonance is conducted to study deviations from the stationary response. The method is applied to the dynamical systems such as Duffing oscillator and van der Pol oscillator, whereat effects of varying the excitation frequency and varying the excitation amplitudes, respectively are studied.	
	Šifra		
	Objavljeno v	IMECE2006. [S.l.]: ASME, cop. 2006, 8 f., Paper IMECE2006-14249. kategorija: 4D (Z2); tipologijo je verificiral OSICN točke: 20, št. avtorjev: 3/3	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
	COBISS.SI-ID	10864662	
4.	Naslov	<i>SLO</i>	PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks, AVSEC, Jurij. Non-stationary oscillations at slow transitions across instabilities.
		<i>ANG</i>	PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks, AVSEC, Jurij. Non-stationary oscillations at slow transitions across instabilities.
	Opis	<i>SLO</i>	Članek predstavlja študijo nestacionarnih nihanj, ki temelji na razširitvi Lindstedt-Poincare metode z več časovnimi skalami za nelinearne dinamične sisteme s kubičnimi nelinearnostmi. Prikazana je posplošitev metode za raziskavo nestacionarnih resonanc dinamičnih sistemov s šibkimi nelinearnostmi, če se parameter upravljanja oziroma vzbujanja sistema počasi spreminja pri prehodu skozi točke nestabilnosti, ki ustrezajo nastanku bifurkacij.
		<i>ANG</i>	The paper presents the study of non-stationary oscillations, which is based on extension of Lindstedt-Poincare (EL-P) method with multiple time scales for non-linear dynamical systems with cubic non-linearities. The generalization of the method is presented to discover the passage of weakly non-linear systems through the resonance as a control or excitation parameter varies slowly across points of instabilities corresponding to the appearance of bifurcations.
		Šifra	
		Objavljeno v	IMECE2007, 2007 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, November 11-15, 2007, Seattle, Washington, USA. IMECE2007 : proceedings of the 2007 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, November 11-15, 2007, Seattle, Washington, USA. ASME, cop. 2007, 7 f., Paper IMECE2007-41083. kategorija: 4D (Z2); tipologijo je verificiral OSICN točke: 20, št. avtorjev: 3/3
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
	COBISS.SI-ID	11866646	
5.	Naslov	<i>SLO</i>	GUBELJAK, Nenad, PREDAN, Jožef. Application of Structural INTEgrity Assessment Procedure to nuclear power plant component.
		<i>ANG</i>	GUBELJAK, Nenad, PREDAN, Jožef. Application of Structural INTEgrity Assessment Procedure to nuclear power plant component.
	Opis	<i>SLO</i>	Vabljen predavanje je bilo namenjeno prikazu aplikacije parametrov mehanike loma na komponenti visokotlačnega cevovoda. Opravljena je analiza celovitosti na tri različna načina s katerimi smo ugotovili prednosti in pomanjkljivosti vseh treh postopkov. Opravljena je bila inženrska analiza s pomočjo uporabe priročnikov in procedur kot je SINTAP kakor tudi numerična analiza na 3D modelu z metodo končnih elementov. Raziskava je pokazala, da z inženjskim pristopom, ki omogoča enostavno spreminjanje dolžine in oblike razpoke pridemo relativno enostavno do konzervativnih rešitev.
		<i>ANG</i>	Structure integrity assessment is issued to failure prediction of cracked structural component regarding to increasing applied load or crack size. In order to ensure safe use of cracked structural component the many standards and procedures are available (e.g. SINTAP). The results obtained by using of these procedures consist always certain portion of conservatism, what leads to underestimation of the real carrying capacity of engineering component.
		Šifra	
		Objavljeno v	1st Africal interquadrennial ICF conference [also] AIQ-ICF 2008, Algiers, 1-5 June 2008. Damage and fracture mechanics : failure analysis of engineering materials and structures : conference proceedings. [S. l.: s. n., 2008], [10] str.
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
	COBISS.SI-ID	12315414	

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Razvoj IHB metode in EL-P metode je temeljil na uvedbi več časovnih skal, ki omogočajo obvladovanje problemov, ki niso le periodične, ampak tudi aperiodične narave. Uvedba dodatne, počasne časovne skale v EL-P metodo omogoča, da obravnavamo ne samo stacionarne, temveč tudi nestacionarne aperiodične pojave, kar je povsem nov pristop pri reševanju tovrstnih problemov. V analizi so upoštevane nelinearne frekvence nihajočih sistemov, ki so lahko nekomenzurne in pogojene z notranjimi resonancami. V mehaniki loma je razvit model, s katerim pojasnimo spreminjanje hitrosti utrujenostne rasti razpoke med utrujenostnim napredovanjem razpoke v nehomogenem preizkušancu z zaostalimi napetostmi. Uvedba več dimenzijskih skal v numerične analize omogoča pravilno modeliranje nastanka in rasti lokalnih napak preiskovanega materiala. Na področju optimizacije smo prispevali k razvoju novih postopkov optimizacije. Najpomembnejša pridobitev je učinkovita parametrizacije oblike konstrukcij in upoštevanje njihove stabilnosti med procesom optimizacije. Raziskave na področju statistične mehanike in s tem povezan razvoj teoretičnih modelov ima velik pomen za izračun ravnotežnih in neravnotežnih mehanskih lastnosti v trdnih snoveh in tekočinah.

ANG

Development of the IHB and EL-P methods, respectively is based on the application of multiple time scales, which enable to treat problems of periodic as well as aperiodic nature. The introduction of an additional, slow time scale into EL-P method enables the treatment of stationary and nonstationary aperiodic phenomena, which is the newest approach in solving problems of this type. In the analysis, nonlinear frequencies of oscillating systems are considered, which can be noncommensurate in general and influenced by internal resonances. In the fracture mechanics the model is developed, which can explain the variation of the fatigue crack growth rate during the fatigue crack propagation in inhomogeneous specimens including residual stresses. The introduction of multiple scales into numerical analysis enables the correct modelling of the crack initiation and local crack growth in specimens. On the field of optimization we contributed to the development new optimization procedures. The most important gain is an effective shape parametrization of structures and the consideration of their stability during the optimization process. Research in the field of statistical mechanics and development of the theoretical models has a great meaning for the computation of equilibrium and nonequilibrium mechanical properties of solids and fluids.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Opravljene raziskave so velikega pomena za zagotavljanje kvalitete delovanja konstrukcij in nelinearnih mehanskih sistemov v spreminjajočih se pogojih obratovanja. Raziskave imajo velik aplikativni pomen na področju konstrukcijskih elementov kot so nosilci, plošče, lupine kot tudi v nelinearni dinamiki rotorjev ter mehanskih sistemov s spremenljivo strukturo. V okviru opravljenih raziskav smo napetostno in deformacijsko analizirali mejno lomno obnašanje heterogenih materialov in komponent. Rezultati omogočajo razvoj novih nehomogenih materialov za izdelke, ki lahko dosežejo iskane visoke mehanske in funkcionalne lastnosti. Rezultati so pokazali, da je nehomogenost, ki običajno povzroča nestabilnost v lomnem obnašanju, mogoče z pravilnim načrtovanjem uporabiti za doseganje višje nosilnosti in večje odpornosti proti inicijaciji in rasti razpoke. Aplikacija rezultatov raziskav bi omogočila izdelavo slovensko prepoznavnih izdelkov z visoko dodano vrednostjo in zagotovljeno visoko kakovostjo. Razviti optimizacijski postopki omogočajo učinkovito optimalno oblikovanje konstrukcij. Ta nova znanja bodo koristna za povečevanje konkurenčnosti tistih podjetij, ki se ukvarjajo s projektiranjem konstrukcij. Nova znanja na področju statistične mehanike in vpliva temperature v termomehanskih modelih bodo koristna v osvajanju nanotehnologij in mikroelektromehanskih sistemov.

ANG

Researches, which are recently performed, have a greath meaning for quality assurance of structures and nonlinear mechanical systems during the changeable operation conditions. Researches have a greath applicative meaning in the area of structural elements such as beams, plates, shells as well as in the rotordynamics and mechanical systems with flexible structures.

In frame of performed research, it was performed stress-strain analysis of fracture behaviour of inhomogeneous advanced materials. Results show development of new inhomogeneous materials for components in order to gain certain mechanical and functional properties. An inhomogeneity of materials usually exhibit unstable fracture behaviour, but it is possible to improve higher loading capacity and higer crack initiaton and crack growth resistance by appropriate design of inhomogenous structures. Application of research results contribute to development of national significat products such structure's components with advanced performance with high level of quality.

The newly developed optimization procedures enable efficient shape design of structures. This new knowledge will increase the competitiveness of the enterprises, dealing with structural design.

Knowledge in the area of the statistical mechanics and influence of the temperature in thermomechanical models will be useful in conquering of nanotechnologies and MEMS.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	3	
- doktorati	2	1
- specializacije		
Skupaj:	5	1

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	1		
- gospodarstvo	1	2	
- javna uprava			
- drugo		1	
Skupaj:	2	3	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	Tehnički vijesnik (uredniško delo) Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu [COBISS.SI-ID 15346181]	2
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

8.		
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	0

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

European Fitness-for-service Network" G1RT-CT-2001-05071, FITNET, 5.o.p. 2002-2006
"A novel, high-performance economic steel concept for pipeline."-HIPERC 6.o.p. 2005-2008 RFSR-CT-2005-00027
Development of Class and Lab Experiments Model Library to Enhance the Quality of Engineering Education-CemLib, Leonardo da Vinci project, 2006-2007
Mobilni sistem za zagotovitev celovitosti konstrukcij-MOSTIS Eureka projekt E!3927 2007-2010

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

"Dauerschwingfestigkeitversuche und statische Zerreiβversuche an Tragarm EM-Carrier 1710715A, po naročilu podjetja Metalka Wien 50848, Avstrija
Nizkociklično deformacijsko utrujanje po naročilu IMT št. 99/05
Analiza celovitosti prirobnice reaktorja po naročilu naročilnice Matkoenerg Zagreb 01-2005, Hrvaška
Računalniški program "FITNET Demo Software" po GKSS 30048734, Nemčija
Bilateralni znanstveno-raziskovalni projekt Inteligentni in evolucijski algoritmi za optimizacijo konstrukcij, BI-HR/07-08-024.

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks. Stabilnost lineariziranih mehanskih sistemov z metodo koračnega harmonskega ravnovesja.
Opis	Članek uporablja Lagrangev formalizem za izpeljavo enačb gibanja odprte knematične verige nihaj, kjer poleg gravitacije na sistem nihaj deluje harmonično vzbujanje podpore, nihala pa v členkih rotirajo brez trenja ter enačb gibanja togo-členkastega nosilca, ki ga vzbujamo s harmonično osno silo. V obeh primerih so obravnavana področja stabilnosti z uporabo metode koračnega harmonskega ravnovesja.
Objavljeno v	KORELC, Jože (ur.), ZUPAN, Dejan (ur.). Kuhljevi dnevi 2007, Snovik, 20.-21. september 2007. Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2007, str. 179-188.
COBISS.SI-ID	11703318

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	AVSEC, Jurij. Nanotehnologije in gorilne celice - sedanost in prihodnost.
Opis	V članku je na poljuben način prikazan pomen nanotehnologij na področju termomehanike, nelinearne mehanike, vibracij, hlajenja, gorivnih celic in možnosti uporabe nanotehnologij.
Objavljeno v	Kated. (Maribor), apr. 2008, letn. 3, št. 4, str. 24-25.
COBISS.SI-ID	12191766

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Mehanika objektov in procesov
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Celovitost konstrukcij
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Optimiranje konstrukcij
	Vrsta študijskega programa	Strojništvo; dodiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	Mehanika loma
	Vrsta študijskega programa	Strojništvo; dodiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UM, Fakulteta za strojništvo

5.	Naslov predmeta	Optimizacija konstrukcij
	Vrsta študijskega programa	Gradbeništvo; podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
6.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
7.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar [15](#)

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	28.900
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Pripravili smo nanomodificirana celulozna, PP in PETP vlakna. Vlakna smo površinsko modificirali z nanodelci amorfnega SiO₂ (izhodna substanca TEOS) z namenom spremembe površinskih lastnosti: morfologije, naboja, elektrokinetičnih lastnosti, hidrofilitnosti, ognjevarnosti, itd. Postopek je bil posebno učinkovit na predobdelanih regeneriranih celuloznih vlaknih, kjer smo s polikondenzacijo delcev in situ dosegli homogeno porazdelitve delcev po prerezu in površini vlakna. Razvijali smo še nanoprevleke na osnovi TiO₂ s samočistilnimi lastnostmi na poliestrni pletenini in liocelnih vlaknih ter tkanini. Uporabili smo dva različna postopka izdelave fotokatalitičnih TiO₂ prevlek (neposredno oblikovanje nanoprevleke na vlaknih s sol-gel tehniko in vezavo predhodno oblikovanih TiO₂ nanodelcev na vlakna). S postopkom vezave že oblikovanih nanodelcev smo dosegli višjo samočistilno učinkovitost, vendar tudi večji vpliv na oksidacijsko razgradnjo celuloze. Zato smo razvili postopek izdelave poroznega nanonanosa SiO₂ z vključenimi delci TiO₂. Objavljen je patent, ki opisuje modifikacijo tekstilnih površin s sol-gel nanosi [COBISS.SI-ID 9804566]. Površine regeneriranih celuloznih tkanin smo modificirali s plazmo (kisik, vodik, dušik). XPS analize kažejo, da na površini vzorcev nastajajo nove funkcionalne skupine v odvisnosti od uporabljene plazme. Hidrofilitnost se pri obdelavi z O₂ plazmo poveča, mehanske lastnosti so nespremenjene. Bombažno celulozo smo modificirali z adsorpcijo različnih karboksimetil celuloz. Je prva metoda, ki sočasno z zvišanjem celokupnega anionskega naboja vlaken ohranja oz. izboljšuje nekatere mehanske lastnosti vlaken in hkrati poveča učinkovitost interakcij s kationskim tenzidom cetil piridinijevim kloridom za približno 80%. Razvili smo tehnološki

postopek izdelave novega viskozne tampona s pH regulirajočimi ter antibakterijskimi in antimikotičnimi lastnostmi. Postopek temelji na tehniki pršenja raztopine hitozana na tampon, s čimer je omogočeno homogeno in konstantno naprševanje na vhodni celulozni material. Pri postopku pršenja ni odpadne raztopine, uporabljena raztopina ne vsebuje nobenih dodatnih, za okolje obremenilnih snovi; pridobljen je patent, ki opisuje doseganje protimikrobnosti z chitozanom obdelanih regeneriranih vlaken; [COBISS.SI-ID [10626582](#)].

Razvijali smo postopke nanašanja različnih naravnih in modificiranih polisaharidov na površine PET folij z namenom doseganja boljše kompatibilnosti s krvjo; v letu 2007 je bila podana patentna prijava [COBISS.SI-ID [11320854](#)]; Uvajali in optimirali smo in-vitro metodo za spremljanje biokompatibilnosti površin iz sintetičnih in naravnih polimerov. Metoda temelji na statičnem stiku površine s svežo krvjo in spremljanju strjevanja le-te. Metodo smo optimirali in tako znižali standardno deviacijo merilnih rezultatov za skoraj 90%. Tako je postala metoda dovolj občutljiva tudi za spremljanje razlik med različno kemično modificiranimi sintetičnimi površinami.

Skupaj z Univerzo v Rennesu smo razvijali nove sol-gel materiale s prevodnimi lastnostmi. Sintetizirane superprevodne sol-gel prekursorje na bazi tetratio tetraazo fulvalenov smo obdelali po sol-gel postoku vlakna. SEM analiza je pokazala, da so vlakna prevodna, vendar je potrebna še modifikacija sol-gel postopka za izboljšanje obstojnih lastnosti sol-gel nanosov. S pomočjo Stroberjeve analize smo pripravili nove sol-gel nanomateriale velikosti od 10 do 100 nm.

Uporabili smo polifunkcionalni reagent BTCA (1,2,3,4-butantetrakarboksilna kislina) za zamreženje hidroksilnih skupin celuloznih vlaken ter za kopolimerizacijo funkcionalnih komponent (b-ciklodekstrina, etilcelulozne mikrokapsule) na različne tekstilne substrate, kot so volna, viskoza in PES. Obstojnost obdelave tekstilnega substrata smo testirali s pomočjo barvnih reakcij s fenolftaleinom in fenol rdečim ter s pomočjo ATR in Raman FT-IR spektroskopije. Pripravili smo na pranje obstojne mikro/nano kapsulirane tekstilne substrate, ki so sposobni kontrolirano sproščati aktivne substance (prijeten vonj, antimikrobne in insekticidne reagente in zdravila). Tako obdelane tekstilije lahko uporabljamo za kozmetične in higienske namene ter za tekstilije za dom.

Na področju uporabe barvne metrike v računalniški formulaciji receptur za barvanje poliakrilo nitrila z bazičnimi barvili smo izvedli obsežne računalniške simulacije, kako se vpliv slučajnih napak v doziranju in vpliv napak v jakosti barvil spreminja v odvisnosti od položaja ciljne barve v prostoru barv. Na izbrani bombažni tkanini smo pripravili umeritvena obarvanja za osem reaktivnih barvil, pripravili bazo podatkov za računalniško formulacijo receptur in prilagodili programsko opremo.

V skladu z zastavljenimi cilji smo v preteklem obdobju razvili prototipno napravo za UV utrjevanje UV pigmentne tiskarske gošče in UV pigmentne disperzije, ki so bile modificirane na način, da so ustrezale zahtevam digitalnega tiskanja z brizgalnim DOD piezo in »bubble-jet« tiskalnikom tekstilij. Ugotovili smo, da izbrano visokotlačno živosrebrno svetilo (200 W/cm^2) ne povzroča povečanja indeksa porumenitve YI_{ASTM} ter spremembo optičnih in mehanskih lastnosti na bombažnem, svilenem in PES substratu. Barvne obstojnosti UV utrjenih odtisov (pranje, suho/mokro drgnjenje) zavzemajo vrednosti med 4 in 4,5. ATR-FTIR spektroskopija je pokazala, da je stopnja UV zamreženja butadienskega in poliuretana akrilatnega pigmentiranega veziva v prisotnosti zraka presenetljivo visoka (med 65% in 80%), kar lahko pripišemo sestavi tiskarske barvne gošče (voda, gostilo, fotoiniciator, pigment, TPS) oz. pigmentne disperzije (voda, fotoiniciator, pigment, pomožna sredstva) kakor tudi sovpadanju emitiranih valovnih dolžin UV sevala z absorpcijskimi lastnostmi izbranega

polifunkcionalnega polimernega fotoiniciatorja. Prototipna UV naprava, kot tudi razvita tehnologija brizgalnega tiskanja UV pigmentnih disperzij sta bili uspešno uporabljeni pri izdelavi replik tekstilnih muzealij (Maistrova zastava, poslovilno pismo na robčku-Muzej Narodne osvoboditve Maribor) ter pri izdelavi vzorčne kolekcije dekorativnih tkanin za slovensko tekstilno tovarno.

Razvili smo postopek recikliranja tiskarskih gostil iz ostankov tiskarskih barvnih gošč in iz koncentratov odpadnih vod, ki temelji na ultrafiltraciji. Reološka karakterizacija recikliranih gostil kaže zmerne spremembe v pretočnih in viskoelastičnih lastnostih gostil, ki so izključno posledica sprememb polidisperznosti in povprečjih molekulskih mas. Reciklirana gostila se lahko ponovno uporabijo za ploski filmski tisk bombažne tkanine z reaktivnimi barvili. Kakovostni parametri tiskanja (nanos tiskarske barvne gošče, globina barvnega tona in penetracija, barvne obstojnosti na pranje in drgnjenje ter barvnometrično vrednotenje) so pokazali primerljive rezultate pri uporabi osnovnih in recikliranih gostil.

Sintetizirali in modificirali smo polifunkcionalne 2*H*-1-benzopiran-2-iminskih derivate, pomembne inhibitorje tirozin kinaz. 2*H*-1-benzopiran-2-imini kažejo intenzivno fluorescenco, nekateri pa biološko aktivnost (antiproliferacijska in antibakterijska sredstva).

Odpadne vode iz tekstilne industrije in pralnic smo razbarvali in čistili z AOP postopki (H_2O_2/UV , H_2O_2/O_3 , $H_2O_2/termo$, UZ, H_2O_2/UZ), mikrobiološkimi postopki, adsorpcijo na oglju, adsorpcijo na bioadsorbentu, rastlinskimi čistilnimi napravami in z membranami. Z ultrazvokom smo razbarvali in razgrajevali reaktivna barvila. Uporabili smo nizko frekvenčni in visokofrekvenčni UZ in ju ovrednotili s stališča pretvorbe električne energije v akustično in nastajanja oksidantov (OH^\bullet , H_2O_2). Uspešnost UZ razbarvanja je odvisna od vrste uporabljenega UZ sistema, frekvence, E_a , pH, c_0 in strukture barvila. Za nizke koncentracije je možno v kratkem času doseči popolno razbarvanje. Razbarvanje lahko pospešimo tudi z dodatkom oksidanta in katalizatorja. Uspešnost metode smo preverjali s parametri onesnaževanja, MS in IC. Termo/UV/ H_2O_2 AOP postopek je učinkovit za kovinsko kompleksna in reaktivna barvila, neprimeren za disperzna. Kombinacija $H_2O_2/UV/termo$ postopka z bioflotacijo in optimiranjem procesa oksidativne obdelave z nevronskimi mrežami in načrtovanjem eksperimentov se je izkazalo kot ustrezno, saj znatno zmanjša stroške razbarvanja. Pri tem smo uporabljali tako Kohonenove protitočne kot nevronske mreže z vzratnim širjenjem napake. Integracija H_2O_2/O_3 in adsorpcije na aktivno oglje je bila pri razbarvanju kislih barvil uspešnejša od O_3 in H_2O_2/O_3 postopka. Študirali smo razbarvanje s pomočjo O_3 postopkov in sicer kislega, direktnega in reaktivnega barvila. Rezultati so dobri, najboljši pri reaktivnem barvilu (95%).

Z različnimi naravnimi sistemi s pritrjeno maso (rastlinske čistilne naprave in biofiltri) smo preučevali učinkovitost čiščenja sintetično pripravljenih tekstilnih barvalnih odpadnih vod. Učinkovitost čiščenja je odvisna od sestave odpadne vode (pH, količine elektrolita, koncentracije in strukture barvila in tekstilnih pomožnih sredstev, itd.), vrste in količine nosilca (pesek, naravni zeoliti, šota), lastnosti nosilca na katerem so pričvrščeni mikroorganizmi (pH, površina, granulacija, poroznost, sposobnost sorpcije) in parametrov sistema (hitrost pretoka, zadrževalni čas, vsebnost kisika, omočenost nosilca). Kot najučinkovitejša v vseh sistemih se je izkazala kombinacija naslednjih nosilcev, v plasteh od zgoraj navzdol: grob pesek, ki zadrži večje delce; šota z veliko sposobnostjo adsorpcije barvil in organskih snovi iz odpadne vode; zeolitni tuf granulacije 4-12 mm z veliko sposobnostjo filtracije, adsorpcije, ionske izmenjave in prirasta mikroorganizmov za razgradnjo barvil; ter na dnu grob pesek, ki

preprečuje spiranje nosilcev iz sistema.

V okviru mikrobioloških postopkov smo preučevali učinkovitost ekstracelularnih ligninolitičnih encimov lakaze in MnP, izoliranih iz glive *Ischnoderma resinosum* pri razbarvanju izbranih reaktivnih barvil (Reactive Black 5, Reactive Blue 19, Reactive Red 22, Reactive Yellow 15). Razbarvanje barvil kot tudi njihovih barvalnih kopeli s kulturno raztopino *I. resinosum*, pri enaki količini ligninolitičnih encimov (25 mU/mL lakaze in 115 mU/mL MnP), se je izkazalo za bolj učinkovito v primerjavi z izoliranimi individualnimi encimi. Raziskava je prav tako pokazala na nepomemben učinek MnP na razbarvanje v primeru uporabe celotne kulturne raztopine, medtem, ko je lakaza uspešno razbarvala vsa barvila ob souporabi redoks mediatorjev, violuronske kisline in hidroksibenzotriazola. Glede na številne študije v zvezi z uporabo različnih belo-rdečih gliv pri razbarvanju in razgradnji sintetičnih barvil, se je gliva *I. resinosum* izkazala za najbolj učinkovito tako pri izločanju lignolitčnih encimov kot tudi pri razbarvanju širokega spektra barvil. Sonaravna sanacija odlagališča odpadkov pri Ormožu se je izkazala kot učinkovita pri zmanjševanju parametrov onesnaževanja.

Raziskovali smo tudi obstojne organske halogenirane spojine v tekstilni industriji, to je PCDD, PCDF, PCB ter izvor teh spojin v disperznih azo barvilih. V nekaterih disperznih azo barvilih smo z HRGC/HRMS določili visoke koncentracije PCDD/F (C.I. Disperse Brown 1, 3400 pg/g TEKV-WHO). Dioksini dodatno nastajajo iz kloriranih predhodnih spojin med postopkom barvanja poliestrov, kar je povsem nova ugotovitev. Več kot 80% dioksinov, prisotnih v barvalni kopeli, se na koncu nahaja v obarvanih tekstilnih materialih, 20 % dioksinov pa najdemo v odpadnih tekstilnih barvalnih vodah. AOP ne vplivajo na dvig vrednosti PCDD/F. Postopek z aktiviranim biološkim blatom je učinkovit pri odstranjevanju POP iz odpadnih barvalnih vod. Kot presejalno metodo za določevanje POP v vzorcih tekstilne industrije predlagamo HRMS.

Na področju nege tekstilij so bile izvedene raziskave, katerih namen je bil izločiti prisotnost RNK rotavirusov v vodi iz bolnišnične pralnice (glavni povzročitelji diareje). Reakcije za določevanje prisotnosti RNK rotavirusov v vzorcih vode (RT-PCR in nested-PCR z uporabo specifičnih oligonukleotidov za pomnoževanje gena, ki so sledile ultrafiltraciji in izolaciji RNK). Ugotovili smo, da kemijsko termični razkuževalni postopek pranja ni ustrezen (dokazali prisotnost RNK virusov v odpadnih pralnih vodah). Zato smo definirali nove razkuževalne postopke pralnih vod, ki so odpravili ugotovljeno pomanjkljivost, s čimer smo prispevali k znižani stopnji ogroženosti za zdravje prebivalstva.

Razviti in preizkušeni so bili senzorji, ki so nam omogočili »on-line« spremljanje ekoloških parametrov v plemenitilnih procesih (pranje reaktivno barvanih tekstilij) in v pralnih vodah pralnic. S pomočjo on-line senzorskega nadzora procesa pranja in modificirane recepture ter postopka pranja smo ugotovili, da je možno znižati porabo vode za 30%. Kombinacija razvitih senzorjev (pH, prevodnost, temperatura, obarvanost, redokspotencial, vsebnost aktivnega kisika) je bila integrirana v prototipno membransko čistilno enoto in preizkušena v industrijskem okolju slovenskega tekstilnega podjetja. Razvit je bil tudi UV senzor za identifikacijo površinsko aktivnih snovi in pralnih sredstev v vodah pralnic. Za razvite senzorje je bil vložen patentni zahtevek. Na področju čiščenja odpadnih voda, ki nastajajo po pranju reaktivno tiskanih celuloznih tekstilij, smo raziskali površinske lastnosti novih nanofiltracijskih polimernih membran, kar je omogočilo njihovo uporabo v industriji za čiščenje tekstilnih odpadnih voda.

Razvijali smo senzorje za detekcijo fosfatov v vodnem mediju: imobilizirali smo Tb in Eu kelate v različne sredine in poskušali detektirati fosfate s pomočjo časovno razločene fluorescence. Razvijali smo nove senzorske sisteme za določevanje aminov. Oba senzorska sistema sta uporabna tako na področju ekologije kot tehnoloških procesov.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Kot vodja programske skupine ocenjujem, da smo skoraj vse zastavljene raziskovalne cilje realizirali, saj smo modificirali tekstilne površine na nano in mikro nivoju z uvedbo specifičnih funkcionalnih skupin, s kemijsko, encimsko in ultrazvočno obdelavo in obdelavo s plazmo, z vgrajevanjem polifunkcionalnih in "host-guest" reagentov ter sol-gel nanosi na tekstilnih površinah za specialne tehnične tekstilije (industrijski filtri). Sintetizirali in modificirali smo polifunkcionalne reagente in barvila.

Okarakterizirali smo molekulske, nadmolekulske in morfološke zgradbo novih inovativnih multifunkcionalnih materialov in določili korelacije med njihovimi površinskimi lastnostmi ter njihovo reaktivnostjo.

Študirali smo kinetiko in termodinamiko plemenitilnih procesov ter interakcije med površino tekstilnega materiala in plemenitilnimi sredstvi.

Proučevali in uvajali smo alternativne ekološke plemenitilne procese in materiale. Študirali smo možnosti uporabe ultrazvoka pri raztapljanju plemenitilnih sredstev, pripravi tekstilnih površin in njihovem čiščenju, pri modifikaciji in razgradnji polimernih tekstilnih materialov.

Proučevali smo reološke in tehnološke parametre v procesu digitalnega tiska. Razvijali smo interdisciplinarno znanost o barvi ter modele računalniškega receptiranja z uporabo genetskih algoritmov in nevronske mreže. Barvno metriko smo vključevali v pripravo, optimiranje in kontrolo kakovosti procesov barvanja in tiskanja v tekstilni industriji. Učinke plemenitenja smo preučevali z vidika tehnoloških in negovalnih lastnosti tekstilij. Odpadne vode iz tekstilne industrije in pralnic smo razbarvali in čistili z različnimi tehnologijami. Študirali smo prisotnost dioksinov v tekstilnih materialih in vodah. Razvijali smo senzorje za spremljanje tehnoloških in ekoloških parametrov v plemenitilnih procesih, odpadnih vodah in kemičnih čistilnicah ter pralnicah.

Uporabljali smo matematične modele, sodobne analize metode in nova dognanja s področja znanosti o površinah, nanoznanosti, nanotehnologij in novih visokozmogljivih polifunkcionalnih inteligentnih tekstilnih materialih.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	<i>SLO</i>	Ognjevarne lastnosti s SiO ₂ obdelanih regeneriranih celuloznih vlaken .
		<i>ANG</i>	Flame retardant activity of SiO ₂ -coated regenerated cellulose fibres.
	Opis	<i>SLO</i>	V članku je predstavljen postopek priprave ognjevarnih nanoprevlek na viskoznih vlaknih. Plast nanodelcev silicijevega dioksida na vlaknih deluje kot toplotni izolator in poviša temperaturo, pri kateri se prične toplotna degradacija celuloze. Učinkovitost modifikacije pogojuje homogenost nanoprevlek, ki je odvisna tudi od površinske morfologije vlaken, ki smo jo modificirali s postopki predobdelave vlaken.
		<i>ANG</i>	An alternative route to lower the flammability of viscose fibres is presented. Silica layer acts as a thermal insulator, shifting the temperature at which cellulose starts to degrade to higher values. Likewise, the silica coating also serves as a barrier for oxygen, as evidenced from a significant shift of exothermic peaks (attributed to oxygen combustion) to higher temperatures. The modification efficiency is conditioned by the homogeneity of nanocoating which is influenced by the fibre surface morphology, therefore fibres pre-treatment processes were studied and used.

	Objavljeno v	Polym. degrad. stab.. [Print ed.], 2007, vol. 92, no. 11, str. 1957-1965.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	3823130
2.	Naslov	<i>SLO</i> Mikrotitracijski luminiscenčni sensor za določevanje fosfata of uporabi europijevega tetraciklinskega kompleksa.
		<i>ANG</i> Microtiter plate assay for phosphate using a euporium-tetracycline complex as a sensitive luminiscent probe.
	Opis	<i>SLO</i> Izvirni znanstveni članek, v katerem smo predstavili nov luminiscenčni europijev sensor za določevanje vsebnosti fosfata (P) v obliki mikroplošče. Detekcija fosfata temelji na nihanju luminiscence kompleksa europijevega tetraciklina (EuTc) v razmerju 1:1, ob uporabi koncentracije reagenta 20,8 µmol/L. Linearno območje kalibracije za fosfat je med 5 x 10 ⁻⁶ mol/L in 7,5 x 10 ⁻⁴ mol/L, maksimum detekcije pa 3 µmol/L. Sistem najbolje deluje v nevtralnem pH 7 in je zato primeren za določevanje fosfata v bioloških in biokemijskih sistemih.
		<i>ANG</i> Original scientific paper, in which we presented a new luminiscent europium probe for determination of phosphate (P) in microtiter plate format. The assay is based on the quenching of the luminescence of the europium-tetracycline (EuTc) 1:1 complex by phosphate using a reagent concentration of 20.8 µmol/L. The linear range of the calibration plot is from 5 × 10 ⁻⁶ mol/L to 7.5 × 10 ⁻⁴ mol/L of phosphate, and the limit of detection is 3 µmol/L. The system works best at neutral pH 7 and is therefore suitable for phosphate determination in biological and biochemical systems.
	Objavljeno v	Anal. chim. acta. [Print ed.], 2006, vol. 555, iss. 2, str. 292-298. http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2005.09.007 .
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10105110
3.	Naslov	<i>SLO</i> Sinteza novih imino kumarinov in njihovih transformacij do N-kloro in hidrazono substituiranih spojin.
		<i>ANG</i> Synthesis of new iminocoumarins and their transformations into N-chloro and hydrazono compounds.
	Opis	<i>SLO</i> Izvirni znanstveni članek, v katerem smo predstavili sintezo novih imino kumarinov in njihovih transformacij do N-kloro in hidrazono substituiranih spojin. V članku je opisana Knoevenaglova kondenzacija med 2-hidroksibenzadlehidnimi derivati in spojino z aktivno metilensko skupino (malononitril, etil cianoacetat). Omenjene reakcije vodijo do iminokumarinskih in/ali kumarinskih derivatov. Razmerje med nastalimi produkti je odvisno od substituentov, vezanih na aromatskem obroču.
		<i>ANG</i> The synthesis of new iminocoumarina and their transformation to the N-chloro and hydrazono substituted coumarin derivatives were presented in the article. Knoevenagel reaction between 2-hydroxybenzaldehydes and active methylene compounds (malononitrile and ethyl cyanoacetate) produces iminocoumarins and/or coumarins. The ratio between the possible products strongly depends on the nature of the aromatic ring substituents.
	Objavljeno v	Tetrahedron. [Print ed.], 2005, vol. 61, iss. 29, str. 7012-7021.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	9647638
4.	Naslov	<i>SLO</i> Čiščenje obarvanih tekstilnih odpadnih vod na rastlinski čistilni napravi.
		<i>ANG</i> Residual dye bath purification using a system of constructed wetland.
	Opis	<i>SLO</i> V okviru izvirnega znanstvenega članka je bila preučena učinkovitost čiščenja obarvanih tekstilnih odpadnih vod na rastlinski čistilni napravi z namenom razvoja univerzalnega, enostavnega, poceni, okolju prijaznega, vendar še vedno dovolj učinkovitega postopka biološkega čiščenja. V raziskavi so bili uporabljeni različni naravni materiali (pesek, šota, tuf) kot nosilci biomase, ki posnemajo samočistilne procese v naravnih ekosistemih z različnimi fizikalnimi in kemijskimi procesi, kot so filtracija, sorpcija, ionska izmenjava, tvorba kompleksov in razgradnja z mikroorganizmi.
		<i>ANG</i> Original scientific article examines the treatment efficiency of constructed wetland for coloured textile wastewaters with the intention to developed an universal, simple, cheap, environmentally-friendly, but still enough efficient biological treatment procedure. Different natural materials (sand, peat, tuff) were applied in the research as biomass support media, which imitate self-purifying processes in natural ecosystems with numerous physical and

		chemical processes such as filtration, sorption, ion exchange, complex formation and degradation with microorganisms.
Objavljeno v		Dyes pigm.. [Print ed.], 2007, vol. 74, iss. 3, str. 503-507. http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.10.007 .
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10945558
5.	Naslov	<i>SLO</i> Protimikrobni učinek pranja bolnišničnih tekstilij. <i>ANG</i> Antimicrobial disinfection effect of a laundering procedure for hospital textiles against various indicator bacteria and fungi
	Opis	<i>SLO</i> V naši raziskavi smo določili protimikrobni učinek pranja s simulacijo običajnega postopka pranja bolnišničnih tekstilij v laboratorijskem pralnem stroju pri različnih temperaturah in z uporabo bioindikatorjev. Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Mycobacterium terrae, Enterobacter aerogenes in Pseudomonas aeruginosa smo uporabili za določevanje protibakterijskega učinka pranja.
<i>ANG</i> In our research, we determined the antimicrobial laundering effect by simulating a common laundering procedure for hospital textiles in the laboratory washing machine at different temperatures by the use of bioindicators. Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Mycobacterium terrae, Enterobacter aerogenes, and Pseudomonas aeruginosa were used for determining the antibacterial laundering effect. Candida albicans was used for determining the antifungal laundering effect.		
Objavljeno v		Diagn. microbiol. infect. dis.. [Print ed.], Mar. 2007, vol. 57, iss. 3, str. 251-257. http://dx.doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2006.08.020 .
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10756118

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i> B.01, B.02, C.01 5th World Textile Conference AUTEX 2005, 27-29 June 2005, Portorož, Slovenia <i>ANG</i> B.01, B.02, B.03 5th World Textile Conference AUTEX 2005, 27-29 June 2005, Portorož, Slovenia
	Opis	<i>SLO</i> Organizacija svetovne konference AUTEX 2005. Konferenca je bila pomembna tako za raziskovalne in pedagoške institucije kot za industrijo. Učinki konference se kažejo v boljših medsebojnih povezavah domačih in tujih partnerjev, bivših udeležencev konference. Na konferenci smo imeli plenarna, sekcijška predavanja, okroglo mizo ter poster sekcijo. Konferenca AUTEX 2005 je dokumentirana v zborniku referatov s priloženo zgoščenko, v COBISSu in v reviji Tekstilec.
<i>ANG</i> The organisation of World Conference AUTEX 2005. Effects of the conference are manifested in better links between slovene and foreign partners, participants of the conference. Conference AUTEX 2005 is documented in the book of proceedings with added CD, in COBISS and in national journal Tekstilec.		
Šifra		B.01 Organizator znanstvenega srečanja
Objavljeno v		5th World Textile Conference AUTEX 2005, 27-29 June 2005, Portorož, Slovenia. Proceedings. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Department of Textiles, 2005. 2 zv. (599 str.; str. 600-1184), ilustr. ISBN 86-435-0709-1.
Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID		54968065
2.	Naslov	<i>SLO</i> D.01 Koordinator v okviru mreže odličnosti »NOE 500375-2 Polysaccharides-EPNOE«. <i>ANG</i> D.01 The European Polysaccharide Network Of Excellence called EPNOE »NOE 500375-2 Polysaccharides-EPNOE«.

	Opis	SLO	Mreža odličnosti EPNOE, predstavlja največjo evropsko mrežo odličnosti na področju polisaharidov, ki je začela delovati v okviru 6. okvirnega programa. V njej sodeluje 16 evropskih inštitucij s področja karakterizacije, obdelave ter predelave polisaharidov. V omenjeni mreži kolegica Karin Stana-Kleinschek koordinira področje raziskav.
		ANG	The European Polysaccharide Network Of Excellence called EPNOE »NOE 500375-2 Polysaccharides-EPNOE« is a research and education network connecting 16 European laboratories from 9 countries focusing on polysaccharide science. In the EPNOE network is the leader of Slovenian partner Karin Stana KLEINSCHEK, the vice president for research and as such coordinates all the EPNOE activities connected to the research.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov	
	Objavljeno v	www.epnoe.eu	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
	COBISS.SI-ID	00	
3.	Naslov	SLO	D.01 Marie Curie, Transfer of Knowledge, Development Host Scheme (ToK/DEV):Development of Smart Polymer Surfaces – POLYSURF.
		ANG	D.01 Marie Curie, Transfer of Knowledge, Development Host Scheme (ToK/DEV):Development of Smart Polymer Surfaces – POLYSURF.
	Opis	SLO	Namen projekta je izboljšanje znanja članov programske skupine na področju specifičnih lastnosti tekstilnih vlaknotvornih polimerov in materialov, sposobnih kontroliranega izločanja aktivnih komponent, oziroma za katere bi bile značilne specifične površinske lastnosti in s tem uporabnost na različnih področjih tehničnih tekstilij, kot so medicinske, terapevtske, higienske in zaščitne tekstilije.
		ANG	The overall objective of the project is to increase the knowledge and research level of the programme-group members on the creation of tailored and/or smart fibre forming polymers and materials that would be able to control the release of various active compounds or to create new tailored fibre surface properties for different end-applications in the area of technical textiles, such as medical, therapeutic, hygienic and protective textiles.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov	
	Objavljeno v	http://www.fs.uni-mb.si/si/inst/itkek/lbbe/TOK/	
Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)		
COBISS.SI-ID	00		
4.	Naslov	SLO	F.02 Properties of UV-cured pigment prints on textile fabric.
		ANG	F.02 Properties of UV-cured pigment prints on textile fabric.
	Opis	SLO	Predstavljeni so rezultati raziskave, kjer je bila zasledovana korelacija med lastnostmi utrjenih pigmentnih odtisov na tekstiliji v odvisnosti od UV utrjevanja (število utrjevanj, način utrjevanja, moč izsevanega valovanja, itd.). Barvne tiskarske gošče so bile nanešene s tehniko ploskega filmskega tiskanja na bombažne tekstilije ter nato UV utrjevane s Hg svetilom (200 W/cm ²).
		ANG	Presented are the results of a research study of the correlation between the characteristics of fixated pigment prints on textile substrate and the dependence of UV-curing conditions (number of curing passes, one or double-sided curing, curing power, etc.). Printing pastes were applied using a flat-screen printing technique onto the cotton fabric, then dried and exposed to UV-radiation under a mercury vapour lamp (200 W/cm ²).
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Objavljeno v	Dyes pigm.. [Print ed.], 2006, vol. 68, str. 143-150. http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2005.01.022.	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo		
COBISS.SI-ID	9450518		
5.	Naslov	SLO	F.10 Čiščenje tekstilnih odpadnih vod s kombinacijo AOP postopkov in bioflotacijo ob uporabi nevronske mreže za optimiranje procesa.

	ANG	F.10 Textile wastewater treatment with the combination of AOP's technologies and bioflotation, using ANN for the process optimization.
Opis	SLO	V prispevku je opisan evropski projekt ADOPBIO, ki ponuja alternativno rešitev čiščenja tekstilnih odpadnih vod. Namen projekta ADOPBIO je razviti in ponuditi rešitev čiščenja in recikliranja odpadne vode iz tekstilne plemenitilne industrije. Pomebnost dosežka je v kombinaciji AOP postopka z bioflotacijo in optimiranje procesa oksidativne obdelave z nevronskimi mrežami. Dosežek je pomeben tako za slovensko kot ostalo tekstilno plemenitilno industrijo, ki je največji porabnik in onesnaževalec vode znotraj tekstilnega sektorja.
	ANG	In this paper the European project ADOPBIO, which offers an alternative solution for textile wastewater treatment, is presented. The objective of ADOPBIO project is to develop a solution for treatment and recycling of textile finishing wastewater. Textile wastewater used in the study was obtained from two companies: TSP and Blondel.
Šifra		F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v		COLONNA, G.M., MAJCEN LE MARECHAL, A., BRODNJAK-VONČINA, D., VOLMAJER, J., GOLOB, D., ŠIMON, E., ALATIČ, A., NOVAK, N., VAJNHANDL, S., KOLAR, E.. Advanced oxidation processes and biotreatments for water recycling in the textile industry : final report : ADOPBIO, 6th Framework programme). Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Department of Textile Materials and Design, Laboratory for chemistry, dyes and polymers, 2008. 25 str., graf. prikazi.
Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID		12882198

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

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

- Prispevek k razvoju področja sol-gel nanosov na tekstilne materiale (tehnične tekstilije) za specifično uporabo (industrijski filtri).

- Prispevek k razvoju področja encimsko kataliziranih procesov pri pripravi inkapsuliranih sistemov (kapsul in gelov) ter pri plemenitnji tekstilnih materialov za specifične uporabe.

- Prispevek k razvoju najprimernejših metod razbarvanja za posamezne skupine barvil in tako bomo lahko predlagali substitucije oporečnih barvil z manj oporečnimi.

- Prispevek k razvoju najprimernejših metod za čiščenje in recikliranje industrijskih odpadnih vod (uporaba matematičnih metod modeliranja).

- Prispevek k proučitvi posameznih nosilcev biomase na sposobnost čiščenja tekstilnih odpadnih vod.

- Prispevek k širjenju znanja o prisotnosti POP's v tekstilnih materialih in odpadnih tekstilnih vodah.

- Prispevek h kakovosti higiene in ekologije odpadnih vod v pralnicah.

- Prispevek k širjenju znanja s področja nanomaterialov, saj bomo s pomočjo sol-gel tehnologije razvijali tudi nove nanomaterialne, ki izboljšujejo senzorske lastnosti in omogočajo lažjo miniaturizacijo senzorskih sistemov.

- Prispevek k razvoju postopkov in tehnologije mikrovalovnega in UV utrjevanja ter njuni integraciji v proces digitalnega tiskanja tekstilij, s čimer bomo prispevali k znižani porabi energije in obremenitvi okolja.

Vsebina programa se v celoti ujema z osnovnimi cilji Evropskega strateškega razvojnega programa (SRA - Strategic Research Agenda) Tekstilne platforme in Platforme za vode kakor tudi s slovenskimi strateškimi dokumenti (<http://www.irspin.si/?page=tppl&lang=sl>).

- New results about the treatments and the final properties of textile surfaces on nano and micro scale will improve fundamental (correlations between reactivity, structures and surface properties) and applicative (novel physical chemical testing methods, new materials or processes) knowledge; and will contribute to the developments of multifunctional/intelligent textiles and appropriate processes such as eco-friendly finishing processes (exchange of hazardous chemicals and textile materials, recycling of chemicals, waste waters and materials, substitution of opposable processes with environmental friendly ones, such as plasma, ultrasound, enzymes, digital printing, UV curing, ..). In the field of testing/characterization of textile surfaces some new and fast methods were used, such as: atomic force microscopy, titration methods, electrokinetic methods, tenziometry.
- Contribution to the development of sol-gel coatings of various textile materials (technical textiles) for specific application (industrial filters)
- Contribution to the development of enzymatic catalyzed processes in the preparation of encapsulated systems (capsules and gels) and in the textile finishing processes for specific applications.
- Development of appropriate methods for decolourisation of specific groups of dyestuffs; substitution of hazardous dyestuffs with eco-friendly dyestuffs.
- Development of the most appropriate methods for purification and recycling of industrial waste waters (use of mathematical methods of modeling).
- Study the influence of biomass carries on the efficiency of textile waste water purification.
- Contribution to knowledge about the presents of POP's in textile materials and textile waste waters.
- Contribution to the hygiene quality and ecology of waste waters in dry cleanings.
- Contribution to the dissemination of results about nanomaterials; with sol-gel technology we will develop nanomaterials, which can improve sensorial properties and be able to minimize sensorial systems.
- Contributions to the development of processes and technologies using microwaves and UV curing, their integration into process of digital printing of textiles.

The contest of the program is in the agreement with the European Strategic Research Agenda (SRA); Textile Platform and Platform for water and with Slovenian Strategic Research Agenda.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

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

ANG

We contribute to the Slovenian science in the area of textile surface, new multifunctional textiles and innovative technologies. With new knowledge we contribute to develop the awareness about new ecologically more acceptable processes and materials and about the sustainable developments. This dissemination was done by the organizing various meetings, seminars, work-shops and other types of organised forms of knowledge transfer to industry. With obtained theoretical achievements we were able to solve problems which appeared in textile industries; to inform people from industry about technologies and materials which are ecological more acceptable. New knowledge and experiences obtained about eco-friendly high-performance multifunctional textiles and innovative processes was transformed to industrial areas via various joint projects (national and EU), functional education, industrial seminars and joint diplomas. With our research work we increase the technological developments in the area of innovative textile materials with added values and increase the competitiveness of Slovenian textile

industry (production of high-tech products with added values).
 All the above mentioned activities can contribute to the redirection of Slovenian small and medium enterprises to produce textile materials with added values, increase the competitiveness and sustainable developments; reduce the pollution and the last but not least to increase the quality of life. Our research work will have influences on the development of undergraduate and post-graduate education, therefore on the high education process.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	23	4
- doktorati	14	10
- specializacije		
Skupaj:	37	14

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	19	9	
- gospodarstvo	3	2	
- javna uprava		1	
- drugo		1	
Skupaj:	22	13	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	MAJCEN LE MARECHAL, Alenka (ur.), STJEPANOVIČ, Zoran (ur.), KOKOL, Vanja (ur.), ŽUNIČ-LOJEN, Darja (ur.), FAKIN, Darinka (ur.), FUŽIR BAUER, Gabrijela (ur.), ZIMŠEK, Danijel (ur.), KRIZANEC, Boštjan (ur.), VOLMAJER, Julija (ur.), VONČINA, Bojana (ur.). 5th World Textile Conference AUTEX 2005, 27-29 June 2005, Portorož, Slovenia. Proceedings. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Department of Textiles, 2005. 2 zv. (599 str.; str. 600-1184), ilustr. ISBN 86-435-0709-1. [COBISS.SI-ID 54968065]	1
2.	FLAŠKER, Jože (ur.), REN, Zoran (ur.), VONČINA, Bojana (ur.). Faculty of Mechanical Engineering : information package. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, 2004. ISBN 86-435-0623-0. [COBISS.SI-ID 53174529]	1
3.	POLAJNAR, Andrej (ur.), BALIČ, Jože (ur.), FLAŠKER, Jože (ur.), ŠKERGET, Leopold (ur.), OBLAK, Maks (ur.), GLIHA, Vladimir (ur.), MAJCEN LE MARECHAL, Alenka (ur.), GERŠAK, Jelka (ur.), REN, Zoran (ur.), ZIERER, Janko (ur.). Zaključno poročilo raziskav programskih skupin = Final report on programme-groups research work : 01. 01. 1999-31. 12. 2003. Maribor: Fakulteta za strojništvo: = Faculty of Mechanical Engineering, 2005. 462 str. ISBN 86-435-0680-X. [COBISS.SI-ID 54545153]	1

4.	Tekstilec. Majcen Le Marechal, Alenka; Stana Kleinschek, Karin (član uredniškega sveta 2007). Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386. [COBISS.SI-ID 763396]	1
5.	Vlákna a textil. Majcen Le Marechal, Alenka (član uredniškega odbora 2002-). Svit: Výskumny ústav chemických vláken, 1994-. ISSN 1335-0617. [COBISS.SI-ID 207728]	1
6.	STANA-KLEINSCHEK, Karin (ur.), KREŽE, Tatjana (ur.), FRAS, Lidija (ur.). COST 15, Final Evaluation Conference and 11th MC meeting, 2nd February - 5th February 2005, Maribor, Slovenia. Interfacial chemistry and catalysis : book of abstracts. [Maribor: Tekstilni inštitut], 2005. 63 str., graf. prikazi. ISBN 86-435-0676-1. [COBISS.SI-ID 54319361]	1
7.	Tekstilec. Kreže, Tatjana (član uredniškega odbora 2007). Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386. [COBISS.SI-ID 763396]	1
8.	Tekstilec. Sfiligoj Smole, Majda (namestnica glavne urednice 2007). Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386.	1
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	1
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	8
- podoktorandi iz tujine	2
- študenti, doktorandi iz tujine	4
Skupaj:	15

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

-FP-7 in FP-6

- FP-7; Workprogramme Topic addressed: FP7 ENV-2007-1 Innovative technologies and services for sustainable water use in industries; Project Title: Sustainable Water Use in Chemical, Food, Paper and Textiles Industry, Fit-for-Use; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal

- FP-7; Workprogramme Topic addressed: 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; prof.dr. Karin Stana Kleinschek

- FP-7; Workprogramme Topic addressed: FP7-People-2007-1-1-ITN ; Project Title: Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides; prof.dr. Karin Stana Kleinschek

- FP-7; Improved LCO2 cleaning for pliable (textile and leathers) and hard surfaces (medical devices, implants and fine metal parts); prof.dr. Sonja Šostar Turk

- FP-7; Workprogramme Topic addressed: FP7 SME-2007-2; Project Title: Sustainable measures for industrial laundry expansion strategies: Smart laundry-2015; prof.dr. Sonja Šostar Turk

- FP 6; COOP-CT-2004-508723 SME 2003-1- 508723 ADOPBIO - Advanced Oxidation Processes and Biotreatments for Water Recycling in the Textile Industry; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal

- FP6; NMP3-CT-2005-500375 Polysaccharides;; Network of Excellence "Polysaccharides"; prof.dr. Karin Stana Kleinschek

- FP 6; COOP-CT-2004-005864 WASHCONTROL Development of an online-sensor-based WashControl system and water recycling for use in textile dyeing houses and laundries; prof.dr. Sonja Šostar Turk
- FP 6; GRD1-2000-25147 INNOPRINT "Innovation in European textile printing using UV-curable pigment inks and online-fixation in inkjet printing". prof.dr. Sonja Šostar Turk
- FP 6; EVK1-2000-00580 INNOWASH "Minimization of water consumption in European textile dyeing and printing industry using innovative washing and water recycling technologies". prof.dr. Sonja Šostar Turk
- FP-6; MTKD-CT-2005-029540; Development of smart polymer surfaces - POLYSURF; doc.dr. Vanja Kokol

Eureka

- Eureka; E! 2983 "TEXTILWET" constructed wetland for treating textile dyes: 2004-2005.
- Eureka; E!3286 BIOTEX Antibacterial textiles, 2004-2006.
- Eureka, E!3272 FIBRIN Advanced methods to identify modern textile fibres, 2005-2007.
- Eureka; E!4089; Product shelf life.
- Eureka; E!3100; Cell attachment in waster bioremediation - EUROENVIRON CAWAB.
- Eureka; E!3602; Development of new, advanced healthy tampons - HIGHTAMPONS.
- Eureka; E!3654; Biodegradation of polymeric substrates.
- Eureka; E!3776; Nanotex.
- Eureka; 430-5/2007/187; Napredne tehnologije za obdelavo deponijskih izcednih vod - leachate TECH.

COST

- COST 532: Interactions between hard coatings and lubricants - CTD UNI Ljubljana, Slovenija/ UNI Maribor, Inštitut za tekstilstvo, Slovenija/ UNI Galati/ UNI Zagreb, Hrvaška/ Fundacione Tekn Iken/ Teknical Uni Kosice/ Kilece UNI of Technology/ Uppsala UNI, Švedska, ..., 2003-2007.
- COST D36; 3311-07-837002; Molecular structure-performance relationships at the surface of functional materials.
- COST D32; D32/001/05; Hight-Energy Micro-Environments Applications in Textiles.
- COST 868; ; Biotechnical functionalisation of renewable polymeric materials.
- CORNET; Cornet 4302-9/2006-4 My World; From market to individual customer orientation.

Leonardo da Vinci

- EU projekt Leonardo da Vinci CZ/05/B/F/LA-16803: Fashion School, Multimedia and internet dictionary for international textile trade. 2005-2007.
- EU projekt Leonardo da Vinci PP 146 360: Pilot project on the development of training modules on sustainability in commercial laundering processes. 2005-2007.

Bilateralno sodelovanje

- SLO-Anglija, BI-GB/06-012: Razgradnja reaktivnih in kovinsko kompleksnih barvil z naprednimi oksidacijskimi postopki.
- SLO-Anglija, BI-GB/06-020: Razvoj recikliranja tekstilnih odpadnih voda.
- SLO-Anglija, BI-GB/07-011: Razvoj membranskih tehnologij za obdelavo odpadne vode in ponovno uporabo vode v tekstilni industriji in pralnicah, 2007.
- SLO-Češka, CZ/012-05-06: Biološka odstranitev tekstilnih barvil z uporabo imobilizirane mikroflore, Biological removal of textile dyes using immobilized microflora, 2005-2006.
- SLO-Češka, CZ/022-05-06: Oksidativni encimi gliv za razbarvanje tekstilnih barvil, Fungal oxidative enzymes in textile dyes decolorization, 2005-2006.
- SLO-Češka, CZ/017-08-09: Optični kemični senzorji, Optical chemical sensors, 2008-2009.
- SLO-Hrvaška, HR 3/03-04: znanstveno-raziskovalni projekt: Ekologija nege tekstili, 2003-2004.
- SLO-Hrvaška, HR: BI-HR/06-07-006 znanstveno-raziskovalni projekt, Uvajanje kemijsko-tehničnih postopkov pranja v pralnice bolnišničnih tekstilij, 2006 -2007.
- SLO-Indija; BI-IN/06-07-006: Creating High - Tech Materials Using Advanced Surface Treatment of Oriented Renewable Polymers;
- SLO-Avstrija; BI-AT/07-08-008: Modifikacija in funkcionalizacija površine vlaknotvornih polimerov z uporabo encimov;
- SLO-Danska, BI-DK/04-05-006: Fizikalno-kemijska karakterizacija interakcij med suspenzijami in membranami, 2004-2005.
- SLO-Danska, BI-DK/07-09-004: Higiena in ekologija bolnišničnih tekstilij, 2007-2009.
- SLO-Madžarska, HU/05-06/08: Enzymes application in pretreatment, dyeing and finishing processes of textile fibres, 2005-2006.
- SLO-Italija, SLO-ITA-3C/2002-2005: Vplivi tenzidov na reološke lastnosti okolju prijaznih polisaharidov v tekstilnem tisku. (The Influence of Surfactants on the Rheological Properties of the

Environmental Friendly Polysaccharides in Textile Printing, 2002-2005.

- SLO-Italija, BI-IT/05-08-015: Spremembe molekularnih in reoloških lastnosti barvnih gošč po postopku recikliranja;
- SLO-Italija, BI-IT/05-08-016: Uporaba ekološko prijaznih tehnologij v procesiranju naravnih vlaknotvornih polimerov;
- SLO-Italija, BI-IT/05-08-018: Razbarvanje odpadnih vod iz tekstilne industrije s pomočjo naprednih oksidacijskih postopkov;
- SLO-Norveška, BI-NO/06-07-001: Membranske tehnike za obdelavo industrijske odpadne vode;
- SLO-Norveška, BI-NO/07-09-006: Higijenski in ekološki postopki pranja tekstilij iz živilske industrije, 2007-2009.
- SLO-Romunija, SLO-ROM/05-07: Biotehnologija za obdelavo tekstilnih odpadnih vod, Biotechnology for textile wastewater treatments, 2005-2007.
- SLO-Romunija; BI-RO/08-09-005: Izboljšanje okoljskih kazalcev z uporabo biotehnologije pri plemenitenju tekstilij.
- SLO-Romunija; BI-RO/08-09-007: Funkcionalni materiali-uporaba biokompatibilnih polimerov za mikroenkapsuliranje zdravil in eteričnih olj.
- SLO-Srbija; BI-CS/06-07-010: Modificiranje površine tekstilnih materialov za doseg novih funkcionalnosti.
- SLO-Turčija; BI-TR/05-08-005: Vonj sproščujoči barvni tekstilni materiali.
- SLO-Turčija; BI-TR/06-09/01: The use of ultrasound and UV for the oxydative treatment of textile materials for the acceleration of processes and treatment of textile wastewaters.
- SLO-ZDA; BI-US/06-07-035: Uporaba BTCA in nekaterih drugih multifunkcionalnih karboksilnih kislin za pripravo funkcionalnih tekstilnih materialov.
- SLO-ZDA; BI-US/06-07-011: Karakterizacija nanofiltracijskih membran.
- SLO-ZDA; BI-US/06-07-033: Nanomodifikacije orientiranih polimerov z namenom doseganja višje funkcionalnosti
- SLO-GB; BI-GB/07-014 Na dražljaje odzivni polimerni materiali vezani na tekstil
- SLO-GB; BI-GB/PSP 23/2005 Sproščanje zdravil v medicinskih materialih

Razno

- Charakterisierung funktionaler Cellulosefasern - Rainbow II - Mednarodni aplikativni projekt UNI Maribor, Inštitut za tekstilstvo, Slovenija/ UNI Graz, Avstrija/ Lenzing AG, Avstrija, 2003-2005.
- Mednarodno gospodarsko sodelovanje; P-142/2007; Innovative, umweltfreundliche Nanobeschichtungen für technische Textilien; prof.dr. Karin Stana Kleinschek
- Mreža odličnosti (Partnerji: UNI MB, Inštitut za tekstilstvo, Joanneum Research, Messer Slovenia): Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung (WRM) - WP 6.2.2 Qualitätsoptimierung von Wässern durch CO2 Zufuhr, 2005-2007.
- Mreža odličnosti (Partnerji: UNI MB,FG in FS Inštitut za tekstilstvo, Dravske elektrarne Maribor, Technische Universität Graz): Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung (WRM) - WP 4.4.2 Water storage buisines and environmental impact of Kozjak reservoir, 2005-2007,
- Mreža odličnosti (Partnerji: UNI-MB - Fakulteta za gradbeništvo, Weiz, Joanneum Research); Untersuchungsstrategie zu den Nutzungsmöglichkeiten des geothermischen Potentials und Sedimentbecken, 2006-2007.
- MNT ERA-Net: 3211-07-000024 Vascular Graft Interfaces.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

- EU 6. OP - CRAFT: ADOPBIO - Advanced Oxidation Processes and Biotreatments for Water Recycling in the Textile Industry (šifra - COOP-CT-2004-508723), št. pogodbe SME 2003-1-508723, 2004-2006. Vključeno slovensko tekstilno podjetje (TSP) ter slovenski proizvajalec čistilnih naprav (Dama). Prav tako so vključeni: a) tekstilno podjetje (Blondel, Francija), b) Univerza Como, Italija, c) izdelovalec tekstilnih industrijskih naprav (OBEM, Italija), d) proizvajalec UV žarnic (Helios, Italija), e) specialist za biološke procese (Ecologia Applicata, Italija).
- FP-7; Workprogramme Topic addressed: FP7 ENV-2007-1 Innovative technologies and services for sustainable water use in industries; Project Title: Sustainable Water Use in Chemical, Food, Paper and Textiles Industry, Fit-for-Use; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal. Vključenih 35 partnerjev iz 15 evropskih držav, naš oddelek je odgovoren za tekstilni sektor. Vključeni sta tudi dve slovenski tekstilni podjetji (Tekstina, Svilanit) ter združenje slovenske tekstilne industrije IRSPIN. Cilj projekta je rešitev obdelave odpadnih vod v posameznem sektorju, prenos spoznanj iz enega v drugi sektor in maksimalno recikliranje obdelane vode.
- Mednarodni aplikativni projekt za podjetje LENZING AG (A): Charakterisierung funktionaler Cellulosefasern - Rainbow II - Univerza v Mariboru, Laboratorij za obdelavo in preskušanje polimernih materialov v sodelovanju z UNI Graz, Avstrija za podjetje Lenzing AG, Avstrija, 2003-2005.
- Mednarodni aplikativni projekt P-142/2007 za podjetje EIBL AG (A); Innovative,

umweltfreundliche Nanobeschichtungen für technische Textilien; UNI Maribor, Inštitut za tekstilstvo, Slovenija v sodelovanju s UNI Graz, Avstrija za podjetje Eibl AG, Avstrija,

- Zavod Inovativni tekstilni industrijski grozd (ITIC), pogodba z Ministrstvom za gospodarstvo o spodbujanju razvoja grozdov za leto 2005: Kombinacija naprednih oksidacijskih in termičnih postopkov za čiščenje in recikliranje tekstilnih odpadnih vod. Industrijske odpadne vode štirih slovenskih tekstilnih plemenitilnih tovarn (Tekstina, Svilanit, Velana, Zvezda) smo obdelovali z AOP in termičnim postopkom. Rezultati so obetajoči in predstavljajo osnovo za izgradnjo industrijske čistilne naprave.
- MUDRA Learning Network: Projekt je bil pripravljen v okviru programa sodelovanja flamske vlade/podjetij/izobraževalnih ustanov (Belgija) z državami/regijami srednje in vzhodne Evrope. Gre za 18-mesečno učno mrežo - predvsem za prenos znanja in izkušenj v mala in srednje velika tekstilna podjetja v Sloveniji in na Hrvaškem. Sodelujejo partnerji iz flamske gospodarske zbornice, Univerze v Gentu (Dept. of Textiles), Hrvaške gospodarske zbornice (Županije Varaždin), Univerze v Zagrebu (TTF), Mariborske razvojne agencije - Euro Info Centra Maribor, Področne gospodarske zbornice Murska Sobota in, seveda UM - FS/OTMO.
- 4010-711/2004 Razvoj izdelkov iz ognjevarnih vlaken (vodja: red.prof.dr. Karin Stana-Kleinschek, naročnik: IRSPIN)
- 4010-711/2004 Razvoj tekstilnih izdelkov s posebnimi lastnostmi (vodja: doc.dr. Simona Strnad, naročnik: IRSPIN)
- 4010-711/2004 Razvoj izdelkov za zaščitne tekstilije (vodja:izr.prof.dr. Majda Sfiligoj Smole, naročnik: IRSPIN)
- 3311-04-855102 (2002-2007) Center odličnosti Nanotehnologije in nanomateriali - projekt-Nanomateriali za elektrokemijske sisteme (vodja:izr.prof.dr. Majda Sfiligoj Smole, naročnik: IJS Ljubljana)
- M2 - 0115 (2006-2008) - CRP "Znanje za varnost in mir 2006 - 2010" Funkcionalno oblačilo slovenskega bojovnika FOSB (vodja: red.prof.dr. Karin Stana-Kleinschek,)
- M2-0105 (2005 - 2007) - "Znanje za varnost in mir 2006 - 2010" Razvoj PA materialov z zmanjšano opaznostjo in model obnašanja KM tekstilij pri uporabi (vodja doc. dr. Darinka Fakin)
- M1-0241 (2007 - 2009) - CRP "Znanje za varnost in mir 2006 - 2010" Izdelava sodobnih, okolju primerljivih kamuflažnih materialov za doseganje mimikreije v različnih okoljih (vodja doc. dr. Darinka Fakin)
- M1 - 0209 (2007-2009) - CRP "Znanje za varnost in mir 2006 - 2010" Razvoj optičnih kemičnih senzorjev za osebno zaščito vojaka pred kemijskimi agenci (vodja: izred.prof.dr. Aleksandra Lobnik)
- GREIFONER, Romana, LOBNIK, Aleksandra. Poročilo analize odpadne vode za Beti Metliko d.d.. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 6 f. [COBISS.SI-ID 9488662]
- LOBNIK, Aleksandra, POBERŽNIK, Mojca, GREIFONER, Romana. Report of wastewater analysis for Levi's Strauss. Maribor: Faculty for Mechanical Engineering, 2005. 6 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 10515734]
- LOBNIK, Aleksandra, POBERŽNIK, Mojca, PETRINIĆ, Irena, GREIFONER, Romana, BAUMAN, Maja. Poročilo analize vzorcev odpadne vode iz Kodeličeve kleti, Gornja Radgona : zaključno poročilo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2007. 8 f. [COBISS.SI-ID 11403542]
- LOBNIK, Aleksandra. Tehnologija pridobivanja TiO2 in ekologija : končno poročilo projektne naloge. Maribor: [s.n.], avgust 2004. 33 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 9189910]
- LOBNIK, Aleksandra, GUTMAHER, Andreja, TUREL, Matejka, ZLATOLAS, Damijana, KORENT, Špela Mojca, GREIFONER, Romana. Detoksifikacija odpadnih biocidnih vod s postopki kemijske oksidacije : končno poročilo raziskovalne naloge za Pinus Rače po pogodbi ITKEK-94/03-JZ/SH. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. 94 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 9637398]
- GUTMAHER, Andreja, ŠAUPERL, Olivera, LOBNIK, Aleksandra, ABRAM-ZVER, Marta, TUREL, Matejka, POBERŽNIK, Mojca. Poročilo o izvedbi priprave tehnične dokumentacije za sklop 1: Oblačila. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 1 mapa (loč. pag.), graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 10856726]
- ŠAUPERL, Olivera, GUTMAHER, Andreja, LOBNIK, Aleksandra, KORENT, Špela Mojca, ABRAM-ZVER, Marta, ZLATOLAS, Damijana. Poročilo o izvedbi priprave tehnične dokumentacije za sklop 2: Srajce. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. [12] f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 10857494]
- GUTMAHER, Andreja, ŠAUPERL, Olivera, LOBNIK, Aleksandra, KORENT, Špela Mojca, POBERŽNIK, Mojca. Poročilo o izvedbi priprave tehnične dokumentacije za sklop 3: Dodatki. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. [13] f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 10857750]
- POBERŽNIK, Mojca, LOBNIK, Aleksandra, GREIFONER, Romana. Skladišče balirnih odpadkov Dogoše - različni postopki čiščenja izcednih vod : zaključno poročilo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 21 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 10517526]
- LOBNIK, Aleksandra, POBERŽNIK, Mojca, BAUMAN, Maja. Analiza podatkov monitoringov reke Save - merilnih mest Suhadol (Hrastnik), Radeče nad Sopoto, Boštanj in Brežice za obdobje 2000-2005 in kemijske in biološke analize vzorcev vode iz akumulacijskega jezera -- HE Boštanj za obdobje september 2006 - junij 2007 : zaključno poročilo, (Projekt Razvoj tehnologije za odstranjevanje plavja in usedlin pred akumulacijskimi jezovi). Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2007. 88 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 11140374]

- TRAUNER, Ludvik, ŠKRABL, Stanislav, ŽLENDER, Bojan, DOLINAR, Bojana, MACUH, Borut, VRECL-KOJC, Helena, ŠKETELJ, Edi, PETREŠIN, Eugen, JECL, Renata, NEKREP, Matjaž P., LOBNIK, Aleksandra, POBERŽNIK, Mojca, TUREL, Matejka, ZLATOLAS, Damijana, GREIFONER, Romana, BAUMAN, Maja, SENICA, Heda. Razvoj tehnologije za odstranjevanje plavja in usedlin pred akumulacijskimi jezovi : razvojno-investicijski projekt : končno poročilo. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, 2007. 1 mapa (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 11910934]
- Učinkovitost izpiranja pri negi tekstilij z gospodinjskim pralnim strojem (Gorenje d.d.)
- Optimizacija postopka nege zaščitnih oblačil v TAB-IPM d.o.o (TAB-IPM d.o.o)
- Tiskanje elektroluminescenčnih tiskarskih gošč na različne tekstilne substrate (Batik d.o.o.)
- Projekt s Taivan Textile Research Institute, 2006
- Projekt s Taivan Textile Research Institute, 2007
- Projekt s Donghua University, Shanghai, 2007

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

SODELOVANJE Z GOSPODARSKIMI ORGANIZACIJAMI, GROZDI, PLATFORME, MREŽE

- 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
- Slovenska tekstilna platforma:
 - a) Član Horizontalne skupine za izobraževanje - Alenka Majcen Le Marechal
 - b) Član Sveta Slovenske tekstilne tehnološke platforme; Vodja "Horizontalne delovne skupine za standardizacijo"; - Karin Stana-Kleinschek;
 - c) Ekspert Slovenske tekstilne tehnološke platforme: Vodja 1. stebra STTP: "Prehod od vlaken, filamentov in tkanin k specializiranim proizvodom" - Majda Sfiligoj Smole
 - d) Ekspert Slovenske tekstilne tehnološke platforme: Horizontalna delovna skupina za standardizacijo; Vodja tematske ekspertne skupine: Novi tekstilni izdelki za osebno rabo (medicina, šport, zaščita) - 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
- Slovenska platforma za vode - 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
- IRSPIN (Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije),
- Zavod Inovativni tekstilni industrijski grozd (ITIC),
- EWP (European Water Partnership) - Alenka Majcen Le Marechal

SODELOVANJE Z UPORABNIKI ZNANJA

- Raziskovalno sodelovanje s člani grozda "Inovativni tekstilni industrijski grozd (ITIC) Slovenije", 17 članov grozda, januar 2004 - december 2006, projekti iz področij nege tekstilij, uvajanja parametrov kakovosti čiščenja tekstilij, čiščenja odpadnih vod iz pralnic in digitalnega

tiskanja tekstilij

- Raziskovalno sodelovanje s podjetji preko Centra za nego tekstilij in oblačil (CNTO) Fakulteta za strojništvo, Univerze v Mariboru.
- Seminar "Novosti na področju filmskega in digitalnega tiskanja tekstilij", 02.06.2004, LTTNO FS Maribor in Batik d.o.o. Kranj, Maribor, 110 udeležencev iz mikro in malih podjetij Slovenije
- Seminar "Razvoj membranskih procesov", 27.01.2005, LTTNO FS Maribor, Maribor, 150 udeležencev iz malih in srednjih podjetij Slovenije
- Seminar 2006 "Novosti in prihodnost ploskega filmskega tiskanja tekstilij", 03.03.2006, LTTNO FS Maribor in Batik d.o.o. Kranj, Kranj, 90 udeležencev iz mikro in malih podjetij Slovenije
- Raziskovalni sodelovanje s člani grozda "Grozda za sito tampo in digitalni tisk Slovenije (STDT)", Marec 2004 - December 2006, 12 podjetij Slovenije
- Raziskovalno sodelovanje s slovenskimi člani evropske organizacije za tiska in digitalni tisk FESPA
- Strokovni sestanki s člani Sekcije vzdrževalcev tekstilij pri Obrtni zbornici Slovenije, Maribor FS, 4. sestanki (13-14.03.2004; 12-13.03.2005; 08.04.2006; 28-29.09.2007)
- Strokovni seminar "Tehnologija in problematika delovanja čistilnic" za člane Sekcije vzdrževalcev tekstilij pri Obrtni zbornici Slovenije, Portorož
- Strokovni seminar "Reševanje reklamacij" za člane Sekcije vzdrževalcev tekstilij pri Obrtni zbornici Slovenije, Ljubljana
- Strokovni seminar "Pogoji poslovanja in reševanja reklamacij" za člane Sekcije vzdrževalcev tekstilij pri Obrtni zbornici Slovenije, Ljubljana

ČLANSTVO V GOSPODARSKIH IN DRŽAVNIH TELESIH

- Recenzentka za raziskovalno področje 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo v skladu s Pravilnikom o delovanju stalnih in začasnih strokovnih teles za področje raziskovalne dejavnosti št. 0071-1972006 z dne 13.04.2006 - Simona Strnad;
- Član strokovne komisije ARRS-strokovna komisija za ocenjevanje prijav prispelih na Javni razpis za sofinanciranje udeležbe na mednarodnih konferencah v tujini z vabljenimi predavanji in delovanja slovenskih znanstvenih združenj v svetu pri Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije - Sonja Šostar Turk

ČLANSTVO V MEDNARODNIH IN ZNANSTVENIH ODBORIH TER ORGANIZACIJAH

- Član znanstvenega odbora (Scientific Committee) "International Conferences on Polymer Characterisation - POLYCHAR" - Karin Stana-Kleinschek
- Član znanstvenega odbora (Scientific Committee) "Electrokinetic Phenomena" - Karin Stana-Kleinschek
- Predstavnica Slovenije v "Upravnem odboru Sekcije COST 868 - Biotechnical functionalisation of renewable polymeric materials" - Vanja Kokol
- Predstavnica Slovenije v "Upravnem odboru Sekcije COST 15 - Interfacial Chemistry and Catalysis" - Karin Stana-Kleinschek
- Predstavnica Slovenije v "Upravnem odboru Sekcije in nadzornem svetu COST D36 - Molecular Structure-Performance Relationships at the Surface of Functional Materials" - Karin Stana-Kleinschek
- The Society of Rheology - Sonja Šostar Turk, Branko Neral
- CINET- International Komitee für Textilpflege - Sonja Šostar Turk, Branko Neral
- SDC - The Society of Dyers and Colourists
- IWA-International Water Association - Sonja Šostar Turk
- EWA-European Water Association - Sonja Šostar Turk
- ICTC-International Technical Committee for Textile Care - Sonja Šostar Turk
- United Nations - Food and Agriculture Organization - Sonja Šostar Turk
- FESPA - Federation of European Screenprinters Associations - Sonja Šostar Turk, Branko Neral
- Slovensko kemijsko društvo - Alenka Majcen Le Marechal, Bojana Vončina, Aleksandra Lobnik, Julija Volmajer Valh, ...
- Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Slovenije - vsi člani oddelka
- Društvo koloristov Slovenije - vsi člani oddelka
- Slovensko društvo za reologijo - Sonja Šostar Turk, Branko Neral, ...
- SDZV-Slovensko društvo za zaščito voda - Sonja Šostar, Alenka Majcen Le Marechal, ...
- Obrtna zbornica Slovenije, Sekcija vzdrževalcev tekstilij - Sonja Šostar Turk, Branko Neral
- Gospodarska zbornica Republike Slovenije, Slovensko združenje za sitotisk, tampotisk in digitalni tisk - Sonja Šostar Turk, Branko Neral

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	1.06 MAJCEN LE MARECHAL, Alenka, VAJNHANDL, Simona, FAKIN, Darinka, VOLMAJER, Julija. Textile sector and ultrasound.
Opis	1.06 V članku so opisane osnove ultrazvoka in njegova uporaba v tekstilnih procesih. Posebna pozornost je namenjena izkušnjam s področja barvanja tekstilnih materialov s pomočjo ultrazvoka.
Objavljeno v	1.06 11th International Izmir Textile and Apparel Symposium, 26-29th October 2007, Altinyunus/Çeşme - Izmir. Proceedings. Izmir: [EGE Üniversitesi], 2007, str. 221-232.
COBISS.SI-ID	10611810070

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	MAJCEN LE MARECHAL, A. Tekstil v Evropi 21. stoletja: prilagajanje oddelka za tekstilstvo Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru novim izzivom.
Opis	poljudni članki
Objavljeno v	- Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 2. mar. 2004, leto 60, št. 51, str. 20.
COBISS.SI-ID	52617217

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Kemija, Struktura in lastnosti vlaken, Tekstilne preiskave, Okoljska analitika, Barvila in razbarvanje odplak, Tekstilno kemijski procesi, Ekogeno apretiranje, Ekogeno barvanje, Ekogeno tiskanje, Tehnične tekstilije, Ekotekstilije, Integrirano varstvo okolja, Tekstilni materiali in onesnaževanje, Polimeri, Barvna metrika, Tehnična matematika.
	Vrsta študijskega programa	UN študij "Tekstilstvo"
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Tekstilna kemija, Tekstilne surovine, Tekstilne preiskave, Uporaba statističnih metod, Tehnologija apretiranja, Tehnologija barvanja, Tehnologija tiskanja, Tekstilno kemijska tehnologija, Tehnične tekstilije, Uporaba statističnih metod, Nega tekstilij in oblačil, Higiena tekstilij, Poškodbe in reklamacije, Odstranjevanje madežev, Organska kemija, Tehnološke vode in odplake, Plemenitilna sredstva.
	Vrsta študijskega programa	VS študij "Tekstilstvo"
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Kemija, Organska kemija, Vlaknotvorni polimeri, Ekologija in okoljevarstvo, Tehnične tekstilije, Tekstilno kemijski procesi, Struktura in lastnosti vlaken, Barvanje, Tiskanje, Apretiranje, Polimeri, Integrirano varstvo okolja, Novi tekstilni materiali, Nega tekstilnih materialov, Naravno obnovljivi tekstilni materiali, Recikliranje polimernih materialov, Tehnološka voda in odplake, Ekologija tekstilno kemijskih procesov, Struktura in lastnosti visoko zmogljivih vlaken, Nanomateriali

	Vrsta študijskega programa	UN študij "Oblikovanje in tekstilni materiali"
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	Organska kemija, Površinska in koloidna kemija, Teorija plemenitilnih procesov, Tehnologija plemenitilnih sredstev, Tekstilna pomožna sredstva, Spektroskopske metode, Okoljska analitika, Struktura in lastnosti vlaken, Naravna in kemijska vlakna, Polimeri v tekstilstvu,
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski študij "Tekstilstvo"
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
5.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
6.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	
7.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

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

Komentar¹⁵

Raziskave tekstilnih površin in postopkov njihovih modifikacij predstavljajo osnovo za razvoj novih high-tech materialov s posebnimi lastnostmi in funkcionalnostjo. Rezultati uporabe različnih postopkov modifikacij celuloznih materialov bodo na eni strani vodili k razvoju novih, visokozahtevnih materialov (specifična adsorptivnost, biološka aktivnost), na drugi strani pa bodo osnova za razvoj tekstilno kemijskih procesov v smislu optimiranja porabe kemikalij in energentov in bodo s tem bistveno vplivali tudi na razbremenjevanje okolja kakor tudi na splošen dvig kvalitete življenja.

Razvoj in uvajanje nanotehnoških postopkov modifikacije tekstilij predstavljata nov znanstveni pristop k funkcionalizaciji (gorljivost, ionska izmenljivost, samočistilnost, hidrofilnost/hidrofobnost) vlaknatih materialov, ki vodi v nov izdelek z visoko dodano vrednostjo in nove tehnologije na področju predelave tekstilnih materialov.

Raziskave na področjih digitalnega tiskanja tekstilij, UV utrjevanja, higiene tekstilij, recikliranja tehnoloških vod pralnic in čistilnic, bolnišničnih tekstilij so bile opravljene v skladu z zastavljenimi cilji, časovnimi načrti in pričakovanji in bodo pomagale k dvigu kvalitete življenja, varovanja zdravja in razvoju zdravstvenega varstva.

Uvajanje naprednih, inovativnih in cenovno učinkovitih metod čiščenja tekstilnih odpadnih vod (optimiranje procesa: recikliranje vode, zmanjšanje porabe kemikalij in energije) prispeva h gospodarskemu in tehnološkemu razvoju, skrb za okolje pa prispeva k dvigu kvalitete življenja (čistejše okolje, uporaba neoporečnih barvil in tekstilnih pomožnih sredstev). Tako raziskave naše programske skupine prispevajo k varovanju okolja in trajnostnemu razvoju.

V programsko skupino so vključeni mladi raziskovalci, tudi tisti, ki se bodo po zaključenem izobraževanju zaposlili v tekstilni industriji. Tako bo naše raziskovalno delo vplivalo na dvig izobrazbene strukture zaposlenih v tekstilni industriji, vplivalo bo tudi na boljše kontakte med izobraževalno-raziskovalnimi institucijami in industrijo, vplivalo bo na razvoj dodiplomskega in podiplomskega izobraževanja (vključevanj dodiplomskih in podiplomskih študentov v raziskovalno in pedagoško delo, uvajanje novih vsebin predavanj, ki so prilagojene novim znanstvenim spoznanjem in potrebam industrije).

Zelo razvite povezave znanstvenikov naše programske skupine z znanstveniki in industrijalci celega sveta (mnoge bilateralne povezave, mnogi EU projekti, mnoge povezave s tujimi industrijskimi partnerji) bodo pripomogle k internacionalizaciji našega raziskovalnega dela in k medsebojni izmenjavi smernic raziskovanja in dosežkov. Vse to bo koristilo naši znanstveni sredini in našim industrijskim partnerjem, kar bo prispevalo k razširitvi in posodobitvi tehnoloških dejavnosti.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	11.050
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Temeljni cilji raziskovalnega programa Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali, ki je zasnovan na kompleksnih raziskavah študija mehanike tkanin, snovnih lastnosti in odnosa med snovnimi lastnostmi tkanin ter parametri toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil, so bili:

- opredeliti nelinearno obnašanje ploskih tekstilij kot kompleksnih struktur pri nižjih obremenitvah,
- oblikovati model za napoved kakovosti videza oblačil,
- opredeliti parametrizacijo tekstilnih materialov in izdelkov,
- oblikovati virtualno predstavitev posameznih modelov oblačil, zasnovano na realnih lastnostih tekstilnih materialov,
- postaviti karakterizacijo parametrov toplotno fiziološkega udobja in
- razviti numerično simulacijo izmenjave toplote med telesom in oblačilom ali drugim tekstilnim izdelkom kot sistemom in okolico.

Realizacija raziskovalnega programa se je glede na zastavljene cilje odvijala v okviru treh med seboj tesno povezanih sklopov:

- a) temeljne raziskave študija mehanike tkanin kot kompleksnih tekstilnih struktur,
- b) modeliranje obnašanja kompleksnih tekstilnih struktur in
- c) karakterizacija parametrov toplotno fiziološkega udobja in oblikovanje modela za prenos toplote s človeškega telesa v okolico.

Pri tem je potrebno izpostaviti, da je realizacija raziskovalnega programa potekala v skladu z zastavljenimi cilji, vendar v zmanjšanem obsegu, kar je posledica zmanjšanega obsega

dela zaradi bistvenega skrčenja obsega financiranja (odobrenih 2.210 ur letno oz. 1.3 FTE) glede na načrtovano število raziskovalnih ur v prijavi raziskovalnega programa (5.83 FTE).

V okviru prvega sklopa aktivnosti, ki je tudi najobsežnejši sklop (okoli 40 % načrtovanih aktivnosti) smo realizirali s terminskim planom načrtovane aktivnosti. Na podlagi obširnih raziskav v letu 2004 smo prišli do spoznanja, da posamezne tkanine izkazujejo specifično nelinearno obnašanje, kar je odvisno tako od konstrukcijskih parametrov tkanine kot od vrste in načina dodelave, ki pogojuje tome lastnosti med sistemoma v tkanino prepletenih osnovnih in votkovnih niti. Nelinearnost je posledica med deformacijo nastalih strukturnih sprememb v tkanini. Nastala deformacija je časovno odvisna lastnost in je tesno povezana z elastičnim potencialom tkanin (glej Cobiss: osebna bibl. tč. 1.01: Geršak, J., Study of relationship between fabric elastic potential and garment appearance quality. *Int. j. cloth. sci. technol.*, 2004).

Na podlagi poznavanja mehanskih zakonitosti obnašanja tkanin pri majhnih obremenitvah smo v letu 2005 definirali kakovostne značilnosti videza forme oblačil, kjer smo opredelili obnašanje tkanin z vidika mehanike med preoblikovanjem iz ravnine v 3D obliko oblačila in določili pomembnost posameznih parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti na predhodno definirane dejavnike kakovosti videza oblačila, ki so opredeljeni z ocenami od 1 do 5. Glede na opredeljene zakonitosti in definirane dejavnike kakovosti videza oblačil smo oblikovali sistem za napovedovanje kakovosti videza oblačil. Sistem je oblikovan s pomočjo strojnega učenja, kjer je uporabljena metoda najbližjih sosedov k-NN, ki je implementirana v programski sistem Orange. Učna množica je zgrajena tako, da učni primeri predstavljajo lastnosti analiziranih tkanin, tj. parametre mehanskih in fizikalnih lastnosti, medtem ko so dejavniki videza oblačil opredeljeni kot razredi. Napoved kakovosti videza oblačil, ki jo podaja razvit sistem, se nanaša na stopnjo kakovosti pada oz. podajanja in pristajanja oblačil, zagotavljanje 3D oblike, kakovosti izdelanih šivov in na stopnjo kakovosti videza oblačila kot celote. Na podlagi rezultatov raziskav, zgrajene baze podatkov in oblikovanega sistema je ugotovljeno, da med posameznimi parametri mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin in videzom izdelanih oblačil obstaja neposredna povezanost. Dalje je na podlagi statistične analize ugotovljeno, da med dejansko oceno stopnje kakovosti videza oblačila in napovedano vrednostjo stopnje kakovosti obstaja statistično pomembna korelacija. V letu 2006 smo testirali razviti sistem za napoved kakovosti videza oblačil. Razvit sistem, imenovan InSiNaKVO, predstavlja v inovativnem smislu prvo učinkovito orodje za objektivno vrednotenje in napovedovanje stopnje kakovosti videza oblačil. Bistvo sistema, ki temelji na postavljenih relacijah med parametri mehanskih in fizikalnih lastnosti in stopnjo kakovosti videza oblačil, je napovedovanje stopnje kakovosti videza oblačil na podlagi parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti v oblačilo vgrajenih tkanin, kar omogoča:

- objektivno vrednotenje stopnje kakovosti videza oblačil,
- napovedovanje petih pomembnih dejavnikov stopnje kakovosti videza oblačil: pad oblačila, 3D oblika, pristajanje, kakovost izdelanih šivov in kakovost videza oblačila kot celote,
- načrtovanje želene stopnje kakovosti videza oblačil,
- napovedovanje stopnje kakovosti videza oblačila za konkretne tkanine v neposrednem proizvodnem procesu,
- načrtovanje kakovosti parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin za želeno stopnjo kakovosti videza oblačil.

Dobljene raziskovalne dosežke smo prenesli v prakso (gl. Cobiss: osebna bibl. tč. 3.25: J. Geršak, D. Zavec Pavlinić). Z realizacijo razvitega sistema smo v **celoti realizirali prvi sklop raziskav** in enega od temeljnih ciljev raziskovalnega programa raziskovalne skupine. Oblikovan sistem je prva tovrstna rešitev v svetu za objektivno napovedovanje stopnje kakovosti videza

oblačil, ki bo zamenjala obstoječe subjektivno vrednotenje oz. ocenjevanje kakovosti videza.

InSiNaKVO Inteligentni sistem za napovedovanje kakovosti videza oblačil smo kot invencijo predstavili na Slovenskem forumu inovacij in je vključena v spletni katalog nacionalnih inovacij (gl. osebna bibl. tč. 5.15 Geršak, J., Zavec Pavlinič, D., *Inteligentni sistem za napoved kakovosti videza oblačil: predstavitev inovacije na festivalu inovativnosti Heureka '06, v Cankarjevem domu v Ljubljani, 24.-26. oktobra 2006*) ter na IMB Forumu v Kölnu, 21.-22. novembra 2007.

V okviru drugega sklopa raziskav, tj. modeliranja obnašanja kompleksnih tekstilnih struktur, smo nadaljevali z raziskavami kompleksnih deformacij tkanin s poudarkom na študiju reoloških modelov, kjer smo relaksacijske pojave v tkaninah proučevali z vidika mehanskih večkomponentnih modelov, kot orodja za opisovanje deformacijskih in relaksacijskih procesov v tkaninah. Na podlagi obsežnih raziskav smo ugotovili, da obstajajo med obnašanjem konvencionalnih tkanin in tkanin z dodanim elastanom (tovrstne tkanine zavzemajo danes že okoli 75 % delež) pomembne razlike. Raziskave so pokazale, da so za pojasnjevanje relaksacijske krivulje kot relaksacije napetosti v tkaninah z dodanim elastanom najprimernejši večkomponentni modeli (dvo- in trikomponentni Weichertov model z nelinearno vzmetjo), ki zaradi večjega števila parametrov modelov najbolje opisujejo krivuljo relaksacije (gl. Cobiss: osebna bibl. tč. 1.01: J. Geršak, D. Šajn, V. Bukošek, *A study of the relaxation phenomena in the fabrics containing elastane yarns* ter D. Šajn, J. Geršak, R. Flajs: *Predicting of stress relaxation of fabrics with increased elasticity*). Dobljena spoznanja so izhodišče za numerično modeliranje obnašanja tkanin kot kompleksnih tekstilnih struktur. Posebno pozornost smo namenili tudi simulaciji drapiranja kot kompleksni deformaciji, kjer smo proučevali simulacijo drapiranja s pomočjo metode končnih elementov, model tkanine je zasnovan na reoloških parametrih (gl. Cobiss: osebna bibl. tč. 1.01: S. Jevšnik, J. Geršak, I. Gubenšek; *The advance engineering methods to plan the behaviour of fused panel*) ter s pomočjo metode masnih točk, ki izhaja iz linearnega reološkega modela (gl. Cobiss: osebna bibl. tč. 1.01: P. Tamás, J. Geršak, M. Halász: *Sylvie R - 3D Drape Tester - new system for measuring fabric drape*). Glede na zmanjšanj obseg dela smo dalje proučili možnost numerične simulacije kompleksnih deformacij tkanin, zasnovane na določitvi parametrov računalniškega modela kot geometrijske oblike podajanja tkanin in parametrov mehanskih lastnosti tkanin. Pri tem smo se osredotočili na študij povezave med računalniško simulacijo podajanja tkanin kot materialnega modela ter parametri mehanskih lastnosti tkanin, medtem ko smo problematiko numerične simulacije podajanja tkanin, zasnovano na mehanskih večkomponentnih modelih vključili v nov raziskovalni program, s čimer pričakujemo, da se bomo približali realnim lastnostnim tkanin, kar je izhodišče za virtualno predstavitev modelov oblačil.

Tretji sklop raziskav je bil usmerjen v karakterizacijo parametrov termofiziološkega udobja. Za ta namen so bile izvedene obsežne raziskave prenosa in prehoda toplote, snovnih lastnosti tekstilnih materialov in toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil in sicer za primer poslovnih oblačil kot tudi za primer tehniške aplikacije (vpliv vrste materiala za avtomobilske sedeže ter vrste in konstrukcije ležišč na toplotno fiziološko udobje uporabnika). V okviru teh raziskav je bila posebna pozornost posvečena raziskavi snovnih lastnosti in specifičnih zahtev ploskih tekstilij za moška poslovna oblačila, ki je obsegala klasične in funkcionalne (fazno spremenljive) ploske tekstilije ter kombinacije za načrtovane oblačilne sisteme poslovnih oblačil. Raziskava se je odvijala na treh nivojih. Na prvem nivoju so bile za izbrane materiale in kombinacije načrtovanih oblačilnih sistemov izvedene raziskave toplotno fizioloških parametrov na t.i. potečem cilindru, ki deluje na principu človeškega telesa in simulira prehod toplote skozi tekstilijo ali kombinacijo tekstilij, kakor tudi prehod vodne pare (proces potenja) s pomočjo številnih žlez znojnic, ki so na površini

cilindra in oskrbujejo oz. dovajajo določeno količino vode na površino (gl. Cobiss: osebna bibl. tč. D. Celcar, H. Meinander, J. Geršak, *A study of the influence of different clothing materials on heat and moisture transmission through clothing materials, evaluated using a sweating cylinder*). Namen tako zastavljenega eksperimenta je bil poiskati najboljšo kombinacijo tekstilnih materialov, ki bo zagotavljala uporabniku oblačil zahtevano toplotno fiziološko udobje. V drugem delu raziskav smo se osredotočili na biofizikalno analizo oblačil oziroma oblačilnih sistemov, tj. na vrednotenje in testiranje izdelanih prototipov oblačil s potečim toplotnim manikinom (angl. thermal sweating manikin) moške konstrukcije, ki ravno tako deluje na principu človeškega telesa in simulira prehod toplote in vodne pare iz površine kože skozi oblačilo, medtem ko so bile na tretjem nivoju izvedene raziskave toplotno fiziološkega udobja nošenja oblačil s poskusnimi osebami pri simuliranih klimatskih pogojih pri umetno ustvarjenih klimatskih pogojih. Rezultati tako zasnovane raziskave so pokazali, da poslovni oblačilni sistem z vgrajenim fazno spremenljivim materialom ne vpliva pomembno na toplotno regulacijo telesa. Oblačilni sistemi z vgrajenim fazno spremenljivim materialom kažejo kratkotrajni toplotni učinek, ki se kaže v rahlem povišanju ali znižanju temperature kože, odvisno od klimatskih pogojev. Dalje je na podlagi rezultatov raziskave ugotovljeno, da obstaja korelacija med toplotnimi lastnostmi oblačilnih sistemov in spremembo toplotno fizioloških parametrov testnih oseb pri nošenju. Na podlagi dobljenih spoznanj so s pomočjo regresijske analize oblikovani izrazi za določitev toplotnega toka s površine kože skozi oblačilo in napoved optimalnega toplotnega upora oblačilnega sistema na podlagi podatkov o srednji ponderirani temperature kože pri različnih klimatskih pogojih. Dobljena spoznanja so podlaga za karakterizacijo parametrov termofiziološkega udobja in s tem za oblikovanje numerične simulacije izmenjave toplote med telesom in oblačilom oz. drugimi tekstilnimi izdelki in okolico. Z realizacijo podanega smo realizirali tretji sklop raziskav v prilagojenem obsegu glede na obseg financiranja.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

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 (odobrenih 2.210 ur letno oz. 1.3 FTE) glede na načrtovano število raziskovalnih ur v prijavi raziskovalnega programa (5.83 FTE).

V okviru raziskovalnega programa so bili realizirani zastavljeni cilji vendar kot je že omenjeno v zmanjšanem obsegu. Pri tem je potrebno poudariti, da je bil prvi sklop (le ta je obsegal okoli 40 % raziskovalnega programa v celoti realiziran, medtem ko sta bila ostala dva sklopa realizirana v zmanjšanem obsegu.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	<i>SLO</i>	Napovedovanje kakovosti videza šiva
		<i>ANG</i>	Predicting seam appearance quality

Opis	SLO	V okviru prispevka smo prvi prikazali vpliv parametrov mehanskih lastnosti tkanin na nabiranje šiva in/ali valovanje šiva kot posledico odziva tkanine na obremenitve, ki jih povzročita prebodna sila šivalne igle in sukanec v tkanini. Za določitev pomembnosti atributov, tj. parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin, so bile uporabljene metode strojnega učenja iz primerov, vključene v računalniški program Orange. Rezultati definiranih vplivnih parametrov mehanskih lastnosti tkanin predstavljajo enega ključnih kriterijev za vrednotenje kakovosti videza oblačil.
	ANG	Within the frame of article we presented for the first time the influence of the parameters of mechanical fabric properties on seam puckering and/or seam flotation as a consequence of fabric response to loading caused by the stitching force of a sewing needle and thread in the fabric. In order to determine the importance of the attributes, i.e. parameters of mechanical and physical properties of fabrics, we have used the certain machine learning methods from examples, incorporated into a software package Orange.
Objavljeno v		ZAVEC PAVLINIČ, Daniela, GERŠAK, Jelka, DEMŠAR, Janez, BRATKO, Ivan. Predicting seam appearance quality. Textile research journal, 2006, vol. 76, 3, str. 235-242. http://dx.doi.org/10.1177/0040517506061533 . JCR IF: 0.578, SE (5/14), materials science, textiles, x: 0.597
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10373398
2. Naslov	SLO	Napovedovanje relaksacije napetosti tkanin s povečano elastičnostjo
	ANG	Prediction of stress relaxation of fabrics with increased elasticity.
Opis	SLO	Prispevek obravnava relaksacijske pojave v tkaninah z vidika študija mehanskih večkomponentnih modelov, ki bi zadovoljivo opisali deformacijske in relaksacijske procese v tkaninah, kar je izhodišče za numerično modeliranje obnašanja tkanin kot kompleksnih tekstilnih struktur. Pomemben dosežek dobljenih rezultatov je spoznanje, da so za zadovoljiv opis relaksacijskih procesov v tkaninah z dodanim elastanom primerni le večkomponentni mehanski modeli. Ta spoznanja so ključnega pomena za numerično modeliranje padanja tkanin in simulacije forme oblačil.
	ANG	The contribution deals with relaxation phenomena in fabrics from the point of view of study of mechanical multicomponent models. These models should satisfactorily describe the deformational and relaxational processes in fabrics, which can be stated as a starting point for numerical modelling of fabrics as complex textile structures. An important achievement of the gained results is a cognition that only multicomponent mechanical models are suitable for describing complex relaxational processes in fabrics with increased elasticity.
Objavljeno v		ŠAJN, Dunja, GERŠAK, Jelka, FLAJS, Rado. Prediction of stress relaxation of fabrics with increased elasticity. <i>Tex. res. j.</i> , 2006, vol. 76, 10, str. 742-750. http://dx.doi.org/10.1177/0040517507074713 . JCR IF: 0.578, SE (5/14), materials science, textiles, x: 0.597
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		11336982
3. Naslov	SLO	Razvoj matematičnega modela za prenos toplote v sistemu človek - oblačilo - okolica
	ANG	Development of a mathematical model for the heat transfer of the system man - clothing - environment
Opis	SLO	Prenos toplote v sistemu človek – oblačilo – okolica predstavlja kompleksno področje. Glede na kompleksnost področja je v delu predstavljen nov koncept razvoja matematičnega modela za prenos toplote med okolico in človeškim telesom kot sistemom človeško telo – oblačilni sistem – okolica. Koncept matematičnega modela za prenos toplote med okolico in človeškim telesom je zasnovan na študiju vseh oblik prenosa suhe toplote (radiacija, konvekcija in kondukcija).
	ANG	Heat transfer of the system man – clothing – environment represents a complex study area. A new development concept of the mathematical model for the heat transfer between the environment and human's body as a system human's body - clothing – environment was presented in the frame of this article. The concept of the mathematical model for heat transfer between the environment and human's body is based on the study of all forms of transfer of dry heat (radiation, convection and conduction).

	Objavljeno v	GERŠAK, Jelka, MARČIČ, Milan. Development of a mathematical model for the heat transfer of the system man - clothing - environment. Int. j. cloth. sci. technol., 2007, vol. 19, iss. 3/4, str. 234-241. http://dx.doi.org/10.1108/09556220710741704 . JCR IF: 0.404, SE (11/15), materials science, textiles, x: 0.674
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11392790
4.	Naslov	<i>SLO</i> Študij asimetričnega obnašanja tkanin v izdelanih oblačilih <i>ANG</i> Study of the asymmetric behavior of the fabrics in a produced garment
	Opis	<i>SLO</i> Na podlagi proučevanja podajanja tkanin pri drapiranju je vidno, da posamezne tkanine izkazujejo kompleksno tridimenzionalno obliko in posedujejo različno število gub, ki je lahko parno ali neparno. Ugotovljeno je, da posamezne tkanine ne glede na simetrično ali asimetrično obliko podajanja pri drapiranju izkazujejo več ali manj asimetrično obnašanje v izdelanem oblačilu. Asimetrično podajanje tkanine v izdelanem oblačilu kot posledica kompleksnih deformacij pri preoblikovanju tkanine v 3D obliko je odraz sposobnosti odziva tkanine na učinkujoče obremenitve in njenega elastičnega potenciala. <i>ANG</i> Studying fabric fall in draping shows that individual fabrics exhibit complex 3D form and have different number of folds, either even or odd. It can also be seen that that individual fabrics, regardless of the symmetric or asymmetric form of fall in draping, exhibit more or less asymmetric behaviour in the finished garment. Asymmetric fabric fall in the garment made from it, as a result of complex deformations in transforming the fabric into a 3D form reflect the ability of the fabric to react on the forces and loads and its elastic potential.
	Objavljeno v	GERŠAK, Jelka. Study of the asymmetric behavior of the fabrics in a produced garment. 4th International Textile, Clothing & Design Conference [also] ITC&DC, October 5th to October 8th, 2008, Dubrovnik, Croatia. Magic world of textiles : book of proceedings. Zagreb: Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, 2008, str. 587-592.
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
	COBISS.SI-ID	12716566
5.	Naslov	<i>SLO</i> Mehanske in fizikalne lastnosti tekstilnih materialov <i>ANG</i> Mechanical and physical properties of textile materials
	Opis	<i>SLO</i> Delo, ki ima z vidika recenzenta konotacijo znanstvene knjige obravnava mehaniko ploskih tekstilij z vidika elastičnih deformacij, ki nastopijo v materialu med procesi izdelave oziroma predelave tekstilij, ko so le-te izpostavljene različnim elastičnim obremenitvam, kot so enostavne (natezne, tlačne, strižne, upogibne in torzijske) in kompleksne deformacije. Predstavljeno delo ne pomeni le inženirski pristop k proučevanju ploskih tekstilij, ampak pomeni tudi pomembni prispevek na področju razvoja in oblikovanja strokovne terminologije. <i>ANG</i> This work, estimated by the reviewer to have a connotation of a scientific book, deals with the mechanics of flat textiles from the point of view of elastic deformation that arise during production, resp. processing of textiles as a result of different elastic loadings, such as simple (tensile, compression, shearing, bending and torsion) and complex deformation. This work not only introduces the engineering approach to the study of flat textile products, but also presents an important contribution in the field of development of technical terminology.
	Objavljeno v	GERŠAK, JELKA, "Mehanske in fizikalne lastnosti tekstilnih materialov". Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilstvo, 2006. IV, 156 str., ilustr. ISBN 86-435-0754-7.
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
	COBISS.SI-ID	55950081

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine ⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Inoviranje in modeliranje procesov oblačilnega inženirstva IMCEP 2007
		ANG	Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes IMCEP 2007
	Opis	SLO	Tematika konference je bila koncipirana tako, da so bili na podlagi interdisciplinarnih znanj predstavljeni dosežki na področju designa, razvoja novih materialov in tehnologij s poudarkom na inoviranju in modeliranju, ki se odraža na področju 3D modeliranja in virtualizacije oblačil, inženiringa oblačilnih sistemov, funkcionalnih in visoko zmogljivih oblačil. Industrijski Workshop, ki je bil prvič vključen, je v celoti odigral svoje poslanstvo. S tem je bil dosežen tudi potencialni učinek tako mednarodne konference kot industrijskega workshopa, kar je tudi potrdila zainteresirana javnost.
		ANG	The conference topic was designed in such a way that latest achievements, reflected as interdisciplinary knowledge in the fields of fashion design, development of new materials and technologies underlining innovation and resulting as 3D modelling, virtualisation of garments, garment systems' engineering, functional and high-performance clothing. Industrial Workshop, organised for the first time in the frame of IMCEP was carefully planned and chaired by internationally recognised moderators. In such a way, the potential impact of both international conference and workshop was achieved.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	GERŠAK, J., 5th International Conference Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes IMCEP 2007, Moravske Toplice, 10. oktobra do 12. oktobra 2007	
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
	COBISS.SI-ID	59283713	
2.	Naslov	SLO	Sistem za napoved kakovosti videza oblačil
		ANG	System of predicting garment appearance quality
	Opis	SLO	Predstavljen je sistem za napovedovanje kakovosti videza oblačil, kot rezultat kompleksnih raziskav mehanike tkanin kot nelinearnih mehanskih lastnosti pri nižjih obremenitvah, njihove sposobnosti preoblikovanja iz ravnine v 3D obliko oblačila in videza forme novo nastale oblike. Pomemben dosežek predstavlja spoznanje, da obstaja neposredna povezanost med mehaniko tkanin in doseženo stopnjo kakovosti videza oblačil. Ker gre za kompleksne deformacije v oblačilo vgrajenih tkanin, vpliva na posamezni dejavnik kakovosti videza oblačila različno število parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti.
		ANG	The designed system for prediction of garment appearance quality was presented. System is a result of a complex research work devoted to fabric's mechanics as a combination of non-linear mechanical properties, fabric formability from 2D in 3D form and appearance of a resulted form. Important achievement is cognition that there exists a direct relation between the fabric mechanics and level of garment appearance. Since fabrics are exposed to complex deformations when built-in a garment, a number of different parameters of mechanical and physical properties influence garment appearance quality.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	GERŠAK, Jelka, ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. System of predicting garment appearance quality. V: Proceedings of the 34th Textile research symposium at Mt. Fuji (2005), August 9 - 11, 2005, Susono City, Japan. [S.l.: s.n.], 2005, str. 51-53.	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
COBISS.SI-ID	9997078		
3.	Naslov	SLO	A novel approach to improve the thermophysiological clothing comfort.
		ANG	A novel approach to improve the thermophysiological clothing comfort.
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen razvoj strategije modeliranja sodobnega modela kot novega pristopa za izboljšanje toplotno fiziološkega udobja oblačil, zasnovanega na dosežkih znanosti na področju modeliranja toplotne bilance, človeške biometeorologije in vremenskih pogojev. Podan pristop je podlaga za nadaljnji razvoj, ki bo vključeval 3D body skener za vrednotenje površine telesa, biometeorološki pristop določanja optimalnega oblačilnega sistema

		glede na vremensko napoved in ustrezni termoregulacijski model oblačila, ki bo zagotavljal informacije glede izbire ustreznega oblačilnega sistema.
	ANG	The study presented develops a strategy for modelling advance clothing model as a novel approach to improve the thermophysiological clothing comfort, based on advances in science of heat balance modelling, human biometeorology and weather conditions. Future development will include incorporation of a tree-dimensional body scan method in measuring body surface, biometeorological procedure to determine the optimal outdoor clothing system insulation for the forecasted weather and appropriate thermoregulatory clothing model.
Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
Objavljeno v	GERŠAK, Jelka, MARČIČ, Milan. A novel approach to improve the thermophysiological clothing comfort. AGILTex Design - 2nd International Workshop Design - Innovation - Development, Iasi, Romania, 31st August - 3rd September 2007. AgilTex Design : Book of proceedings. Iasi: Editura Performantica, 2007, str. 102-112	
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)	
COBISS.SI-ID	11594262	
4.	Naslov	SLO Vloga oblačilnega inženirstva in njegova aplikacija. InSiNaKVO - Inteligentni sistem za napovedovanje kakovosti videza oblačil
		ANG The role of the clothing engineering and its application: InSiNaKVO Intelligent system for predicting garment appearance quality
Opis	SLO	Inteligentni sistem za napoved kakovosti videza oblačil, ki je oblikovan s pomočjo metod strojnega učenja, predstavlja v inovativnem smislu prvo učinkovito orodje za objektivno vrednotenje in napovedovanje stopnje kakovosti videza oblačil. Bistvo sistema, ki temelji na postavljenih relacijah med parametri mehanskih in fizikalnih lastnosti in stopnjo kakovosti videza oblačil, je napovedovanje stopnje kakovosti videza oblačil na podlagi parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti v oblačilo vgrajenih tkanin.
	ANG	The system developed, named InSiNaKVO, is the first solution of its kind globally, used to objectively predict garment appearance quality grade. It is supposed to supplement the existing subjective evaluation, e.g. assessment of garment appearance quality. It is also an important engineering tool in designing the quality parameters of fabric mechanical and physical properties, and in predicting garment appearance quality grade from the mechanical properties given.
Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
Objavljeno v	GERŠAK, Jelka, ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Vloga oblačilnega inženirstva in njegova aplikacija. InSiNaKVO - Inteligentni sistem za napovedovanje kakovosti videza oblačil : [prenos raziskovalnih dosežkov v prakso - Murska Sobota, 07.09.2006]. Murska Sobota, 2006. [COBISS.SI-ID 10866454]	
Tipologija	2.21 Programska oprema	
COBISS.SI-ID	9760534	
5.	Naslov	SLO Vpliv fazno spremenljivih materialov v poslovnih oblačilih na toplotno fiziološko udobje
		ANG The influence of phase change materials in business garments on thermo physiological comfort
Opis	SLO	V okviru disertacije so bile izvedene obširne teoretične in eksperimentalne raziskane toplotno fiziološkega udobja pri nošenju poslovnih oblačil, izdelanih iz konvencionalnih ploskih tekstilij kot so volna in mešanice z volno ter konvencionalnih ploskih tekstilij v kombinaciji s fazno spremenljivimi materiali. Ugotovljeno je, da oblačilni sistemi v kombinaciji s fazno spremenljivimi materiali ne vplivajo pomembno na toplotno regulacijo človeka in da kažejo kratkotrajni toplotni učinek, ki se odraža v rahlem povišanju ali znižanju temperature kože testnih oseb med nošenjem.
	ANG	In the frame of dissertation, systematic theoretic and experimental research had been performed on thermo physiological comfort during wearing of business garments, made of conventional textile materials and textile materials in combination with phase change materials. On the basis of research of thermal physiological comfort it was concluded, that the business clothing system, in combination with phase change materials does not affect the thermal regulation of human body significantly and indicate a temporary

	thermal effect.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	CELCAR, Damjana. Vpliv fazno spremenljivih materialov v poslovnih oblačilih na toplotno fiziološko udobje : doktorska disertacija. [Maribor: D. Celcar], 2008. XIII, 238 str., [99] str. pril., ilustr., preglednice.
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija
COBISS.SI-ID	238461952

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Raziskovalni program je bil sistematično oblikovan tako, da pridobljena znanja služijo za postavitve inženirskega koncepta načrtovanja oblačil in/ali drugih tekstilnih izdelkov, oziroma t. i. na »znanju zasnovanih izdelkov«.

Z realizacijo predlaganega raziskovalnega programa so na podlagi poglobljenih teoretičnih raziskav mehanike tkanin in iz njih dobljenih teorij ob numeričnih in fizikalnih eksperimentih dobljena nova znanstvena spoznanja, ki omogočajo predvideti ali napovedati nelinearne mehanske lastnosti tkanin v področju nižjih obremenitev in simulacijo njihovega obnašanja, medtem ko bodo teoretična spoznanja s področja študija odnosa med snovnimi lastnostmi tekstilnih materialov ter izmenjavo toplote in človeško termoregulacijo omogočila razvoj numerične simulacije izmenjave toplote med telesom in oblačilom ali drugim tekstilnim izdelkom ter okolico, kar je trend nadaljnega razvoja tekstilnega in oblačilnega inženirstva v svetu, ki je usmerjen v parametrizacijo tekstilnih materialov, inženirsko oblikovanje visoko kakovostnih in multifunkcionalnih tekstilnih materialov in izdelkov, numerično simulacijo njihovega obnašanja in virtualizacijo na eni strani ter zagotavljanje termofiziološkega udobja na drugi strani.

Dobljena znanstvena spoznanja prispevajo k razvoju temeljnega znanja na področju oblačilnega inženirstva in so pomembna za razvoj znanosti doma in v svetu. Pridobljena fundamentalna znanja in spoznanja bodo prispevala k razvoju inovativnih tekstilnih materialov s funkcionalnimi zahtevami, ali t.i. na znanju zasnovanih izdelkov, skupaj z razvojem potrebnih tehnologij.

ANG

The research programme is systematically designed so as to result in the knowledge that could be used in establishing and engineering concept of garment and/or other textile product planning particularly the so called »knowledge-based products«.

Realisation of the research programme proposed is offering, using the theoretical knowledge obtained by investigating fabric mechanics and the theory resulting from it, as well as numerical and physical experiments, new knowledge than enable prediction of non-linear fabric mechanical properties in the area of low loads, as well as the simulation of fabric behaviour. The theoretical knowledge obtained by studying the relation among textile material properties, heat exchange and human body thermoregulation, will result in the development of a numerical simulation for heat exchange among the body and garment or some other textile product, and the environment, which is a clear trend in further development of textile and garment engineering globally. The development is aimed at the parameterisation of textile materials, engineering design of high-quality and multifunctional textile materials and products, numerical simulation of their behaviour and virtualisation on one hand and ensuring thermal-physiological comfort on the other.

The obtained knowledge contributes to the development of basic knowledge in the field of garment engineering and is important for the scientific development both in Slovenia and globally. The fundamental knowledge will contribute to the development of innovative textile materials with functional purposes, i.e. knowledge-based products, as well as to the development of the necessary technologies to manufacture them.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Dobljeni rezultati raziskav v okviru raziskovalnega programa so bistvenega pomena za Slovenijo in sicer z vidika razvoja lastnega znanja in posrednega prenosa aplikacije tega znanja v prakso. Rezultati raziskovalnega programa bodo posredno omogočili aplikacijo doseženih znanstvenih spoznanj v prakso, delno je ta že prisotna na podlagi razvitega inteligentnega sistema za napovedovanje kakovosti videza oblačil InSiNaKVO, katerega bistvene značilnosti so:

(a) na znanju zasnovano načrtovanje in napovedovanje stopnje kakovosti videza izdelanih oblačil na podlagi znanih mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin, (b) načrtovanje mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin za doseg želeno stopnje kakovosti izdelanih oblačil in (c) orodje za simulacijo stopnje kakovosti izdelanih oblačil.

Tovrstna aplikacija bo neposredno prispevala k inovativnosti in bo na podlagi inženirskega koncepta projektiranja oblačil in/ali drugih tekstilnih izdelkov, ki zahtevajo definirane funkcije, ob uporabi razvitih ustreznih metod in orodij privedla do transformiranja konvencionalne tehnologije v visoko zahtevno tehnologijo, kar je izrednega pomena za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj slovenske oblačilne industrije.

Rezultati raziskovalnega programa so tudi potencialnega pomena za tehnološki razvoj. To je prvič, da raziskovalni program vključuje definiranje vseh parametrov na področju oblačilnega inženirstva v globalnem pogledu, tj. od materiala kot vhodne surovine do oblačila s poudarkom na kakovosti videza ali drugega tekstilnega izdelka kot končnega izdelka skozi vse komponente sistema, vključujoč aspekt termofiziološkega in ergonomskega udobja. Gre za postavitev inženirskega koncepta načrtovanja oblačil in drugih tekstilnih izdelkov, ali t.i. na znanju zasnovanih izdelkov ter razvoj ustreznih metod in orodij za inženirsko oblikovanje in načrtovanje oblačil in drugih tekstilnih izdelkov.

ANG

The results obtained in the research programme are of high importance for Slovenia, primarily from the point of view of developing our own knowledge, as well as for the ability to transfer the knowledge into practical application. The results of the research programme will indirectly help the application of the scientific research results in practice, which has already been made real in the case of the developed intelligent system for predicting garment appearance quality InSiNaKVO, the main characteristics of which are as follows: (a) knowledge-based designing and predicting garment appearance quality degree, using known fabric mechanical and physical properties (b) planning fabric mechanical and physical properties so as to get the target garment quality level, and (c) tools to simulate the degree of garment quality.

This kind of application is a direct contribution to innovativeness and will be a sound basis of the concept of engineering garment design and/or other textile products that ask for strictly defined functions. Using the methods and tools developed for the purpose this application will help transforming conventional technologies into a high-tech technology, which is of key importance for the long-term development of the Slovenian garment industry.

The research programme results are potentially important for the technological development as well. It is the first attempt for research programmes to include defining all the parameters in the field of garment engineering globally, i.e. from the fabric as the input raw material do the garment, or some other textile product as an end-use product, with the accent of appearance quality, through all the system component, including the aspect or thermal-physiological and ergonomic comfort. The point is in establishing an engineering concept of designing garments or some other textile products, i.e. knowledge-based manufacture and the development of reliable methods and tools that will offer engineering design and construction of garments and other textile products.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	5	1
- doktorati	4	1
- specializacije	1	
Skupaj:	10	2

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	2		
- gospodarstvo	2	3	1

- javna uprava		1	
- drugo		1	
Skupaj:	4	5	1

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju ¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	GERŠAK, Jelka (ur.). Tehniška dediščina v Mariboru : razstava v Tednu vseživljenjskega učenja, od 18. do 24. oktobra 2004 : vodič. Maribor: Zveza društev inženirjev in tehnikov, 2004. 32 str., ilustr. ISBN 86-435-0654-0. [COBISS.SI-ID 53772545]	7
2.	GERŠAK, Jelka (ur.). 10 let evidentiranja tehniške dediščine v Mariboru : razstava v Tednu vseživljenjskega učenja, od 17. do 23. oktobra 2005. Maribor: Zveza društev inženirjev in tehnikov, 2005. 44 str., ilustr. ISBN 86-435-0735-0. [COBISS.SI-ID 55582721]	9
3.	GERŠAK, Jelka. Proceedings. 5th International Conference IMCEP 2007 Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, Laboratorij za oblačilno inženirstvo ter fiziologijo in konstrukcijo oblačil, 2007. 233 str., ilustr. ISBN 978-961-248-047-9. [COBISS.SI-ID 59283713]	32
4.	GERŠAK, Jelka (ur.), JELER, Slava (ur.). Ob 60-letnici Zveze društev inženirjev in tehnikov. Maribor: Zveza društev inženirjev in tehnikov, 2006. 85 str., ilustr. ISBN 86-435-0798-9. [COBISS.SI-ID 57526529]	10
5.	Tekstilec. Geršak, Jelka (član uredniškega odbora 1993-). Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386. [COBISS.SI-ID 763396]	1
6.	Vlákna a textil. Geršak, Jelka (član uredniškega odbora 1999-). Svit: Výskumny ústav chemických vláken, 1994-. ISSN 1335-0617. [COBISS.SI-ID 207728]	1
7.	Fibres & Textiles in Eastern Europe (JCR). STJEPANOVIĆ, Zoran (ur.). Łodz: Institute of Chemical Fibres, 1993-. ISSN 1230-3666. http://www.fibtex.lodz.pl. [COBISS.SI-ID 34493952]	1
8.	MADUREIRA, Ana (ur.), STJEPANOVIĆ, Zoran (ur.). Proceedings of the WSEAS international conferences, Lisbon, Portugal, September 22-24, 2006. Athens: World Scientific and Engineering Academy and Society, cop. 2006. 1 CD-ROM. ISBN 960-8457-53-X. [COBISS.SI-ID 10686998]	3
9.	Revista româneãa de textile-pielãarie. Stjepanović, Zoran (član uredniškega odbora 2004-). Iași: Editura Satya. ISSN 1453-5424. [COBISS.SI-ID 8602390]	1
10.	Tekstilec. Stjepanović, Zoran (član uredniškega odbora 1993-, predsednik Časopisnega sveta 2007). Zveza inženirjev in tehnikov tekstilcev Slovenije; Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386. [COBISS.SI-ID 763396]	1

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	2
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	1
- študenti, doktorandi iz tujine	5
Skupaj:	8

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

<p>Numerical Modelling and Simulation of Textile Materials«; slovensko-grški znanstveno raziskovalni projekt GR 8/2003 (2003-2004); nosilec projekta J. Geršak</p> <p>Development of the Smart Clothing, CEEPUS network CPNr.: SI-0117 (2003/04); glavni koordinator: J. Geršak)</p> <p>Modelling of the Behaviour of Complex Textile Structures«; slovensko-madžarski znanstveno raziskovalni projekt BI-HU/04-05-016 (2004-2005); vodja projekta: J. Geršak</p> <p>Determination of Computer Model and Mechanical Parameters as well as their Interactions in Complex Textile Structures«; project in the frame of Slovenian-Hungarian intergovernmental S&T Cooperation Programme BI/HU/06-07-008 (2006-2007); vodja projekta: J. Geršak</p> <p>Implementation of new Materials Objective Measurement and Evaluation System in the Processes of Technical and Intelligent Textile Products Design«; project in the frame of Slovenian/Croatian scientific co-operation BI-HR/06-07-024 (2006-2007); vodja projekta: J. Geršak</p> <p>Intelligent Textile Products of New Generation – Design & Development«, CPNr.: CII-SI-0217-01-0708 CEEPUS network 2007/08; glavni koordinator projekta: J. Geršak</p> <p>Evaluation of Thermal Transport Properties of Garment System During Use, program PROTEUS BI-FR07-PROTEUS-001 »(2007-); vodja projekta: J. Geršak</p> <p>The research of asymmetric behavior of complex textile structures« slovensko-madžarski znanstveno raziskovalni projekt (2008-), BI-HU-6/2007; vodja projekta: J. Geršak</p> <p>Intelligent Textile Products of New Generation – From Idea to Final Product«, CPNr.: CII-SI-0217 CEEPUS network »2008/09; glavni koordinator projekta: J. Geršak</p> <p>The Social Return Project; Development and implementation of multi-disciplinary approach to rehabilitation and integration in education and work of disadvantaged (disabled) people, Leonardo da Vinci Education and Culture Programme. Trajanje projekta: 36 mesecev; pričetek: 1. 10. 2004. Vodja projekta: Soffía GÍSLADÓTTIR, SN Rehabilitation Center, Husavik, Iceland; član raziskovalnega tima: Zoran Stjepanovič.</p> <p>The usage of new technologies for studying the effect of finishing process on the mechanical and drape parameters of textile materials (Uporaba novih tehnologij za študij vpliva obdelovalnih postopkov na mehanske lastnosti in drapiranje tekstilnih materialov), BI-TR/08-10-01. Bilateralni projekt med Tekstilno fakulteto Tehniške univerze Istanbul, Turčija in Fakulteto za strojništvo Univerze v Mariboru. Vodja projekta: Simona Jevšnik; član raziskovalnega tima: Zoran Stjepanovič.</p> <p>INTELSYSTEMEX, On-line collaborative platform: intelligent processes and systems in textile industry, 198/2006, CEEEX - M3. Projekt Fakultete za tekstilstvo Tehniške universe Iasi, Romunija. Zunanji ekspert: Zoran Stjepanovič.</p> <p>MUDRA Learning Network, KRO/006/07, projekt flamske vlade, Gent, Belgija. Trajanje projekta: 18 mesecev; pričetek: 1. 02. 2008. Nosilec projekta: VOKA Chamber of Commerce, East Flanders, Gent. Koordinator slovenskega dela raziskovalnega tima: Zoran Stjepanovič.</p> <p>Innovation Transfer in Textiles, AGREEMENT n° 2006 UK/06/B/F/PP-162_534, Leonardo da Vinci</p>

Education and Culture Programme. Trajanje projekta: 24 mesecev; pričetek: 1. 10. 2008.
 Nosilec projekta: Klitra Ltd., Nottingham, UK. Koordinator slovenskega dela raziskovalnega tima:
 Zoran Stjepanovič.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

4010-945/2003 Vpeljava nove tehnologije aviviranja raztezanih PES filamentnih sukancev (trajanje: 1.4. 2003 - 31. 9.2004)

4010-500/2004- 6372-MS Razvoj tehnologije izdelave visokokakovostnih snutkovnih pletiv z načrtovanimi termičnimi lastnostmi (trajanje: 1.1.2004 - 1.12.2004)

M2-0018/FS Razvoj in optimizacija osebne vojaške opreme (trajanje: 1.9.2004 - 31.3.2006)

M2-0115 Funkcionalno oblačilo slovenskega bojevnika FOBS (trajanje: 1.6.2006 - 31.5.2008)

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

AUTEX - Association of University for Textiles, Gent (J. Geršak)

International Textile Academia, Indija (J. Geršak)

Član Wearable Electronic and Smart Textiles (WEST), UK (J. Geršak)

Član Akademije tehniških znanosti Hrvaške (J. Geršak)

Član Evropske tekstilne tehnološke platforme (European Technological Platform for the Future of Textiles and Clothing) in Slovenske tekstilno tehnološke platforme pri združenju IRSPIN (Z. Stjepanovič)

Zoran Stjepanovič: predsednik Zveze inženirjev in tehnikov tekstilcev Slovenije v obdobju 2002-2009.

Jelka Geršak: predsednica Društva inženirjev in tehnikov tekstilcev Maribor v obdobju 2002-2007.

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Inteligentne tekstilije in oblačila
Opis	Predstavljen je pregled dosežkov na področju razvoja inteligentnih tekstilij in oblačil, z namenom in možnostjo njihove uporabe. Ker so inteligentna oblačila kombinacija dodane elektronike, ne-elektronskih komponent in inteligentnih tekstilnih materialov, so v prispevku predstavljeni inteligentni materiali, ki predstavljajo novo generacijo vlaken, prej in tekstilnih materialov, iz katerih se izdelujejo inteligentna oblačila.
Objavljeno v	CELCAR, Damjana, GERŠAK, Jelka. Inteligentne tekstilije in oblačila. Inf. MIDEM, 2005, letn. 35, št. 1, str. 34-43. JCR IF: 0.085, SE (190/208), engineering, electrical & electronic, x: 0.954, SE (172/178), materials science, multidisciplinary, x: 1.429
COBISS.SI-ID	4997918

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Virtualna predstavitev oblačil postaja vse bolj resnična : drapiranje - pojav za analizo podajanja oblačil
Opis	Virtualna predstavitev oblačil postaja vse bolj resnična: drapiranje - pojav za analizo podajanja oblačil.
Objavljeno v	Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 24. dec. 2004, leto 60, št. 301, str. 12.
COBISS.SI-ID	10016790

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Udobje in oblačila
	Vrsta študijskega programa	Dodiplomski visokošolski strokovni študijski program (1. stopnja) novi Bolonski program
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Mehanske lastnosti tekstilnih materialov
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski magistrski študijski program OBLIKOVANJE IN TEKSTILNI MATERIALI - novi Bolonski študijski program
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Toplotno fiziološke lastnosti tekstilnih izdelkov
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski magistrski študijski program OBLIKOVANJE IN TEKSTILNI MATERIALI - novi Bolonski študijski program
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	Mehanika ploskih tekstilij in projektiranje oblačil
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski doktorski študijski program (3. stopnja) Bolonski študijski program
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
5.	Naslov predmeta	Toplotno udobje oblačil
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski doktorski študijski program (3. stopnja) Bolonski študijski program
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
6.	Naslov predmeta	Objective Evaluation of Textile Products
	Vrsta študijskega programa	Master Study of Textile Technology and Engineering

	Naziv univerze/ fakultete	Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
7.	Naslov predmeta	Mechanical Properties of Textile Materials and Clothing Design
	Vrsta študijskega programa	Doktorski študij - Bolonski študijski program
	Naziv univerze/ fakultete	Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: Razvoj strokovne terminologije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar [15](#)

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0046	
Naslov programa	Separacijski procesi in produktna tehnika	
Vodja programa	2619	Željko Knez
Obseg raziskovalnih ur	28.050	
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008	
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	334	Univerzitetni klinični center Maribor
	432	Pinus, tovarna kemičnih izdelkov, d.d.
	794	Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskave so v obdobju 2004-2008 potekale na naslednjih področjih:

- **1. raziskave faznih ravnotežij v binarnih sistemih z visokotlačnimi mediji:**

Namen raziskav je bil v splošnem bolje razumeti fazna obnašanja neidealnih sistemov pri visokih tlakih ter pridobiti potrebne podatke za načrtovanje visokotlačnih procesov kot so separacije, mikronizacije in drugi. Sistemi, ki smo jih raziskovali so bili naslednji:

- - Vanilini-SCF: Raziskali smo topnosti in fazne prehode vanillinov (vanilina, o-vanilina, etilvanilina in etil-o-vanilina) v različnih fluidih: CO₂, propanu, izobutanu, žveplovem heksafluoridu in nekaterih ekološko sprejemljivih fluoriranih ogljikovodikih (R23, R134a, R236fa). Vanilini se med seboj razlikujejo v molski masi ter vrsti in položaju funkcionalnih skupin, zato so rezultati pomembni za razumevanje odvisnosti molekulske strukture substance na inter- in intramolekularne sile v sistemu. Hkrati so raziskave ravnotežij v alternativnih fluidih, ki bi se lahko uporabljali namesto CO₂ zelo pomembne za načrtovanje nekaterih visokotlačnih postopkov, predvsem za mikronizacijski postopek PGSS (Particles from Gas Saturated Solutions).
- - Ojačevalci okusa-SCF: Eksperimentalno smo določili fazna ravnotežja maltola in etil maltola v zmesi s CO₂ in propanom in sicer tališča in ravnotežne topnosti obeh substanc v fluidih v odvisnosti od tlaka. Študirali smo vpliv vrste funkcionalnih skupin na fazna ravnotežja v sistemih s SCF.

- - Pesticidi-CO₂: Postopek superkritične ekstrakcije predstavlja eno izmed možnih rešitev okoljevarstvenih problemov kot so odstranitev toksičnih nehlapnih substanc in preostankov iz rastlinskih materialov. Določili smo fazna ravnotežja dveh pesticidov različnih kemijskih skupin, permetrina in dikofola, ki se pogosto uporabljata za zaščito rastlin.
- - Polimeri-CO₂: Raziskali smo topnosti CO₂ v polietilenglikolih (PEG) različnih molskih mas. PEG so vodotopni polimeri, ki se, zaradi fiziološke sprejemljivosti, pogosto uporabljajo v farmacevtski in kozmetični industriji ter v medicini kot nosilci za kontrolirano sproščanje zdravil in kot gradniki v tkivnem inženirstvu. Postopki procesiranja polimerov s CO₂ predstavljajo odlično alternativo konvencionalnim tehnikam z organskimi topili. Za načrtovanje teh postopkov so podatki o faznih ravnotežjih ključnega pomena.
- - Antioksidativne komponente - SCF: študirali smo topnost antioksidativnih komponent rožmarina v CO₂ in propanu. Podatki so pomembni za načrtovanje separacije komponent.
- - Topila - CO₂: Uspešno smo vpeljali novo metodo za določanje faznih ravnotežij v sistemih tekoče - tekoče ter določili fazna ravnotežja CO₂ z nekaterimi organskimi topili (etanol, tetrahidrofuran, o-, m- p- ksilen).

• 2. Konvencionalni in visokotlačni separacijski postopki

- Raziskali smo optimalne pogoje za izolacijo in separacijo naslednjih naravnih substanc, ki imajo antioksidativne oz. farmakološke lastnosti in/ali so zanimivi za uporabo kot naravna barvila: separacijo naravnih antioksidantov iz rožmarina, flavonoidov in fenolnih spojin iz različnih rastlinskih materialov (čebula, listi oljke, šentjanževka, glog, origano, lovorjevi listi), fenolnih spojin in kafeina iz semen gvarane in iz listov zelenega čaja, aktivnih komponent (α -bisabolol, matricin, kamazulen) iz kamilice, izolacijo gama-linolenske kisline iz boraga in nočnega svetlina, izolacijo partenolida iz belega vratiča (*Tanacetum parthenium*), separacijo karotenoidov in kapsaicinoidov iz pekoče paprike, separacijo antocianinov iz tropin rdečega grozdja in iz bezgovih jagod, izolacijo betaksantenov in betanina iz rdeče pese, izolacijo klorofila iz kopriv, separacijo heleniena in luteina iz tagetesa. Razvili smo analitske metode za določitev koncentracije, ter metode za določitev antioksidativne in mikrobiološke učinkovitosti dobljenih ekstraktov.

- Antioksidativno in antimikrobno učinkovitost komponent iz rožmarina smo testirali tudi na produktu (piščančjih hrenovkah), ki je na tržišču. Hrenovke z rožmarinskim ekstraktom (namesto komercialnih aditivov) so bile pripravljene po standardni recepturi v obstoječem industrijskem procesu. Rezultati analiz so pokazali, da so bili rožmarinski ekstrakti učinkovitejši od obstoječih komercialnih aditivov in so podaljšali rok trajanja produkta.

- Raziskave so potekale tudi na področju superkritične kromatografije kot metode za separacijo posameznih omenjenih naravnih komponent z namenom pridobiti produkte z visoko čistoto (npr.: separacija antioksidativnih komponent iz rožmarina, študij kinetike adsorpcije/desorpcije različnih oljetopnih komponent na različne nosilce.

• 3. Procesiranje materialov

Na podlagi raziskav faznih ravnotežij vanilinov v različnih plinih smo izvedli eksperimente mikronizacije le-teh s PGSS postopkom. Preučevali smo vpliv medija ter procesnih parametrov na velikost, morfologijo in kristaliničnost dobljenih delcev. Raziskali smo uporabnost različnih visokotlačnih mikronizacijskih postopkov za formulacijo produkta v obliki, uporabni za proizvajalca in potrošnika. Raziskave so potekale na antocianinskih ekstraktih iz grozdja in bezgovih jagod, ki so bili v neprimerni obliki (voskasti, aglomerirani). Z uporabo omenjenih tehnik smo jih uspešno nanegli na različne nosilce. Dobljeni praškasti produkti so bili stabilni in so imeli barvne lastnosti, podobne komercialnim produktom.

Na področju nanostrukturnih materialov smo se usmerili v raziskavo priprave SiO₂ aerogelov različnih stopenj hidrofobnosti. Klasično pripravljene aerogeli SiO₂ s sol gel

sintezo in SC sušenjem v CO₂ imajo močan hidrofilni značaj. Z dodatkom kemijskih aditivov v sami sol-gel sintezi pa lahko modificiramo površino aerogela in s tem stopnjo njegove hidrofobnosti. Tako pripravljene hidrofobne aerogele smo uporabili v široko zasnovani raziskavi adsorpcije hlapnih organskih topil (VOC) iz vode in iz zraka. Hidrofobni aerogeli so znatno boljši adsorbenti kot aktivno oglje in izkazujejo zmožnost adsorpcije teh organskih topil, ki je kar za 50 krat višja od vseh do zdaj poznanih adsorbentov.

4. Encimsko katalizirane reakcije v sub- in superkritičnih medijih

Uporaba encimov kot biokatalizatorjev v superkritičnem ogljikovem dioksidu (SC CO₂) je raziskovalno področje s širokim obsegom zanimanja. Encimski procesi ponavadi potekajo v šaržnih reaktorjih, pri čemer se uporabljajo topne oblike encimov. Delovanje šaržnih reaktorjev je povezano z visokimi obratovalnimi stroški zaradi vsakokratnega zagona in zaustavitve procesa po končani šarži. Dodatni strošek predstavljajo topni encimi, ki jih je potrebno ločevati od reakcijske zmesi ali oz. za vsako šaržo dodajati novo količino potrebnega katalizatorja. Prav tako je potrebno izvesti naknadno separacijo produkta od nezreagiranih reaktantov in encima, kar predstavlja, iz tehnološkega vidika, novo operacijo v proizvodnji in s tem dodatne stroške. Rešitev predstavlja uporaba membranskega reaktorja, kjer sta reakcija in separacija združeni v eno enoto. Druga možnost je uporaba imobiliziranega encima. Imobilizirani encim lahko večkrat uporabimo in dosežemo kontinuirano proizvodnjo visoko kvalitetnih produktov. Za sintezo le-teh so največkrat potrebni specifični biokatalizatorji, katerih nabavna cena je zelo visoka. V takem primeru je smiselno encim nanesti na površino membrane s prilagojenimi metodami, ki ohranijo vso aktivnost encima.

Naš cilj je bil dimenzioniranje in zagon visokotlačnega encimskega kontinuiranega cevnega membranskega reaktorja, kar smo tudi dosegli.

Encimsko katalizirane sinteze sladkornih estrov maščobnih kislin smo izvedli v mešalnem šaržnem reaktorju pri atmosferskem tlaku. Reakcije smo katalizirali z imobilizirano lipazo iz *Candida antarcticae*. Razvili smo tudi alternativno metodo encimske sinteze, primerno za sintezo različnih sladkornih estrov maščobnih kislin s širokim spektrom uporabe. V primerjavi z organskimi topili, poteka le ta v SC CO₂ brez prisotnosti molekularnih sit, s čimer znižamo stroške proizvodnje in produkt, ki je le monoester, ne vsebuje sledov topila. V okviru teh raziskav smo proučili vpliv tlaka in temperature na aktivnost encima ter vpliv dodatka ko-topila na hitrost reakcije. Pri optimalnih pogojih smo izvedli sintezo fruktoze palmitata, fruktoze laurata in saharoze laurata, ki jih lahko uporabljamo predvsem kot emulgatorje v prehrambeni in kozmetični industriji, kjer obstaja potreba po novih aktivnih komponentah, ki zavirajo ali upočasnjujejo rast mikroorganizmov. Sladkorni estri maščobnih kislin predstavljajo zanimivo alternativo zaradi prednosti pred standardnimi produkti z ozirom na sintezo, zdravje potrošnikov in varstvo okolja. Testirali smo antimikrobno delovanje estrov saharoze in fruktoze, ki smo jih encimsko sintetizirali v organskih topilih pri atmosferskem tlaku in v SC CO₂ pri 10 MPa na testne mikroorganizme, Gram-negativno bakterijo *Escherichia coli*, Gram-pozitivno bakterijo *Bacillus cereus* in kvasovke *Saccharomyces cerevisiae*. Antimikrobno delovanje encimsko sintetiziranih sladkornih estrov maščobnih kislin smo primerjali z antimikrobnim delovanjem komercialnih estrov saharoze in maščobnih kislin. Sladkorni estri maščobnih kislin so bili najbolj učinkoviti proti potencialno patogeni bakteriji *B. cereus*, ki sodi med enega izmed najpogostejših povzročiteljev zastrupitev s hrano. Doseženi rezultati potrjujejo, da imajo SEMK pomembno prihodnost kot konzervirna sredstva v živilih.

Uspešno smo sintetizirali tri ILs (1-butil-3-metilimidazol klorid [bmim][Cl], 1-butil-3-metilimidazol heksafluorofosfat ([bmim][PF₆]) in 1-butil-3-metilimidazol tetrafluoroborat [bmim][BF₄]). Da bi lahko določili vpliv različnih ILs na aktivnost prostih in imobiliziranih encimov, smo v sintetiziranih ILs izvedli 4 modelne encimske reakcije in sicer: hidrolizo karboksimetil celuloze, katalizirano s prosto celulazo iz *Humicola insolens*, hidrolizo sončničnega olja, katalizirano s prosto lipazo iz *Aspergillus niger*, esterifikacijo oktanola in oleinske kisline, katalizirano z imobilizirano lipazo iz *Rhizomucor miehei* ter esterifikacijo citronelola in laurinske

kislina, katalizirano z imobilizirano lipazo iz *Candida antarctica*. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da so ILs ustrezen medij za encimsko katalizirane reakcije, saj se je aktivnost testiranih encimov v ILs ohranila. Le IL [bmim][Cl] je povzročila deaktivacijo encimov, kar se ujema z objavljenimi rezultati v številnih revijah.

Nadalje smo v sintetiziranih ILs podrobneje proučili še encimsko katalizirano transesterifikacijo (*R,S*)-1-feniletanola z vinil acetatom. Za omenjeni sistem smo proučili vpliv različnih reakcijskih parametrov na kinetiko encimske reakcije. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je bila imobilizirana lipaza iz *Candida antarctica* B stabilna v testiranih ILs, največjo aktivnost pa je imela v hidrofilni ionski tekočini [bmim][BF₄]. Zato smo reakcijske parametre proučili v ionski tekočini [bmim][BF₄] in dosegli najvišjo presnovo (100 %) po 5 urah reakcije.

5. Znižanje padca tlaka v hidravličnih sistemih in magnetna obdelava vode.

Na osnovi izvorno razširjene Prandtl-ove teorije mešanja je bil izdelan fizikalno-matematični model z ustrezno računalniško programsko opremo za ovrednotenje padca tlaka v cevovodih z dodanim surfaktantom za zniževanje upora trenja, namenjeno za ekonomsko optimizacijo realnih hidravličnih sistemov.

Na področju magnetne obdelave vode je bila postavljena in eksperimentalno potrjena hipoteza o magnetno pospešenem jedrenju aragonita v suspendirani obliki. Hipoteza je bila preverjena z gravimetrijo sedimentov in oblog v primerjalnih grelnih linijah in analizo vzorcev z rentgenskim praškovnim difraktometrom ter pojasnjena s spremembo hidratacije in delovanjem Lorentzove sile v električni dvojni plasti koloidnih delcev. V industrijske namene je bil izdelan in optimiran sistem permanentnih magnetov ter uspešno apliciran za preprečevanje in odstranjevanje vodnega kamna v cevnih toplotnih izmenjevalnikih.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Zastavljeni cilji v okviru programske skupine "Separacijski procesi" so bili v letih 2004-2008 v celoti realizirani.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Ni sprememb.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	SLO Izolacija klorofilov iz koprive (<i>Urtica dioica</i> L.)
		ANG Isolation of chlorophylls from stinging nettle (<i>Urtica dioica</i> L.)
	Opis	SLO Namen je bil ugotoviti izvedljivost postopka ekstrakcije klorofilov iz pekoče koprive. Preliminarne raziskave so obsegale različne dele rastline, različne tehnike konzerviranja in različne temperature skladiščenja. Ekstrakte smo analizirali na vsebnost klorofilov A in B z uporabo HPLC. Raziskave so pokazale, da je pekoča kopriva bogat vir naravnih zelenih pigmentov ter, da je ekstrakcija z ultrazvokom najbolj učinkovit separacijski postopek.
		ANG A feasibility study of extracting chlorophylls from stinging nettle (<i>Urtica dioica</i> L.) by solvent extraction was performed. Preliminary studies included three different parts of plant material, different preservation techniques and different storage temperatures. Extracts were analysed on content of chlorophyll A and chlorophyll B by HPLC method. Research work showed that stinging nettle could be used as a good natural, low-cost green pigment source, and that ultra-sound assisted extraction is a promising alternative extraction technique resulting in highest efficiency of extraction.

	Objavljeno v	HOJNIK, Maša, ŠKERGET, Mojca, KNEZ, Željko. Isolation of chlorophylls from stinging nettle (<i>Urtica dioica</i> L.). Sep. purif. technol., 2007, vol. 57, iss. 1, str. 37-46. JCR IF (2006): 2.497, SE (6/110), engineering, chemical, x: 0.921
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11289878
2.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv tlaka na encimsko katalizirano sintezo voskov v gostem CO ₂
		<i>ANG</i> Exploiting the pressure effect on lipase-catalysed wax ester synthesis in dense carbon dioxide
	Opis	<i>SLO</i> Estri voskov imajo pomembno vlogo v proizvodnji maziv ter v kozmetični in farmacevtski industriji. Raziskava je bila usmerjena na termodinamsko interpretacijo biosinteze estrov voskov v prisotnosti ogljikovega dioksida pri subkritičnih pogojih z namenom razviti proces biokatalize s poudarkom na vplivu tlaka na reakcijsko hitrost in prikazom prednosti uporabe ogljikovega dioksida, kot so stabilnost, ekonomičnost in varnost.
		<i>ANG</i> Wax esters have high significance in lubricant, cosmetic and pharmaceutical industries. Research was focused on a thermodynamic interpretation of the lauryl oleate biosynthesis of wax esters in dense carbon dioxide at sub-critical conditions to develop a biocatalytic process gaining deeper insight into the pressure effect on the reaction rate and demonstrating that carbon dioxide displays the following attributes: stability, economy and safety.
	Objavljeno v	KNEZ, Željko, LAUDANI, Chiara Giulia, HABULIN, Maja, REVERCHON, Ernesto. Exploiting the pressure effect on lipase-catalysed wax ester synthesis in dense carbon dioxide. Biotechnol. bioeng., 15 Aug. 2007, vol. 97, no. 6, str. 1366-1375. JCR IF (2006): 2.999, SE (32/140), biotechnology & applied microbiology, x: 2.589
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	11588374	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Estrifikacija citronelola z lavrinsko kislino v SCF CO ₂ in kotopili
		<i>ANG</i> Lipase-catalyzed esterification of citronellol with lauric acid in supercritical carbon dioxide/co-solvent media
	Opis	<i>SLO</i> Esterifikacijo citronelola z lavrinsko kislino, katalizirano z imobilizirano lipazo B iz <i>Candida antarctica</i> (Novozym 435), smo izvedli v SC CO ₂ ob dodatku različnih sotopil, organskih topil in ionskih tekočin. Določili smo optimalno temperaturo in tlak reakcije ter optimirali koncentracijo sotopila v SC CO ₂ . Raziskave so pokazale, da predstavlja encimska sinteza v medijih SC CO ₂ /organsko topilo in SC CO ₂ /ionske tekočine učinkovito metodo za sintezo estrov terpenov in maščobnih kislin, uporabnih v prehrabeni industriji.
		<i>ANG</i> Esterification of citronellol with lauric acid, catalyzed by immobilized lipase B from <i>Candida antarctica</i> (Novozym 435), was performed in SC CO ₂ in the presence of different co-solvents, organic solvents and ionic liquids. Optimal reaction temperature and pressure were determined and the concentration of co-solvent in SC CO ₂ was optimized. Enzymatic synthesis of in SC CO ₂ /organic solvent and SC CO ₂ /ionic liquids media proved to be an effective preparative method for the synthesis of terpene fatty acid esters applicable in food industry.
	Objavljeno v	HABULIN, Maja, ŠABEDER, Saša, PALJEVAC, Muzafera, PRIMOŽIČ, Mateja, KNEZ, Željko. Lipase-catalyzed esterification of citronellol with lauric acid in supercritical carbon dioxide/co-solvent media. J. supercrit. fluids. [Print ed.], 2007, vol. 43, str. 199-203. JCR IF (2006): 2.037, SE (45/108), chemistry, physical, x: 2.525, SE (9/110), engineering, chemical, x: 0.921
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	11755030	
4.	Naslov	<i>SLO</i> Adsorbpcija toksičnih snovi iz vode z hidrofobnimi silika aerogeli
		<i>ANG</i> Adsorption of toxic organic compounds from water with hydrophobic silica aerogels.
	Opis	<i>SLO</i> Pripravili smo modificirane aerogele SiO ₂ različne stopnje hidrofobnosti. Rezultati so pokazali, da imajo ti aerogeli od 15 do 400 krat večjo adsorbcijsko kapaciteto in jih je možno uporabiti v vsaj 20 ciklih adsorbpcije/desorbpcije, kar bistveno zniža stroške in je tako njihova upraba konkurenčna GAC.

		ANG	Silica monolith aerogels with different degrees of hydrophobicity were prepared. The aerogels, based on TMOS (tetramethoxysilane) precursor, are hydrophilic due to -OH functional groups on aerogel surface, because they promote the adsorption of water. Measurement showed that silica aerogels in comparison to granulated active carbon (GAC) exhibit capacities which are from 15 to 400 times higher for all tested compounds and they remain stable even after 20 adsorption/desorption cycles.
	Objavljeno v		ŠTANDEKER, Suzana, NOVAK, Zoran, KNEZ, Željko. Adsorption of toxic organic compounds from water with hydrophobic silica aerogels. J. colloid interface sci., 2007, no. 2, vol. 310, str. 362-368. JCR IF (2006): 2.233, SE (39/108), chemistry, physical, x: 2.525
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		11277334
5.	Naslov	SLO	Določitev pretočno – tlačnih razmer v cevnem sistemu z dvofaznim tokom.
		ANG	Calculation of two-phase flow-pressure conditions and pipe systems
	Opis	SLO	Določitev pretočno – tlačnih razmer v cevnem sistemu z dvofaznim tokom. Raziskava obravnava pretok dvofazne mešanice. Razvit je matematični model in izdelan računalniški programom s katerim je možno določiti vrsto faznega toka, vrednosti karakterističnih parametrov in padca tlaka v posameznih cevni odsekih. Rezultati so osnova za optimizacijo in procesiranje cevni mrež za transport dvofazni mešanic. Za rešitev nelinearnega matematičnega modela je bila uporabljena linearna teoretična metoda (LTM).
		ANG	Calculation of flow – pressure conditions in pipe system with two –phase flow The research deals with flow of two – phase mixture. With developed mathematical model and computer program it is possible to determine the type of phase flow, the values of characteristic parameters and pressure drops in pipe sections. These results are vital for optimal design and for processing pipe networks for the transport of two-phase mixtures. Nonlinear mathematical model was solved with the linear theory method (LTM).
	Objavljeno v		GORIČANEC, Darko, KROPE, Jurij, PRISTOVNIK, Andrej. Calculation of two-phase flow-pressure conditions and pipe systems. Int. j. of nonlinear sci. & numer. simul., 2006, vol. 7, no. 2, str. 229-232. JCR IF: 4.386
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10341142

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Koordiniranje mednarodnega projekta
		ANG	Coordination of international projects
	Opis	SLO	Koordiniranje mednarodnega projekta (6. okvirni program EU); V okviru 6. okvirnega programa EU je Laboratorij za separacijske procese in produktno tehniko uspešno prijavil projekt z naslovom Green/Clean processing of bioactive materials (SUB CLEAN PROBIOMAT) v okviru MARIE CURIE ACTIONS, Host fellowships for Early Stage Research Training (EST). Projekt vzpostavlja mrežo šestih evropskih univerz
		ANG	Coordination of international project (6th framework programme EU); The Laboratory of separation processes and product design has successfully applied for a project in the EU 6th framework programme entitled Green/Clean processing of bioactive materials (SUB CLEAN PROBIOMAT) in the frame of MARIE CURIE ACTIONS, Host fellowships for Early Stage Research Training (EST). The project reestablishes a network consisting of six european universities
	Šifra		D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v		/
Tipologija		2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
	COBISS.SI-ID		0
2.	Naslov	SLO	Vodenje Centra Odličnosti

		ANG	Leading of Centre of Excellence
Opis		SLO	Prof. Željko Knez je kot vodja Centra odličnosti Superkritični fluidi, nosilec dveh projektov:1.) RR projekt Centra odličnosti "Superkritični fluidi" - raziskovalno-razvojni projekt Superkritični fluidi (pogodba št. 3311--04-855013), in 2.) Projekt Razvoj raziskovalne infrastrukture centra odličnosti Superkritični fluidi (pogodba št. 3311-04-855103).
		ANG	Prof. Dr. Željko Knez the head of Centre of Excellence Supercritical Fluids, was the project leader of two projects: 1) R&D project of centre of excellence »Supercritical fluids« - reserch and development project Supercritical fluids (contract no. 3311-04-855013), and 2) Project of infrastructure development of centre of excellence Supercritical fluids (contract no. 3311-04-855103)
Šifra	D.07 Vodenje centra/laboratorija		
Objavljeno v	KNEZ, Željko, NOVAK, Zoran, HABULIN, Maja, ŠKERGET, Mojca, SINKOVIČ, Andreja, BRODNJAK-VONČINA, Darinka, VONČINA, Ernest, RIŽNER HRAŠ, Andreja, BERGLEZ, Tone. Superkritični fluidi : zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega centra odličnosti v programskem obdobju 2004-2006. Maribor: Univerza, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2008. 26 f.		
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav		
COBISS.SI-ID	13084950		
3. Naslov		SLO	Mladi raziskovalci iz gospodarstva
		ANG	Young researchers from economy
Opis		SLO	Kontinuirna vzgoja in izobraževanje mladih raziskovalcev (MR) za gospodarstvo. Člani programske skupine so bili mentorji oz. komentorji trem mladim doktorandom iz gospodarstva, ki so se delno izobraževali in izpopolnjevali v laboratorijih. Iz podjetja Vitiva, Markovci, sta v okviru tega programa bila vključena dva mlada raziskovalca in sicer Maja Škrinjar (šifra raz. 22594, pog. št. 3311-04-831211, izobraževanje zaključila v letu 2006) in Miran Bezjak (pog. št. 3211-05-000529) ter Klavdija Rižnar (šifra raz. 20089) iz Znanstvenoraziskovalnega središča Bistra, Ptuj.
		ANG	Continuou education of young researchers from economy. Members of the programme group were mentors or co-mentors to three young doctorate candidates from economy, which were educated and specialized in laboratories. Two young researchers from company Vitiva d.d., Markovci were enrolled in the frame of programme: Maja Škrinjar (researcher's code 22594, contract no. 3311-04-831211, concluded education in year 2006) and Miran Bezjak (contract no. 3211-05-000529) and young researcher, Klavdija Rižnar (researcher's code 20089) from Scientific Research Centre Bistra, Ptuj.
Šifra	F.03 Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja		
Objavljeno v	ŠKRINJAR, Maja. Koncentriranje antioksidantov iz ustnatic (lobiatae) : doktorska disertacija. Maribor: [M. Škrinjar], 2007. XI, 91 f., ilustr. RIŽNAR, Klavdija. Koncentriranje diterpenskih fenolov s postopkom superkritične ekstrakcije : doktorska disertacija. Maribor: [K. Rižnar], 2008. 113 f., ilustr., tabele.		
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
COBISS.SI-ID	11339798		
4. Naslov		SLO	Postopek za pripravo koncentriranih ekstraktov na osnovi rožmarinske kisline in njihova uporaba
		ANG	Process for preparation of concentrated extracts based on rosemary acid and their use
Opis		SLO	Patent opisuje postopek pridobivanja koncentriranih naravnih antioksidantov na osnovi rožmarinske kisline s pomočjo visokotlačne ekstrakcije in njihova uporaba kot antimikrobnih in antoksidativnih učinkovin.
		ANG	The patent describes a process for producing concentrated natural antioxidants from plant materials based on rosmarinic acid by means of high pressure extraction. Products are applicable as antioxidative and antimicrobial agents.
Šifra	F.33 Patent v Sloveniji		

	Objavljeno v	BAUMAN, Davorin, HADOLIN KOLAR, Majda, KMET, Matevž, RIŽNER HRAS, Andreja, KNEZ, Željko. Postopek za pripravo koncentriranih ekstraktov na osnovi rožmarinske kisline in njihova uporaba : številka patenta SI 21460 A, datum objave: 31.10.2004; št. prijave P-200300106 z dne 23.04.2003. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2004. 28 f. http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=SI21460&F=0 . [COBISS.SI-ID]
	Tipologija	2.24 Patent
	COBISS.SI-ID	7925014
5.	Naslov	<i>SLO</i> Zoisova nagrada
		<i>ANG</i> Zoiss award
	Opis	<i>SLO</i> Zoisovo nagrado za vrhunske znanstvene dosežke na področju temeljnih in aplikativnih raziskav za leto 2006 je prof. dr. Željko Knez, prejel zaradi svoje predanosti raziskovalnemu delu in zaradi vrhunskih dosežkov na področju uporabe superkritičnih fluidov. Njegov mednarodno vpeti »Laboratorij za separacijske procese in produktno tehniko«, ki ga vodi od vsega začetka že dve desetletji, sodi med vrhunske.
		<i>ANG</i> The Zois Award for outstanding achievements in the field of fundamental and applicative research in year 2006 was received by prof. dr. Željko Knez for his dedication to research work and topmost achievements in the use of supercritical fluids. From the beginning and during past two decades, he is the head of the Laboratory of separation processes and product design, which has become the topmost, an internationally recognised and incorporated laboratory.
	Šifra	E.01 Domače nagrade
	Objavljeno v	KNEZ, Željko, KOSEC, Marija, ŠAŠEL KOS, Marjeta, ZUPAN, Jure. Dobitniki Zoisovih nagrad za vrhunske dosežke : sodelovanje v oddaji Sadovi znanja na TV PIKA, 8. decembra 2006 (s ponovitvami 10., 12. in 17. decembra 2006). Maribor, 2006.
	Tipologija	3.11 Radijski ali TV dogodek
	COBISS.SI-ID	12213014

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Izkoriščanje specifičnih lastnosti superkritičnih fluidov (transportne lastnosti, selektivna topnost, itd.) je povečalo industrijsko konkurenčnost Slovenije in hkrati prineslo okoljske in ekonomske koristi Sloveniji in širše tudi Evropski uniji. Tehnologije razvite s pomočjo SCF so se v svetu že izkazale za ene od pomembnejših trajnostnih tehnologij s skoraj ničelnim vplivom na okolje. Različna področja dejavnosti, združena v programu, ter sodelovanje partnerjev iz znanosti in gospodarstva, je omogočalo:

- razvoj novih produktov z visoko dodano vrednostjo s pomočjo SCF, katerih ni možno pridobiti s klasičnimi postopki,
- razvoj novih tehnologij na področju SCF za trajnostni gospodarski razvoj Slovenije,
- pridobivanje produktov v oblikah in s točno določenimi lastnostmi, ki jih zahteva potrošnik,
- definicijo potreb farmacevtske in kozmetične industrije po produktih ter njihovih lastnostih (vrsta, oblika, vsebnost aktivnih učinkovin, kontroliran čas sproščanja),
- poizkuse v pilotnem merilu, prenos tehnologij v industrijo...

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

- binarnih in ternarnih faznih ravnotežij v neidealnih sistemih s SCF;
- prenosa snovi v sistemih, ki vsebujejo superkritični fluid;
- visokotlačnih mikronizacijskih procesov - PGSS;
- kinetike in ravnotežja encimskih reakcij v SCF ter aktivnosti encimov pri visokih tlakih;

ANG

Exploiting the unique properties of SCF (transport properties, solvent power etc) increased the industrial competitiveness of Slovenia and brought both environmental and economic benefits to Slovenia and wider to European Community.

Technologies, developed by use of SCF were viewed as one of the key sustainable technologies with almost no impact on the environment.

Different activity fields, included in the programme together with cooperation between partners from science and economy sector enabled:

- Definition of requirements of pharmaceutical and cosmetic industry for products and their properties (type, form, content of active ingredient, controlled release time),
- Development of new products with high added value by means of SCF, which are not obtainable with classical procedures,
- Development of new technologies in the field of SCF for sustainable economical growth of Slovenia,
- Production of products with tailor made properties, validation of technical procedures and analytical methods,
- Experiments in pilot scale, transfer of technologies to industry,...

The results significantly contributed to fundamental knowledge in the following fields:

- binary and ternary phase equilibria in non-ideal systems with SCF,
- mass transfer in systems with SCF,
- high pressure micronisation processes – PGSS
- kinetics and equilibria of enzymatic reactions with SCF and enzyme activity at high

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Razvijanje novih, čistejših postopkov za proizvodnjo specialnih kemičnih izdelkov je eden od osnovnih izzivov kemikov in kemijskih inženirjev ne le v Sloveniji, ampak po celem svetu, kajti brez teh čistejših postopkov naše življenje in razvoj nista trajnostna (sustainable). Pomembno je da EU, in znotraj nje tudi Slovenija, igra vodilno vlogo v takšnem razvoju, če hočemo da bo imela kemijska industrija koristi od teh rezultatov.

Raziskave v okviru programske skupine so ponudile nove tehnologije z majhnim vplivom na okolje, ter domača znanja za produkte z visoko dodano vrednostjo, ki se tržijo doma v Sloveniji in drugod po svetu. Prav tako so bodoči magistranti in doktorandi, ki so v tem času končali študij, imeli možnost zaposlitve v industriji. Z novimi visokokvalitetnimi in konkurenčnimi proizvodi in tehnologijami se je povečal proizvodni program in obseg proizvodnje, s tem pa je bila ustvarjena možnost za odpiranje novih delovnih mest.

ANG

Developing new, cleaner routes for chemical manufacture is one of the principal challenges facing chemists and chemical engineers not only in Slovenia but also across the world because without these routes our current lifestyle is unsustainable. It is vital that the EU and Slovenia play a leading role in these developments if our chemical industry is to benefit fully from the results.

Research in the programme group offered new technologies with low environmental impact and domestic knowledge for product with high added value, which are traded in Slovenia and worldwide. Furthermore, masters and doctors of science, who were meanwhile conclude their studies, had the opportunity of employment in industry. New high-quality and competitive products and technologies increased the programme and range of production, for which new working places were available.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	3	1
- doktorati	10	7
- specializacije		
Skupaj:	13	8

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število	Število	Število
-------------------------	---------	---------	---------

	doktorjev	magistrov	specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	3		
- gospodarstvo	7	3	
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	10	3	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju [10](#)

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	KNEZ, Željko (ur.), COCERO, Maria José (ur.). 5th International symposium on high pressure process technology and chemical engineering, June 24-27, 2007, Segovia, Spain, (European Federation of Chemical Engineering, Event 661). [S.l.: EFCE], 2007. 1 CD-ROM. [COBISS.SI-ID 11455766]	5
2.	KRAVANJA, Zdravko (ur.), NOVAK-PINTARIČ, Zorka (ur.), KNEZ, Željko (ur.), SLEMNIK, Mojca (ur.), SIMONIČ, Samo (ur.). Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo : izzivi na pragu III. tisočletja. Prenovljena izd. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2007. 28 str., fotograf. ISBN 978-961-248-064-6. [COBISS.SI-ID 59819009]	4
3.	Acta chimica slovenica. Knez, Željko (član uredniškega odbora 1998-). [Tiskana izd.]. Ljubljana: Slovensko kemijsko društvo: 1993-. ISSN 1318-0207. [COBISS.SI-ID 14086149]	
4.	Chemical industry & chemical engineering quarterly. Knez, Željko (član uredniškega sveta 2005, 2007). Beograd: Association of Chemical Engineers, 2005-. [COBISS.SI-ID 9527830]	
5.	The Journal of supercritical fluids. Knez, Željko (član uredniškega odbora 2005, 2007). [Print ed.]. Cincinnati, OH: PRA Press. ISSN 0896-8446. [COBISS.SI-ID 25795072]	30
6.	Univerzitetna revija. Knez, Željko (član uredniškega odbora 1996-). Maribor: Univerza v Mariboru: Studio Linea, 1994-. ISSN 1318-4539. [COBISS.SI-ID 43538688]	
7.	WSEAS Transaction on Heat and Mass Transfer Issue 4, Volume 1, April 2006, guest editors - Jurij Krope, Darko Goričanec	28
8.	KROPE, Jurij (ur.), GARBAI, László (ur.), KOZIĆ, Đorđe (ur.), GORIČANEC, Darko (ur.). Proceedings of the 2nd IASME/WSEAS International conference on Energy & Environment (EE '07), Portorož, Slovenia, May 15-17, 2007 ISBN 978-960-8457-69-0 [COBISS.SI-ID 11308054]	55
9.	KROPE, Jurij (ur.). 2nd IASME/WSEAS International conference on Continuum Mechanics (CM '07), 2nd IASME/WSWAS International conference Water resources, Hydraulics & Hydrology (WHH '07), 1st International conference on Geology and Seismology (GES '07), (Energy and Environmental Engineering Series) May 15 - 17, 2007, Portorož, Slovenia. WSEAS Press, cop. 2007. ISBN 978-960-8457-70-6. [COBISS.SI-ID 11309334]	51
10.	KROPE, Jurij (ur.), SOHRAB, Siavash H. (ur.), BENRA, F.-K. (ur.). Theoretical and experimental aspects of heat and mass transfer : proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Heat and Mass transfer (HMT'08), Acapulco, Mexico, January 25-27, 2008, (Mathematics and computers in science and engineering). ISBN 978-960-6766-31-2 [COBISS.SI-ID 12139542]	36

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	1
- študenti, doktorandi iz tujine	32
Skupaj:	33

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju ¹¹

<p>1. raziskovalni programi EU:</p> <p>5. Okvirni program EU: - Marie Curie Training Site "Processes using sub- and supercritical fluids" št. pogodbe: HPMT-CT-2001-00418</p> <p>6. Okvirni program EU - Marie Curie Early Stage Research Training Site "SUB CLEAN PROBIOMAT" št. pogodbe: MEST-CT-2004-007767 koordinator: Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo - Marie Curie Research training Network "SUPERGREENCHEM" št. projekta: MRTN-CT-2004-504005</p> <p>7. Okvirni program EU - ENERGY-2007-1-RTD "Super Methanol" grant agreement number: 212180 - COST D25 naslov projekta: Applied biocatalysis: Stereoselective and environmentally friendly reactions catalysed by enzymes (2002-2007) - COST D29 naslov projekta: Sustainable/Green Chemistry and Chemical Technology št. pogodbe: 3311-03-837076 - COST D30 naslov projekta: High pressure tuning of chemical and biochemical processes št. pogodbe: 3311-03-837093</p> <p>2. Bilateralni mednarodni projekti - Velika Britanija - Aerogels for Supercritical Fluids Application, BI-GB/04-015 - Čistejši oksidacijski procesi: Sinteza in uporaba aerogelnih katalizatorjev, PSP 17/2005 - Srbija in Črna gora - Razvoj metod in naprav za eksperimentalno določevanje termofizikalnih lastnosti zemljišč za namene optimalnega izkoriščanja geotermalne energije, BI-CS/04-05-005 - Antioksidativna aktivnost rastlinskih ekstraktov (Antioxidant activity of plant extracts). (BI-HU/08-09-009) - Bosna in Hercegovina - Pridobivanje ekstraktov naravnih učinkovin in določanje farmakoloških in toksikoloških lastnosti, BI-BA/04-05-007 - Hrvaška - Encimska sinteza kiralnih molekul, SLO-HRV 2/03-04 - Biotransformacije in bioseparacijski procesi, BI-HR/06-07-027</p>
--

- Madžarska - Encimske esterifikacije v "zelenih" topilih, BI-HU/07-08-008
- Separacija in koncentriranje naravnih učinkovin (Separation and Concentration of Natural Compounds), BI-HU/06-09-009

3. Predsedovanje Prof. dr. Željka Kneza v Working Party of High Pressure Technology v okviru Evropskega združenja kemijskih inženirjev.

4. Članstvo Prof. dr. Željka Kneza v Izvršilnem odboru Evropskega združenja kemijskih inženirjev.

5. Mednarodno sodelovanje z univerzami

- Atene (Prof. Dr. E.S. Lazos)
- Erlangen (Prof. Dr. W. Arlt),
- Bochum (Prof. Dr. E. Weidner)
- Valladolid (Prof. Maria Jose Cocero)
- Trst (Prof. Paolo Alesi)
- Hamburg-Harburg (Prof. Dr. Gerd Brunner)
- Graz (Prof. Dr. T. Gamse),
- Zagreb (Prof. Dr. Vasić-Rački)
- Budimpešta (Prof. Dr. Bela Shimandi)
(Corvinus University of Budapest, Faculty of Food Science, Department of Food Engineering, prof. dr. Gyula VATAI)
- Kuba (Facultad de Ingenieria Mecanica de la Universidad de Oriente)
- Novi Sad (University of Novi Sad, Faculty of Technology, Chair of Applied and Engineering Chemistry, prof. dr. Sonja DJILAS)

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

1. Evropski sklad za regionalni razvoj - ESRR - Center odličnosti "Superkritični fluidi"

- RR projekt Centra odličnosti "Superkritični fluidi" - raziskovalno-razvojni projekt Superkritični fluidi

številka pogodbe: 3311-04-855013

- Razvoj raziskovalne infrastrukture centra odličnosti Superkritični fluidi

številka pogodbe: 3311-04-855103

2. Industrijski projekti za domača in tuja podjetja

Kemijska industrija:

- Pinus TKI, d.d., Rače
- Helios, Domžale Helios-SI
- Kaldera d.o.o., Slovenska bistrica
- Tanin, Sevnica
- Siemens-Axiva-D
- BayerAG-D,
- Henkel-D
- PPG- ZDA
- UHDE high pressure, GmbH, Nemčija
- Messer, GmbH, Nemčija

Farmacevtska industrija:

- Krka, tovarna zdravil, Novo Mesto
- Novartis Lek, Ljubljana
- Bayer-Pharma, Ljubljana
- Mariborske Lekarne, Maribor
- Zeller, Švica

Prehrambena industrija:

- Vitiva, d.o.o., Markovci

<ul style="list-style-type: none"> - ETOL, Celje - Radenska d. d. Radenci - Bunge, ZDA - Raps, Nemčija <p>Kozmetična industrija:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rausch, Švica <p>Strojna industrija:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nafta-Geoterm, Lendava - Gorenje, Velenje - UHDE high pressure, Nemčija, - Natex, Avstrija

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

<p>1. Center odličnosti Superkritični fluidi (CO SCF)</p> <p>2. Članstva vodje programske skupine prof. Željka Kneza v domačih telesih/združenjih:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Upravni odbor Agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (UO ARRS) - Izvršni odbor Evropske federacije za kemijsko inženirstvo (Executive Board EFCE) - Podpredsednik Slovenskega kemijskega društva (SKD), Ljubljana, Slovenija - Nacionalni koordinator za področje tehniške kemije pri takratnem MŠZŠ (1995- 2005) - Član Sveta za znanost in tehnologijo (1997-2004) <p>3. Članstva vodje programske skupine prof. Željka Kneza v tujih telesih/združenjih:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Predsednik delovne skupine Visokotlačne tehnologije pri EFCE (WP High pressure technology EFCE) - American Oil Chemists Society -Washington, ZDA - International Society for Advancement of Supercritical Fluids-ISASF, Nancy, F, - VDI Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Nemčija
--

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Supercritical fluids for sustainable production
Opis	Predstavljena je uporaba SCF za procesiranje različnih substanc, z minimalnim vplivom na okolje. Prikazan je trajnostni vidik in ekonomski parametri teh tehnoloških postopkov.
Objavljeno v	ŠKERGET, Mojca, KNEZ, Željko. Supercritical fluids for sustainable production. V: NOVAK-PINTARIČ, Zorka (ur.), SIMONIČ, Marjana (ur.), IRŠIČ BEDENIK, Nataša (ur.). Environmental protection. Maribor: ŠOUM, 2004, str. 27-38.
COBISS.SI-ID	8919574

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Nova raziskovalna oprema, ki je edinstvena v svetu
Opis	V preteklosti smo v okviru različnih projektov izvedli investicije v specifično visokokvalitetno opremo na področju analitike, termogravimetrije in visokotlačnih tehnologij. Ob tem je potrebno omeniti osrednjo investicijo v

	Preparativni superkritični kromatograf, ki bi naj v novem obdobju odigral pomembno vlogo v nadaljevanju aktivnosti na področju raziskav SCF.
Objavljeno v	KNEZ, Željko. Nova raziskovalna oprema, ki je edinstvena v svetu : prispevek v oddaji Kronika 1, RTS, 13.12.2007. Maribor: RTS, 2007. zvok.
COBISS.SI-ID	12207126

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	<ul style="list-style-type: none"> - Prenos snovi - Mehanska tehnika - Termodifuzijska tehnika - Organska tehnologija (izbirni) - Visokotlačni procesi (izbirni) - Bioinženirstvo in fermentacijska tehnika (izbirni) - Osnove tehnologije živilskih izdelkov (izbirni) - Biokemijska tehnika - Industrijska mikrobiologija - Encimske tehnologije (izbirni) - Prenosni pojavi; - Analiza procesov
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni dodiplomski študijski program Kemijska tehnologija; Visokošolski strokovni program Kemijska tehnologija
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
2.	Naslov predmeta	<ul style="list-style-type: none"> -Produktna tehnika -Separacijski procesi (izbirni) -Visokotlačne tehnologije (izbirni) -Biokataliza (izbirni) -Biotransformacije (izbirni) -Prenos snovi in fazna ravnotežja -Kemija naravnih produktov - živilska kemija - Prenosni pojavi v kemijski tehniki - Smotrna raba energije
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni podiplomski študijski program Kemija in kemijska tehnika
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
3.	Naslov predmeta	<ul style="list-style-type: none"> - Kemija; - Membranski snovni transportni pojavi (izbirni) - Nutricevtiki in tehnologija (izbirni)
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni dodiplomski študijski program Splošna medicina; Univerzitetni podiplomski študijski program Biomedicinska tehnologija
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta
4.	Naslov predmeta	<ul style="list-style-type: none"> - Organska kemijska tehnologija (izbirni); - Kemija (izbrana poglavja) - Ekološke tehnologije - Varstvo voda - Kemijski ekološki faktorji
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni dodiplomski študijski program Strojništvo; Univerzitetni podiplomski študijski program Strojništvo, tekstilna tehnologija, tehniško varstvo okolja
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

5.	Naslov predmeta	- Pregled tehnologij z varstvom okolja - Kemija
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni dodiplomski dvo-predmetni študijski program Kemija in ...
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
6.	Naslov predmeta	- Kemija
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski študijski program - Bioinformatika (MAG)
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za zdravstvene vede
7.	Naslov predmeta	- Visokotlačne tehnologije; - Odpadki v kemijski industriji
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski študij - Kemijsko inženirstvo; Podiplomski-specialistični študijski program - Ekoinženirstvo
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Zagrebu, Fakulteta za kemijsko inženirstvo in tehnologijo (FKIT)

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar¹⁵

Raziskovalni program Separacijski procesi se je v letih 2004 do 2008 osredotočil k vrhunski kvaliteti proizvodov in tehnologij in s tem učinkovito prispeval k izboljšanju kvalitete življenja, kar je tudi osnova trajnostnega razvoja. Spodbujal je, k povezovanju izobraževanja, raziskovanja in podjetništva ter povečevanju mobilnost znanja idej in ljudi v družbi. V tem kontekstu je tudi bil usmerjen v izpolnjevanje ključnih ciljev Nacionalnega raziskovalnega in razvojnega programa (NRRP) za obdobje 2006-2010, ki prav raziskave in razvoj postavlja v središče razvoja Slovenije.

Z aktivnim vključevanjem v trg in prenosom znanja s transferom znanstvenih in strokovnih dosežkov je raziskovalni program povečeval vpliv RR v domačem okolju in s svojim raziskovalnim delom prispeval k povečevanju kvalitete RR in s tem h pospešenemu gospodarskemu razvoju v Republiki Sloveniji. Z vzgojo mladih raziskovalcev in s prevladujočim deležem žensk v znanosti in raziskovanju na področju kemijskega inženirstva, kamor uvrščamo tudi visokotlačne tehnologije ter z aktivnim vključevanjem in mobilnostjo v Evropskem intelektualnem in gospodarskem prostoru je pripomogel h krepitvi človeških virov v RR in gospodarstvu, ter povečanju bruto družbenega proizvoda.

Raziskave na področju visokotlačnih tehnologij danes sovpadajo tudi s prioritetskimi področji NRRP in sicer napredni (novi) materiali in nanotehnologije, kompleksni sistemi in inovativne tehnologije in tehnologije za trajnostno gospodarstvo

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0256
Naslov programa	Konstruiranje
Vodja programa	2859 Jože Duhovnik
Obseg raziskovalnih ur	17.850
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo 795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Sklop A

V projektu smo razvili teorijo in potrebne geometrijske modele za strukturno sintezo tehničnih sistemov (TS). Povezave med geometrijskimi modeli temeljijo na povezavah med posameznimi fizikalnimi zakoni. Fizikalni zakoni omogočajo realizacijo želenih funkcij preko efektov, vendar sami po sebi niso zadosti za izpeljavo strukturne sinteze TS. Zato smo vpeljali geometrijske modele, ki so jih poimenovali osnovne sheme (OS) in so komplementarne fizikalnim zakonom. Vsak fizikalni zakon je tako predstavljen z njemu pripadajočo OS.

OS so sestavljene iz geometrijskih elementov in fizikalnih količin. Fizikalne količine se navezujejo na fizikalne zakone, geometrijski elementi pa na strukturo konceptualnega tehničnega sistema. Iz relativno majhnega nabora fizikalnih količin (64) in še manjšega nabora geometrijskih elementov (4), nam je uspelo enoznačno popisati nabor 138 fizikalnih zakonov.

Pri sintezi več OS v konceptualni TS je nujno potrebna njihova medsebojna povezljivost. Za potrebe veriženja se fizikalni zakoni povezujejo med seboj preko fizikalnih spremenljivk, ki predstavljajo vzroke in efekte. Povezavo med vzročno in efektivno spremenljivko predstavlja fizikalni zakon.

Posamezne OS se poleg fizikalnih količin med seboj povezujejo tudi preko geometrije, ki jo predstavljajo WE (elementarni nosilci funkcij-wirk elementi). Geometrijske elemente predstavljajo linijski, površinski in volumski WE ter povezovalna struktura. Uporaba fizikalnih zakonov in OS za generiranje konceptualnih TS omogoča konsistentnost in medsebojno povezljivost na vseh nivojih TS (komponenta, podsklop, sklop).

Z uporabo alokacije WE lahko različne oblikovne variante TS dosežemo tudi ob enakem vrstnem redu fizikalnih zakonov in OS v verigi. Možnost alokacije WE nam omogoča variantno konstruiranje, omogoča pa tudi optimizacijo tako zgrajenih TS. Glede na vključenost WE posameznih komponent v izpolnjevanje glavne, delnih in pomožnih funkcij, lahko sklepamo na optimalno obliko komponente oz. izkoriščenost materiala, posredno pa tudi na večjo cenovno konkurenčnost takšnih TS. S tega vidika zato skušamo modificirati ali celo odstraniti dele komponent, ki niso namenjeni realizaciji nobene izmed funkcij oz. imajo lahko celo negativen vpliv. Čeprav je bila izvedena formalizacija metode, pa samega procesa sinteze konceptualnih TS ne moremo in niti ne želimo v celoti formalizirati. Določena stopnja nedoločljivosti nam omogoča ravno možnost alokacije, s čimer je podprta fleksibilnost oblikovne zasnove strukture TS, s tem pa tudi večjo kreativnost in uporabnost v različnih domenah tehnike. Testi so pokazali, da kljub enakim verigam fizikalnih zakonov konstruktorji generirajo oblikovno različne konceptualne TS. Iz omenjenega področja sta v recenziji dva članka: Mapping of Physical Laws to the Structure of Technical Systems (Journal of Mechanical Design) in Use of Wirk Elements for the Synthesis of Alternative Conceptual Solutions (Research in Engineering Design). Mladi raziskovalec Janez Rihtaršič bo v prvi polovici 2009 zagovarjal doktorsko tezo iz omenjenega področja in zaključil podiplomsko usposabljanje.

V začetku iskanja postavitve metodologije iskanja priložnosti (druga metoda v sklopu A) smo predvideli iskanje na osnovi raziskave strukture besedil, ki bi služila kot vir priložnosti za nov izdelek. Analiza obstoječih metod za generiranje idej in priprava osnovne strukture virov in dejavnosti iskanja priložnosti za nov izdelek je bila v letu 2004 zaključena. V tem času so bili prepoznani socialni, ekonomski, tehnološki in zakonodajni dejavniki. Na njihovi osnovi smo oblikovali metodo iskanja priložnosti, ki se je izkazala za primernejšo od uporabe strukture besedil. Metoda je bila razvita do stopnje primerne za samostojno uporabo v podjetju. V okviru razvoja metode in kasneje implemetacije je MR Janez Benedičič v podjetju NIKO d.d. implementiral metodo skupaj z mešanim timom (študenti in zaposleni v NIKO d.d.). V metodi je bila prvič jasno predstavljena pomembnost upoštevanja zakonodaje pri razvoju izdelkov, ki se v procesu iskanja priložnosti vključuje kot enakovreden dejavnik poleg socialnega, ekonomskega in tehnološkega. Z upoštevanjem vseh štirih dejavnikov celovito pristopamo k iskanju priložnosti. Zelo pomemben del metode predstavlja tudi prvi korak, ki izhaja iz značilnosti podjetja za katerega iščemo priložnosti. Tako že v samem začetku upoštevamo zmožnosti podjetja in njegovo vpetost v poslovno okolje. Metoda iskanja priložnosti za razvoj novega izdelka celovito obravnava iskanje priložnosti, hkrati pa poudarja značilnosti podjetja za katerega iščemo priložnosti. MR je v tem obdobju uspešno zagovarjal doktorsko tezo.

Na področju kolaborativnega razvoja izdelkov smo v sodelovanju s kolegi iz TU Delft, EPFL, Lausanne, City University, London in Sveučilište u Zagrebu razvili proces razvoja izdelka z virtualnimi timi (tretja metoda v sklopu A). Proces je odgovor na izzive razvoja izdelkov v globalnem svetu:

- delo v funkcijsko mešanih timih,
- delo v multidisciplinarnih timih,
- delo v multinacionalnih timih,
- delo v geografsko razpršenih timih,
- delo z globalno bazo uporabnikov,
- razvoj komunikacijskih veščin,
- aplikacija in nadaljnji razvoj inženirskih znanj ,
- prenos znanj (eksplicitnih in implicitnih),
- izbor in uporaba informacijskih in komunikacijskih tehnologij.

Napravili smo tudi prve analize dela, ki so pokazale, da je razvit in uporabljen proces ustrezen način soočanja z zgoraj navedenimi izzivi.

Na osnovi rezultatov in izkušenj na področju kolaborativnega razvoja izdelkov smo prijaviili blagovno znamko GPR (Global Product Realization), ki predstavlja pristop k razvoju izdelka, razvitega v okviru raziskovalnih dejavnosti Laboratorija LECAD. Znamka je že formalno zaščitena na Uradu RS za intelektualno lastnino.

Sklop B

Tehnični informacijski sistemi (PDM/PLM) so postali v industrijskem okolju prepoznavni in potrebni. V Lecad-u smo bili v raziskovalnem obdobju usmerjeni v poglobljeno analizo ključnih segmentov tehničnih informacijskih sistemov in nastavkov za učinkovito uporabo v praksi.

Razvili smo metode, ki so potrebne za izvedbo projekta uvedbe tehničnega informacijskega sistema. Poleg tega smo osnovne modele nadgradili s podrobnejšimi modeli za posamezna področja. Podrobno smo razčlenili področje inženirskih sprememb.

Rezultat večletnega sodelovanja z industrijo je bila postavitvev posplošenega modela za obravnavo sprememb v proizvodnji.

Tekom trajanja projekta smo razvita znanja aplicirali v okviru sodelovanja s slovenskimi podjetji:

- Uvajanje PLM sistema v Domel d.d.. Integracija poslovnega informacijskega sistema SAP in CAD modelirnika Pro/Engineer.
- Optimizacija izdelave variant električnih števecv z uporabo matrike funkcionalnosti v podjetju IskraEMECO.
- Razvoj aplikacije za spremljanje sprememb v podjetju Iskra Mehanizmi, kot del tehničnega informacijskega sistema.

Sklop C

S partnerjem ALPINA smo razvili generični model človeških stopal ter generični model kopit za proizvodnjo obutve. Z raznimi tipi skenerjev smo posneli večje število stopal in kopit (več kot 3000). Posnetki hranijo 3D geometrijo stopal v standardnem računalniškem formatu. Razvili smo podatkovne strukture za hranjenje podatkov ter njihovo učinkovito manipulacijo. Razvili smo tudi interaktivni grafični vmesnik za ogled, pretvorbo, transformacije modelov, interaktivno merjenje značilnk in vnos parametrov za funkcionalne algoritme. Z lastnim kodiranjem smo izdelali smo računalniško programsko opremo, ki omogoča naslednje bistvene funkcionalnosti: »PTS« za pretvorbo skeniranih podatkov v NURBS površine, ki so posebej uporabne za nadaljnjo obravnavo s komercialnimi CAD modelirniki; Majhno število gladkih NURBS krp se prilagodi površini stopala oziroma kopita, tako da je odstopanje od skena minimalno. Programska oprema »LTNE« je bila izdelana za preoblikovanje stopal in kopit glede na nove geometrijske zahteve. Predvsem gre za problem prilagoditve kopita na nove geometrijske značilnosti, kot je ujemanje CAD modela podplata z novimi modnimi oblikami. Nova programska oprema »GED« omogoča še detekcijo ostrih robov na stopalih in kopitih, kar močno skrajša čas priprave za masovno proizvodnjo. Pri tem smo si s partnerjem izmenjevali številna znanja in veščine. Skupaj smo uporabljali znanstveno opremo in instrumente, predvsem skenerje različnih tipov, npr. laserski merilnik 3D oblik. Za proizvodnjo testnih prototipov smo uporabljali 3D printer za brizganje ABS plastike. V raziskovalnem delu smo intenzivno komunicirali s projektnimi partnerji. Partner ALPINA s sodelovanjem z razvojnim oddelkom na Fakulteti za strojništvo znižuje tržna tveganja, saj se s tovrstnim raziskovanjem in razvojem skrajšuje čas priprave proizvodnje in povečuje konkurenčna prednost na domačem in svetovnem tržišču.

CAD sistemi predstavljajo danes bazični sistem v procesu razvoja izdelkov in 3D modeli

predstavljajo naravno pot za izmenjavo informacij med udeleženci v procesu. Izmenjava modelov je omogočena le preko standardnih formatov zapisa ali namenskih pregledovalnikov, ki pa ne omogočajo interaktivnega sodelovanja hkrati pa vedno pomenijo tudi izgubo informacij (razen geometrijskih). Navidezna resničnost (VR) se je pojavila kot tehnologija, ki omogoča učinkovit vmesnik med računalnikom in človekom. Najnižja stopnja VR bazira na predstavitvi na zaslonu in povečanem obsegu interakcij, ki jih lahko izvaja človek. Izvedba kakovostnih aplikacij na tem področju zahteva veliko poznavanja računalniških tehnologij in znanja tako programiranja kot vsebinskih rešitev. Namen predstavljenega projekta je bil razviti in aplicirati računalniški model za prikazovanje izdelkov preko spleta ter manipulacijo z elementi izdelkov, ki spremenijo izgled ali funkcionalno obnašanje. Računalniški model sestavljajo standardna orodja: VRML za pregledovanje geometrije in XML za prenos podatkov v obliki formaliziranega hierarhičnega zapisa konfiguracijske datoteke. Izvedena je bila analiza najpogostejših sistemov CAD v našem prostoru, PTCProE, CATIA, UGS, I-DEAS, SolidWorks, glede na kakovost in uporabnost pretvorbe modela CAD v VRML v aplikacijah in možnostjo programskega poseganja v CAD sisteme. Realizirali smo programsko kodo za neposredni zapis strukture iz CAD sistema, ki zapis optimira in koprimira, kar je izrednega pomena pri delu preko spleta. Aplikacija deluje preko strežnika in ima vključen tudi urejevalnik za spreminjanje parametrov. Spremembe v konfiguraciji lahko prenesemo neposredno v sistem CAD in generiramo spremenjen izdelek, kar pomeni, da je konfiguracijska datoteka integracijski člen pri povezovanju sistemov CAD in predstavitve na spletu.

V sodelovanju s partnerjem ALPINA smo dopolnili funkcionalnost programskega orodja za digitalno analizo stopal in kopit za modno obutev. Osnovno funkcionalnost smo razširili za naslednjimi funkcijami: dopolnitev grafičnega vmesnika za vizualizacijo oblakov točk, robov, trikotniških mrež ter NURBS površin; digitalno merjenje geometrijskih parametrov (dolžina, širine na presekih, obseg presekov). Izboljšanje algoritmov za pretvarjanje skeniranih podatkov v NURBS površine za kasnejšo uporabo v standardnih CAD geometrijskih modelirnikih; merjenje kvalitete pretvorbe in odstopanja generiranih gladkih od skeniranih površin; prilagajanje generiranih površin tehnološkimi robovom kopita; vgradnja dodatnih parametrov za nadzor generiranja gladkih površin;

Vgradnja funkcije za avtomatično detekcijo ostrih robov na skeniranih površinah; operacija močno skrajša čas priprave podatkov ter tehnološko pripravo kopit; do sedaj poznane metode v komercialno dostopnih orodjih ne rešujejo tega problema.

Vgradnja vmesnikov za pretvarjanje različnih formatov računalniškega zapisa stopal in kopit; partner ALPINA pospešeno nabavlja opremo za skeniranje stopal in kopit, ki generira različne nekompatibilne zapise. Za potrebe nadaljnje računalniške obdelave in enovitega načina shranjevanja ter gradnje podatkovne baze kopit je nujno poenotenje zapisov ter koncipiranje klasifikacije podatkov. Izgradnja pretvornikov je bila nujna za omogočanje podatkovnega sporazumevanja med posameznimi oddelki.

Sklop D

Na področju fuzijskih in tehnoloških plazem in teorije plinov in fluidov relevantnih za plazmo smo dosegli naslednje reprezentativne rezultate:

1. Razvili smo nov teoretični fizikalni model, ki povezuje območje plazme v termodinamskem ravnovesju, s področjem visokega termodinamskega neravnovesja, ki se pojavi na meji plazme in materiala oziroma stene ali elektrode. Izpeljali smo novo fundamentalno fizikalno količino, ki smo jo imenovali 'local polytropic coefficient' in s pomočjo kinetičnih 'Particle in Cell' (PIC) simulacij potrdili veljavnost teoretičnega modela
2. Razvili smo nov teoretični model turbulenčnih pojavov oziroma transporta delcev v 'Scrape of Layer' (SOL) območju plazme v Tokamakih

3. Uvedli smo novo metodo za tkim. 'multiquadratics aplikacije' v matematičnih metodah fizike
4. Raziskali in popisali smo fluidne modele, ki so splošnega pomena za analizo in razumevanje nelinearnih sistemov
5. Razvili smo model obnašanja naelektriziranih delcev v zunanjem električnem in magnetnem polju. Vpeljali smo nov fizikalni koncept, ki smo ga imenovali 'Instant Larmor Trajectory Center', ki naj bi zamenjal standardni koncept, znan v fiziki plazme kot 'Guiding Particle Center'.
6. Raziskali smo eksperimentalno in teoretično plazemski odvodnik (gass arrester), in ga teoretično, eksperimentalno in tehnološko izpopolnili za konkurenčno proizvodnjo.
7. Izpopolnili smo fuzijske programe, ki jih uporabljajo na JET fuzijskem reaktorju in so del fuzijskega projekta ITER.
8. Napisali in uporabili smo veliko programskih paketov za raziskave plazme, katerih simulacije potekajo na več clusterjih (Innsbruck, ENEA, JET...) v Evropi in jih je treba šele obdelati in pripraviti za objavo.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Sklop A

Uvedba osnovnih nosilcev funkcij je omogočila formalizacijo poveztivosti med osnovnimi shemami, in to na nivoju komponent, podsklopov in višje. Osnovni nosilci funkcij so omogočili tudi formalizacijo alokacije nosilcev, kar omogoča variantno konstruiranje in optimizacijo utelešenja izdelkov. Formalizacija in konsistentnost sta potrebni za izgradnjo računalniškega orodja za podporo aktivnosti. Konsistentnost je bila dokazana na primeru aerodinamskega sklopa sesalne enote.

Razvita metoda iskanja priložnosti za nove izdelke je bila razvita in nato preskušena v podjetju NIKO d.d. Rezultat projekta je bil rang priložnosti; prve tri je vodstvo podjetja uvrstilo v nabor razvojnih projektov, kar je relevantno in merljivo merilo uspeha ter prispevek k validaciji metode.

Sklop B

Razvili smo metode, ki so potrebne za izvedbo projekta uvedbe TIS. Osnovne modele smo nadgradili s podrobnejšimi modeli za posamezna področja. Posebno uspešni smo bili pri postavitvi posplošenega modela inženirskih sprememb, ki je rezultat večletnega sodelovanja z industrijo (Domel, IskraEMECO, Iskra Mehanizmi). Podane so tudi specifične rešitve za individualno proizvodnjo, proizvodnjo modulov in proizvodnjo bele tehnike.

Postavljen je bil modela komunikacije in model odločanja v razpršenih projektnih skupinah prek videokonference (EGPR). Postavljena so izhodišča za nadaljevanje raziskav: kako narediti PDM/PLM sisteme dostopne malim podjetjem s pomočjo medmrežja in dopolnitev funkcionalnosti za večja podjetja.

Sklop C

Predvidene so bile raziskave algoritmov za modeliranje prostih površin in objektov v biomehaniki. Sodelovali smo s podjetjem ALPINA d.d., ki poskuša z enotnimi

računalniškimi modeli popisati površine tako kopita, kot tudi 3D modela stopala. V sklop spadajo faze od pregleda stanja in klasifikacije značilnosti virtualnih prototipov, preko formalizacije podatkovnih struktur in razvoja algoritmov in programskih orodij, do končnega testiranja razvitih virtualnih prototipov na partnerjevih realnih industrijskih problemih. Razvili smo programska orodja s posebnimi funkcionalnostmi (npr. merjenje kvalitete pretvorbe in odstopanja generiranih gladkih od skeniranih površin; prilagajanje generiranih površin tehnološkim robovom kopita) za manipulacijo z 3D virtualnimi prototipi. Razviti virtualni modeli močno skrajšajo čas priprave podatkov ter tehnološko pripravo kopit.

Sklop D

Predstavljeno delo je bilo zastavljeno/izvajano v skupnem sodelovanju s tujimi raziskovalnimi inštitucijami JET, University of Innsbruck, Berkeley University, Ruhr University idr. Poudariti želimo, da sodelujemo na dveh mednarodnih projektih EUFORIA (7FP), na projektih Prof. S Kuhna "Integrated Tokamak Modeling and Simulations", Dr. N. Jelića „Investigation of localized electrostatic structures in bounded plasmas under complex conditions” (University of Innsbruck, Austria). Cilji (točka 2; sklop D) so v celoti doseženi, rezultati pa so dokumentirani.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Ni bilo bistvenih sprememb programa.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Sklop A - Teorija konstruiranja Razvoj trosilnika za bočno trosenje gnoja
		<i>ANG</i> Scope A - Theory of engineering design Development of a spreader for side-delivery of manure
	Opis	<i>SLO</i> Članek je napisan v okviru razvoja trosilnika za bočno trosenje gnoja. Uporabljen je bil proces celovitega razvoja izdelka, katerega rezultat je trosilnik za katerega so bili pridobljeni trije nacionalni in en evropski patent. Potrjuje usmerjenost Laboratorija LECAD, da razvija kompetence na področju procesov (t.j. procesa celovitega razvoja izdelkov), ki omogoča razvoj raznovrstnih inovativnih tehničnih sistemov (npr. trosilnik, turbopuhalo za gorivne celice, naprava za lokalno obdelavo zahtevnih oblik-LOMAC, naprave za delo v gradbeništvu (v teku za podjetje NIKO d.d., itd.).
		<i>ANG</i> The article has been written as part of the development of a spreader for side-delivery of manure. We applied the integrated product development principle, which resulted in a spreader that has been granted three national patents and a European one. It emphasises the orientation of the LECAD to develop competences in the area of processes (i.e. integrated product development process), enabling the development of various novel technical systems (e.g. spreader, fuel cells turbo blower, local machining of complicated shapes device – LOMAC (for ITER), civil engineering tools (NIKO d.d.), etc).
	Objavljeno v	DUHOVNIK, Jože, BENEDIČIČ, Janez, BERNIK, Rajko. Side-delivery spreading of manure. Trans. ASAE, 2006, letn. 49, št. 6, str. 1663-1675.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	9849371	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Sklop A - Teorija konstruiranja Proces kolaborativnega razvoja izdelka v virtualnih mešanih akademsko-industrijskih timih

		<p>Scope A - Theory of engineering design</p> <p>ANG The process of collaborative product development in mixed academic and industrial teams</p>
	Opis	<p>SLO Vsebina celovito prikazuje proces kolaborativnega razvoja izdelka v virtualnih mešanih akademsko-industrijskih timih in podaja analizo raznih parametrov procesa. Vzporedno gre tudi za primer uspešne aplikacije projektnega učenja (project based learning).</p> <p>ANG The contents comprehensively present the process of collaborative product development in mixed academic and industrial teams and provides an analysis of various process parameters. At the same time, it is an example of a successful application of project based learning.</p>
	Objavljeno v	<p>ŽAVBI, Roman, TAVČAR, Jože, VERLINDEN, Jouke. Educating future product developers in virtual collaboration : five years of the E-GPR course. V: MACGREGOR, Steven P. (ur.), TORRES-CORONAS, Teresa (ur.). Higher creativity for virtual teams : developing platforms for co-creation. Hershey, PA; New York: Information Science Reference, cop. 2007, str. 48-74.</p>
	Tipologija	<p>1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji</p>
	COBISS.SI-ID	10061595
3.	Naslov	<p>SLO Sklop D - Tehnika v fuziji Povezava med fluidnimi in kinetičnimi parametri v bližini plazemskega roba</p> <p>ANG Scope D - Fusion engineering Links between fluid and kinetic parameters near the plasma boundary.</p>
	Opis	<p>SLO Delo je prispevek k razumevanju povezave med fluidnimi in kinetičnimi parametri v bližini plazemskega roba</p> <p>ANG The work is a contribution towards understanding links between fluid and kinetic parameters near the plasma boundary.</p>
	Objavljeno v	<p>KUHN, Siegbert, RIEMANN, K.-U., JELIĆ, Nikola, TSKHAKAYA, D.D., TSKHAKAYA, D., STANOJEVIĆ, Mladen. Link between fluid and kinetic parameters near the plasma boundary. Phys. plasmas, 2006, letn. 13, št. 1, str. 013503 (8 str.). http://dx.doi.org/10.1063/1.2161181.</p>
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	8868891
4.	Naslov	<p>SLO Sklop B - Tehnični informacijski sistemi Upravljanje z inženirskimi spremembami</p> <p>ANG Scope B - Technical information systems Managing engineering changes</p>
	Opis	<p>SLO V članku je podrobno razčlenjeno področje inženirskih sprememb, kot eden temeljev učinkovitega PDM sistema. Rezultat večletnega sodelovanja z industrijo je bila postavitev posplošenega modela za obravnavo sprememb v proizvodnji.</p> <p>ANG The article presents a detailed analysis of engineering changes, which is a key feature of an efficient PDM system. A multi year cooperation with the industry resulted in setting up a general model for managing changes in the industry.</p>
	Objavljeno v	<p>TAVČAR, Jože, DUHOVNIK, Jože. Engineering change management in individual and mass production. Robot. comput.-integr. manuf.. [Print ed.], 2005, letn. 21, št. 3, str. 205-215. Http://www.sciencedirect.com/science/journal/07365845. 0.565, SE</p>
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	7899163
5.	Naslov	<p>SLO Sklop C - Modeliranje in analize izdelkov Lasersko merjenje kompleksnih površin</p> <p>ANG Scope C - Modeling and product analysis Laser measurement of complex surfaces</p>
	Opis	<p>SLO Delo opisuje lasersko merjenje kompleksnih površin in programsko rekonstrukcijo prekrivajočih se in manjkajočih delov. Objavljen je le del raziskave, ki se širše nanaša na dele človeškega telesa, kot sta npr. prst na roki ali stopalo.</p> <p>ANG The work describes laser measurement of complex surfaces and computer reconstruction of overlapping and missing parts. Only part of the research was published, which addressed parts of the human body, such as fingers or foot.</p>

Objavljeno v	VUKAŠINOVIĆ, Nikola, KOLŠEK, Tomaž, DUHOVNIK, Jože. Case study - surface reconstruction from point clouds for prosthesis production. J. eng. des. (Print). [Print ed.], 2007, letn. 18, št. 5, str. 475-488. http://www.tandf.co.uk/journals .
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	10172187

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Sklop A, B, C Organizacija mednarodnega simpozija TMCE2006
		<i>ANG</i> Scope A, B, C Organization of the international symposium TMCE2006
Opis	<i>SLO</i>	Aprila 2006 so člani LECAD soorganizirali simpozij »Tools and Methods of Competitive Engineering«. Duhovnik (član programske skupine) je bil sopredsedujoči org. in prog. odbora ter sourednik zbornika, Žavbi (član programske skupine) pa je bil eden od sekretarjev. V okviru znanstvenih predstavitev je bilo v 4 referatih in 4 posterjih predstavljeno delo LECADa, ki je sofinancirano v okviru programa Konstruiranje. Simpozij je pokazal usposobljenost članov laboratorija za organizacijsko delo, omogočil predstavitev dela LECADa in Fakultete za strojništvo ter posredno tudi Univerze v Ljubljani
	<i>ANG</i>	In April 2006, members of the LECAD coorganized the symposium TMCE2006 Prof. Duhovnik was a co-president of the org. and prog. committee and co-editor of the proceedings, while Dr. Žavbi was a symposium secretary. As part of scientific presentations, 4 articles and 4 posters presented the scientific activities of the Laboratory, which is also co-financed within the Programme. The Symposium showed organizational competences of the LECAD members and it provided an opportunity to present the work of the LECAD, the Faculty of Mech. Eng. and also of the University of Ljubljana.
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	HORVÁTH, Imre (ur.), DUHOVNIK, Jože (ur.). Tools and methods of competitive engineering : proceedings of the Sixth international symposium on tools and methods of competitive engineering - TMCE 2006, April 18-22, Ljubljana, Slovenia. Delft: University of Technology; Ljubljana: Faculty of Mechanical Engineering, cop. 2006. 2 zv. ([XXV], 1260 str.), ilustr., graf. prikazi. ISBN 961-6536-04-4.	
Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
COBISS.SI-ID	225911296	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Sklop A, B, C Gostujoči urednik tematske številke revije Journal of Engineering Design
		<i>ANG</i> Scope A, B, C Guest-associated editor of Journal of Engineering Design
Opis	<i>SLO</i>	Član programske skupine prof. dr. Jože Duhovnik je bil povabljen kot gostujoči urednik tematske številke revije Journal of Engineering Design z IF(2006)=0,955.
	<i>ANG</i>	Prof. Jože Duhovnik, a member of the programme group was invited as a guest-associated editor of the thematic issue of the Journal of Engineering Design, IF(2006)=0,955.
Šifra	C.03 Vabljeni urednik revije (guest-associated editor)	
Objavljeno v	Journal of Engineering Design; Abingdon, Oct 2007; Vol.18, Iss.5 Journal of engineering design. Duhovnik, Jože (gostujoči urednik 2007). [Print ed.]. London: Taylor & Francis, 1990-. ISSN 0954-4828. http://home.izum.si/izum/ft_baze/eco_dostop.htm .	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
COBISS.SI-ID	15601413	

3.	Naslov	SLO	Sklop A, B, C Članstvo v uredniškem odboru
		ANG	Scope A, B, C Membership of an editorial board
	Opis	SLO	Član programske skupine prof. dr. Jože Duhovnik je bil povabljen v uredniški odbor revije Concurrent engineering, research and applications z IF(2006)=0,569.
		ANG	Prof. Jože Duhovnik, a member of the programme group was invited to the editorial board of the Concurrent engineering, research and applications journal, IF(2006)=0,569.
	Šifra	C.06	Članstvo v uredniškem odboru
	Objavljeno v	Concurrent engineering, research and applications. Duhovnik, Joze (član uredniškega odbora 2007-). London: Sage Publications, 1993-. ISSN 1063-293X.	
	Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	889115	
4.	Naslov	SLO	Sklop A, B, C Razvoj novega izdelka: Trosilnik za bočno trosenje gnoja
		ANG	Scope A, B, C Development of new products: a spreader for side delivery of manure
	Opis	SLO	Razvit je bil trosilnik za bočno trosenje gnoja, ki je primeren za hribovske terene. Zaradi konfiguracije tal varna uporaba klasičnih trosilnikov ni mogoča, razvit izdelek pa to omogoča.
		ANG	We developed a spreader for side delivery of manure, suitable for sloping terrains. Due to the surface configuration, it is not safe to use standard spreaders while the newly developed product makes it possible.
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	DUHOVNIK, Jože, BENEDIČIČ, Janez, BERNIK, Rajko. Analysis and design parameters for inclined rotors used for manure dispersal on broadcast spreaders for solid manure. Trans. ASAE, 2004, vol. 47, no. 5, str. 1389-1404.	
	Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	4069241		
5.	Naslov	SLO	Sklop A, B, C Mentorstvo doktorandom: Doktorsko delo: Iskanje priložnosti za razvoj novega izdelka
		ANG	Scope A, B, C mentorship of doctoral students: PhD thesis: An opportunity search methodology for development of new products
	Opis	SLO	Do sedaj so bili prepoznani socialni, ekonomski in tehnološki dejavnik. Janez Benedičič je poglobil opis dejavnikov in dodal zakonodajni dejavnik. Na njihovi osnovi smo oblikovali metodo iskanja priložnosti za nove izdelke. Metoda je bila aplicirana v podjetju NIKO d.d. Uporabljen je bil princip strokovno diverzificiranega razvojnega tima (študenti in zaposleni v NIKO d.d.). Z upoštevanjem vseh štirih dejavnikov je dokazal, da je samo tako mogoče celovito pristopati k iskanju priložnosti. Metoda upošteva tudi značilnosti podjetja za katerega iščemo priložnosti.
		ANG	Until now, social, economic and technological factors were recognized. Benedičič has deepened the description of the factors and added a legislative one. On their basis, we developed an opportunity search method, which has been tested in the NIKO d.d. company, together with a mixed team (students and NIKO d.d. employees). The method clearly showed the importance of taking account of the legislation as part of the search for opportunities. A very important part of the method is considering characteristics of an enterprise, searching for opportunities.
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	BENEDIČIČ, Janez. Iskanje priložnosti za razvoj novega izdelka = [Searching for opportunities for new product development] : doktorsko delo, (Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Doktorske disertacije, 339). Ljubljana: [J. Benedičič], 2007. 173 f., barvne ilustr.	
	Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID	10259995		

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Sklop A

Najpomembnejši je prikaz uporabnosti osnovnih nosilcev funkcij za veriženje; veriženje je bilo do sedaj izvajano samo preko spremenljivk fizikalnih zakonov. Prav tako je pomemben prikaz uporabnosti za (re)alokacijo s katero izvajamo variantno konstruiranje in strukturno optimizacijo. Možnosti veriženja so razširjene tudi z uporabo tkim. pogojnih spremenljivk, ki tudi omogočajo povezovanje fizikalnih zakonov. To je tudi odprava dosedanje pomanjkljivosti veriženja, namreč povezovanje verig v sisteme verig ni bilo formalizirano. Preko nosilcev funkcij in pogojnih spremenljivk smo dosegli povečano medsebojno povezljivost na vseh nivojih tehničnih sistemov: komponenta, podsklop, sklop itd.

Na področju kolaborativnega razvoja izdelkov so prve analize pokazale, da je pristop z uporabo virtualnih timov primeren odziv na izzive s katerimi se spopadajo podjetja tekom razvoja izdelkov v globalnem svetu. Prve analize tudi potrjujejo ugotovitve mnogih raziskovalcev, ki se tičejo npr. krivulje učenja, pomena dela in učenja v industrijskem kontekstu in primernosti uporabe videokonferenčnih sistemov za delo v geografsko razpršenih timih.

Sklop B

Področje PDM / PLM je integrator in uporabnik posameznih temeljnih znanj kot so računalništvo, informatika, metodika konstruiranja in projektno vodenje. Z vpeljavo dela v virtualnih razvojnih skupinah, ki med seboj komunicira le prek informacijske tehnologije, se je odprlo novo področje: sistematična analiza in razvoj ustreznih metod za učinkovito delo. Področja raziskav: projektno delo in kreativnost v virtualni skupini, komunikacija in model sprejemanja odločitev v projektni skupini, podatkovne zbirke znanja in klasifikacijski modeli, modeliranje izdelkov in procesov v vseh fazah razvoja izdelka. Navedena področja so osnovni gradniki za učinkovito vodeno proizvodno podjetje.

Sklop C

Področje popisa kompleksnih oblik z omejenim naborom značilik je zanimivo z znanstvenega stališča, število raziskav pa je zelo majhno. V naših raziskavah smo na industrijskih primerih 3D oblik pokazali, da je mogoče izdelati konsistentne podatkovne modele, ki z majhnim številom parametrov popišejo kompleksne oblike v zadovoljivi natančnosti za industrijsko uporabo. Izdelali smo računalniška orodja, s katerimi je mogoče pospešeno izvajati oblikovne modifikacije 3D modelov, ki so do tedaj bile mogoče le na podlagi intuicije in izkušenj uporabnikov.

Sklop D

Izpeljali smo novo fundamentalno fizikalno količino, ki smo jo poimenovali „local polytropic coefficient“ in s pomočjo kinetičnih PIC simulacij potrdili veljavnost teoretičnega modela. Razvili smo nov teoretični fizikalni model, ki povezuje območje plazme v termodinamskem ravnovesju, s področjem visokega termodinamskega neravnovesja, ki se pojavi na meji plazme in stene/elektrode. Razvili smo nov teoretični model transporta delcev v SOL območju plazme v tokamakih. Uvedli smo novo metodo za 'multiquadrics aplikacije' v matematičnih metodah fizike. Raziskali in popisali smo fluidne in kinetične modele, ki so splošnega pomena za analizo in razumevanje nelinearnih sistemov v fiziki plazme. Razvili smo model obnašanja naelektriziranih delcev v zunanjem električnem in magnetnem polju. Vpeljali smo nov fizikalni koncept, ki smo ga imenovali 'Instant Larmor Trajectory Center', ki naj bi zamenjal standardni koncept, znan v fiziki plazme kot 'Guiding Particle Center'. Raziskali smo eksperimentalno in teoretično plazemski odvodnik in ga teoretično, eksperimentalno in tehnološko izpopolnili za konkurenčno proizvodnjo. Izpopolnili smo fuzijske programe, ki jih uporabljajo na JET reaktorju in so del projekta ITER, napisali in uporabili smo veliko programskih paketov za raziskave plazme, katerih simulacije potekajo na več „clusterjih“ (Innsbruck, ENEA, JET...). Poudarjamo, da je bil obseg dela lahko dosežen v taki meri zaradi dobrega mednarodnega sodelovanja med posameznimi inštitucijami po svetu.

ANG

Scope A

We have shown that wirk elements can be used as additional means for chaining of physical laws and complementary basic schemata (besides physical quantities in an equation). (Re)allocation of wirk elements also enables variant design and structural optimization. Capabilities of chaining are also enlarged by definition and utilization of conditional physical quantities. In this way we have eliminated deficiencies of original chaining, namely connectivity of chains into systems of chains has not been formalized. Definition and utilization of conditional

physical quantities has enabled formalization of such connectivity and enabled synthesis of lower level into higher level building blocks.

First analyses have shown that use of virtual teams is appropriate approach to challenges the global product development companies are faced with. First analyses have also confirmed many research results regarding learning curves, project based learning in industrial context and suitability of use of video-conference systems for geographically dispersed teams.

Scope B

PDM/PLM systems integrate different knowledge and disciplines like computer science, information technology, methodology of design and project management. Introduction of virtual product development teams that communicate via videoconferencing and other Internet tools has opened new research area. Research fields are: project management, creativity in virtual teams, communication, model of decision making, knowledge databases and classification models, product and process modeling through all phases of product development.

Scope C

The research of complex geometrical shapes and their description with a small number of parameters is relevant from scientific point of view, however, the number of relevant work is low. We have shown on industrial 3D model examples, that it is possible to design consistent data models, which can describe complex shapes with a small number of parameters. The precision is sufficient for industrial application. We have designed several computer tools, which can be used to efficiently perform shape modifications, which were up to now only performed based on intuition and using extensive experience of users.

Scope D

The fields of fusion and technology oriented plasmas which involve also the fluid theory are very multi-and inter-disciplinary ones. We introduced in plasma theory a new physical quantity which we named the „local polytropic coefficient“ and via kinetic PIC simulations developed a new theoretical model suitable for linking the plasma parameters between the quasineutral plasma with the plasma sheath appearing near the physical plasma boundaries (wall, electrode or a plasma probe). We developed a new theoretical model of turbulent transport in the SOL region in Tokamak. We developed and coded a new model of the single particle motion in external and magnetic fields and introduced a new physical concept that we named „Instant Larmor Trajectory Center“ which is intended to generalize or substitute the standard concept known in plasma physics as „Guiding Particle Center“. We investigated experimentally and theoretically a special plasma device known as „gass arrester“ and proposed new technological solutions for competitive commercial production. We upgraded the fusion relevant codes for their use at JET and ITER and developed a considerable numbers of program packages for plasma research via computational simulations which we performe on various clusters (Innsbruck, ENEA, JET). It should be noted that a wide scope and a deep content of our work was achieved due to perfect international collaboration primarily with European and USA partners.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Sklop A

Raziskave ugotavljajo, da bo dolgoročno razvoj inovativnih in konkurenčnih izdelkov eden od ključnih pogojev za solidno poslovanje podjetij v globalnem svetu.

Metoda (verženja fizikalnih zakonov in osnovnih shem) in na njeni osnovi izdelano računalniško podporno orodje bo podjetjem omogočilo generiranje večjega števila alternativnih zasnov izdelkov v krajšem času. Število alternativ je namreč pozitivno korelirano z njihovo kakovostjo: več je alternativ, večja je verjetnost, da najdemo najboljšo. Metoda omogoča tudi analizo obstoječih rešitev in identificiranje strukturnih (in posledično funkcionalnih in cenovnih) optimizacij.

Dolgoročno gledano, je nabor izboljšanih obstoječih in novih (potencialno inovativnih) inovativnih izdelkov osnova za poslovno uspešnost in posledično povečano rast slovenskega BDP.

Razvit in preskušen način kolaborativnega razvoja izdelka bo podjetjem, ki delujejo globalno oziroma globalno razvijajo izdelke oziroma komponente (npr. razvojni dobavitelji), olajšalo odločitve o načinu dela v novih razmerah.

Sklop B

Tehnični informacijski sistemi (PDM/PLM) so se v zadnjih letih uveljavili v večjih podjetjih tudi slovenskem prostoru. V večjem in prostorsko razpršenem sistemu investicija v tehnično informatiko prinaša izrazite prednosti in pomembno vpliva na konkurenčnost podjetij. Razvoj na tem področju omogoča dostopnost za majhna in srednje velika podjetja. Za velika podjetja pa je

razširjena funkcionalnosti potreben pogoj za širitev in učinkovito delo. Tehnični informacijski sistemi odpirajo možnost medsebojnega povezovanja med podjetji že v fazi razvoja izdelkov. Predstavljajo potrebno infrastrukturo za prostorsko razpršene razvojne skupine in proizvodnjo. Konkretna rešitve so bile prenesene v Domel, IskraEmeco in Iskra Mehanizmi.

Sklop C

Pri vsakem industrijskem proizvodnem procesu je pomembna povečana dodana vrednost proizvoda. Zaželjena je proizvodnja takih izdelkov, ki so rezultat lastnega razvoja, temelječega na uporabi inovativnih algoritmov. Ohranitev in odpiranje novih delovnih mest bazira na predpostavki, da bo podjetje poslalo na tržišče izdelke z prednostjo v hitrosti izdelave, konstrukcijski inovativnosti, tehnološki dovršenosti in ekološki sprejemljivosti. Za partnerja ALPINO je to ključnega pomena.

Sklop D

Naša skupina se je uveljavila kot pomemben partner drugim raziskovalnim skupinam iz Evrope in ZDA na področju fizike in tehnike plazme ter izobraževanja na tem področju. Naši deli posameznih programskih paketov so že uradno vključeni v programske „suite“ na University of California Berkeley ter v fuzijske raziskovalne programe. Naše raziskave so vključene v mednarodne raziskave. Sodelujemo z Univerzo v Innsbrucku na projektu Prof. S Kuhna "Integrated Tokamak Modeling and Simulations", po pogodbi z ministrstvom za znanost (FWF) Avstrije, Department of Theoretical Physics of University of Innsbruck, Austria. in projektu Dr. N. Jeliča „Investigation of localized electrostatic structures in bounded plasmas under complex conditions“ po pogodbi z ministrstvom za znanost (FWF) Avstrije, s Prof K.-U. Riemannom (Ruhr-Universität Bochum Nemčija= na področju „intermediate plasma scale“. V sodelovanju z University of California Berkeley. pa delamo na razvoju in implementaciji v fiziko in tehniko plazme nove obetavne „tree-code“ metode. Posebej je potrebno omeniti sodelovanje na področju „Dense Plasma Focus“ z „ICTP MLab - Multidisciplinary Laboratory“ na „Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics“, ki je del UNESCO in IAEA. S takšnimi sodelovanji smo se uveljavili kot reprezentativna in spoštovana znanstveno raziskovalna skupina področju fizike in tehnike plazme. Pomen tega je uveljavitev Slovenije kot dejansko znanstveno raziskovalne sile na področju fizike in tehnike plazme. Sredstva, sicer premajhna za povečan obseg dela, nam odpirajo možnosti za pridobitev sredstev iz Evropskih in drugih mednarodnih virov za nadaljnji razvoj ter s tem tudi pridobitev novih mladih raziskovalcev.

ANG

Scope A

Research has confirmed that development of innovative and competitive products is a key factor to enable financial stability of companies in global world.

The method of chaining of physical laws and complementary basic schematics and its implementation as a computer tool would enable companies to generate higher number of alternative product concepts in shorter time: a possibility to synthesize a good solution rises with a number of synthesized solutions. The method would also enable analysis of existing solutions and identification of structural (and consequently functional and cost) optimizations. In the long run, the portfolio of upgraded and newly developed (potentially innovative) products is a basis for financial success and consequently higher Slovenian GDP.

Developed and tested way of collaborative product development would relieve decisions regarding the technologies needed for global product development. OEM and Tier 1 suppliers are main candidate companies for such product development.

Scope B

PDM/PLM systems have been recognised and applied into larger enterprises in Slovenia.

Investment into such systems brings economical advantages and increase of competitiveness in bigger and geographically distributed systems. The development of PDM/PLM will enable applying also to SMEs. For larger enterprises extended functionality of PDM/PLM systems will enable their expansion and more efficient work. PDM/PLM systems enable closer cooperation between companies and suppliers in the phase of product development. They represent core infrastructure for virtual product development and manufacturing. Different solutions have been introduced into companies Domel, IskraEmeco and Iskra Mehanizmi.

Scope C

Production of products is desired, which are result of proprietary development, based on usage of innovative algorithms. The keeping of work positions and jobs and opening of new ones is based on an assumption, that company sends such products on the market, which have competitive advantages in speed of production, engineering design, perfection of technology and ecological acceptance. For a partner ALPINA this is of crucial importance.

Scope D

During last several years our group became recognized as an highly qualified and important international partner to other relevant groups from Europe and USA on research and education at field of plasma physics and technics. Our program packages are already implemented in „suite“ of available programs at University of California Berkeley and in fusion research packages in Europe. Further within the framework of international collaboration we are officially included in “Integrated Tokamak Modeling and Simulations” (P1) fusion project of Prof. Kuhn and „Investigation of localized electrostatic structures in bounded plasmas under complex conditions“ a general plasma project of Dr. Jelic, both performed at University of Innsbruck and funded by Austrian „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“ (FWF). Next ongoing important collaboration is with Prof. Riemann (Ruhr-Universität Bochum, Germany) on intermediate plasma-sheath transition region. With University of California Berkeley we just agreed on a new collaboration on implementing very promising for PIC simulations in plasma physics – the so called „three code“ method . Of particular importance is also our recently starting agreement on collaboration with ICTP MLab - Multidisciplinary Laboratory“ of Abdul Salam International Centre for Theoretical Physics (which under auspices of of UNESCO and IAEA) at the field of Dense Plasma Focus .With mentioned collaborations we became well recognized as representative and internationally respectable group at the field of Plasma Physics and techniques as well as in fusion research and development. The scope and level of our common results opens possibilities for assuring more considerable income from international resources and for further succesful attracting of young researchers.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	6	
- doktorati	2	2
- specializacije	1	
Skupaj:	9	2

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi		1	
- gospodarstvo	2	5	1
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	2	6	1

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1. HORVÁTH, Imre (ur.), DUHOVNIK, Jože (ur.). Tools and methods of competitive engineering : proceedings of the Sixth international symposium on tools and methods of competitive engineering - TMCE 2006, April 18-22, Ljubljana, Slovenia. Delft:University of Technology; Ljubljana: Faculty of Mechanical Engineering, cop. 2006. 2 zv. ([XXV], 1260 str.), ilustr., graf. prikazi. ISBN 961-6536-04-4. [COBISS.SI-ID 225911296]	150

2.	HORVATH, Imre (ur.), DUHOVNIK, Jože (ur.). Tools and methods of competitive engineering : proceedings of the sixth international symposium on tools and methods of competitive engineering - TMCE 2006, Ljubljana, april 18-22, 2006. Delft: University of Technology; Ljubljana: Fakulty of Mechanical Engineering, cop. 2006. 1 CD-ROM, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 9265947]	150
3.	Journal of engineering design. Duhovnik, Jože (gostujoči urednik 2007). [Print ed.]. London: Taylor & Francis, 1990-. ISSN 0954-4828. http://home.izum.si/izum/ft_baze/eco_dostop.htm. [COBISS.SI-ID 15601413]	8
4.	Journal for Mechanical Engineering. Duhovnik Jože (Gostujoči urednik) Ljubljana 2007, ISSN 0039-2480. [COBISS.SI-ID 762116]	8
5.	Journal for Mechanical Engineering. Duhovnik Jože (Gostujoči urednik) Ljubljana 2008 v tisku, ISSN 0039-2480. [COBISS.SI-ID XXXX]	8
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	4
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	3
Skupaj:	7

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

Na področju celovitega razvoja izdelkov smo sklenili dolgoročni sporazum o sodelovanju s Fakultetami za strojništvo v Zenici, v Osijeku, Novem Sadu in Vilniusu (Litva). Na omenjenih fakultetah so bile ustanovljene podružnice laboratorija LECAD, ki so članice skupine LECAD Group. Le-ta ima sedež v Ljubljani, vodi pa jo prof. Jože Duhovnik.

Na področju PDM sistemov in celovitega razvoja izdelkov so bili odobreni trije bilateralni projekti:

- "Sistem PDM v proizvodnem sestavu male in srednje serije z vključeno ekologijo in zaščito okolje", bilateralni projekt (2006-2007); Sveučilište J.J.Strossmayera u Osjeku, Strojarski fakultet, Hrvaška (prof.dr.J.Duhovnik in prof.dr. Milan Kljajin);
- "Zasnova optimalnega modela tehničnega informacijskega sistema (PDMS) za mala in srednja proizvodna podjetja na področju BiH", Univerza v Zenici Mašinski fakultet u Zenici, bilateralni projekt (2008-2009), BiH (prof.dr. Jože Duhovnik in doc.dr. Senad Balić);
- "Celoviti razvoj izdelkov", bilateralni projekt (2008-2009); Univerzitet u Novom Sadu, FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA, Departman za mehanizacijo i konstrukciono mašinstvo, Srbija (prof.dr. Jože Duhovnik in prof.dr. Jovan Vladić).

V letu 2008 se izvaja že 7. projekt E-GPR, kjer gre za strateško zavezništvo 5-ih evropskih univerz (TU Delft, EPFL, Lausanne, City University London, Fakultet za strojarstvo i brodogradnju, Zagreb, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana) pri organizaciji in izvedbi eno

semesterskega izobraževanja (predavanja in razvoj prototipov za konkretno sodelujoče podjetje) študentov dodiplomskega/podiplomskega študija na temo kolaborativnega razvoja novih izdelkov. Zaključna delavnica 7.projekta bo izvedena v maju, 2008, v Zagrebu, na Fakulteti za strojništvo. Namen, zasnova, izvedba in izkušnje iz teh projektov so prikazani v:

- ŽAVBI, Roman, TAVČAR, Jože. Preparing undergraduate students for work in virtual product development teams. *Comput. educ.* [Print ed.], 2005, letn. 44, št. 4, str. 357-376. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03601315>. [COBISS.SI-ID 7838491] in
- ŽAVBI, Roman, TAVČAR, Jože, VERLINDEN, Jouke. Educating future product developers in virtual collaboration : five years of the E-GPR course. V: MACGREGOR, Steven P. (ur.), TORRES-CORONAS, Teresa (ur.). *Higher creativity for virtual teams : developing platforms for co-creation*. Hershey, PA; New York: Information Science Reference, cop. 2007, str. 48-74. [COBISS.SI-ID 10061595]

V okviru raziskav na področju jedrske fuzije je laboratorij LECAD aktivno vključen v delovanje Slovenske fuzijske asocijacije (Association EURATOM-MHEST), prek katere potekajo raziskovalni in razvojni projekti za EFDA, sofinancirani s strani Evropske komisije.

Laboratorij LECAD je delal na naslednjih mednarodnih fuzijskih projektih:

- Investigation of boundary conditions for fusion plasmas and their implementation in existing and future simulation codes (Cost-Sharing Action, Contract no. FU06-CT-2003-00321),
 - Integrated tokamak modelling with externally coupled core and edge transport codes (P1, Association EURATOM-MHEST),
 - Analysis of Narrow support of W7-X Magnet system under cycling loading conditions (P4, Association EURATOM-MHEST),
 - Analysis, Design and Manufacture of Local Machining Tools for Blanket Module Flexible Support Housing, FU06-CT-2005-00063, EFDA 05-1253 (T4, Association EURATOM-MHEST).
- Januarja 2008 smo kot partnerji v okviru projekta Euforia (EU Fusion FOR Iter Applications) v okviru 7. okvirnega programa (FP7) začeli z aktivnostmi na področju vizualizacije rezultatov analiz (workpackage JRA4: Visualization, Tasks 1-4) za katere smo odgovorni v Laboratoriju LECAD.

Vabljeni predavanja uveljavljenih tujih raziskovalcev, ki smo jih je organizirali v LECADu :

- Prof. Hanspeter Winter, EURATOM – OAW, (februar 2006)
- Prof. Siegbert Kuhn, Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, (februar 2006)
- Prof. Brian Prasad, California Institute of Technology, (april 2006)
- Prof. Karl Ulrich Riemann, Institut fuer Theoretische Physik, (junij 2006)
- Prof. Joaquín Ros Florensa, Polytechnic Universitat of Catalunya, (junij 2006)
- Prof. Lawrence Jones, EFDA, (oktober 2006)
- Prof. Mark Cross, University of Wales, (december 2006)
- Prof. Nikola Babin, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, (marec 2007)
- Prof. Jovan Vladić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, (marec 2007)
- Prof. Heikki Handroos, Lappeenranta University Of Techology, (september 2007)

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

Razvoj pogona linije preko simulacij – Razvoj industrializacija in informatizacija visoko-produktivnih montažnih procesov", NIKO,d.d. , industrijski projekt. Gre za razvoj in izdelavo montažnih avtomatov za montažo mehanizma regulatorjev.

"Celostni razvoj elementov turbo- puhal za gorivne celice", DOMEL d.d., industrijski projekt. Razvito je bilo puhalo za modul gorivne celice podmornic. Puhalo dovaja zrak za proces, ki poteka v gorivni celici. Ena od glavnih zahtev je tesnost (preprečevanje iztekanja zraka oziroma vodika) povezave med brezkrtačnim elektromotorjem puhal in turbo kolesom. Na osnovi tega projekta so v podjetju razvili družino turbo puhal z visokim izkoristkom.

"Mreženje fasad posplošenih oblik", TRIMO d.d., industrijski projekt. Projekt s katerim želi naročnik razviti nov program fasad, ki so tržno atraktivne. Cilj je izdelava algoritmov in ustreznega programa, ki bo zagotavljal željeno mrežo z upoštevanjem arhitekturnih, geometrijskih in statičnih omejitev.

"Razvoj, analiza in izdelava prototipa vrtalne naprave za natančno izdelavo izvrtin v distančnih vakuumskih posode", TriTECH d.d., industrijski projekt. Na mednarodnem razpisu je bil sprejet koncept naprave Laboratorija LECAD. Segment vakuumske posode fuzijskega reaktorja je kompleksni zvarjenec. V nadaljevanju je potrebno, v skladu z zahtevami o natančnosti lokacije notranjega dela distančnika ter deformacij zaradi varjenja, lokalno obdelati vsako izvrtino posebej. To bo narejeno direktno na mestu lokacije vakuumske posode. Predhodne študije so pokazale, da lahko uporabimo podobno tehnologijo za obdelavo izvrtin na notranji in na zunanji

steni vakuumske posode. Po izdelavi cilindrične izvrtine sledi še izdelava navoja M150 na dnu centrirne luknje. Vrtalna naprava je bila predstavljena na srečanju EURATOM v Genovi, na dnevih dosežkov slovenske znanosti v Ljubljani in na EU predstavitvi o prijazni energiji v Ljubljani.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Laboratorij LECAD je v obdobju 2006-2007 v sodelovanju z LINPRA (Engineering Industries Association of Lithuania) in TECOS-om (Razvojni center orodjarstva Slovenije) izvedel študijo izvedljivosti razvoja industrijskih tehnoloških centrov v Litvi. Študija je pokazala, da je bolj smiselno povezati obstoječa podjetja, univerze in inštitute v grozd, tkim. INTEP Cluster. Predlagano in sprejeto je bilo strateško sodelovanje s slovenskimi podjetji in institucijami. Prioritetna dejavnosti so razvoj izdelkov z višjo dodano vrednostjo, posodobitev vodenja proizvodnje, prenos in implementacija modernih izdelovalnih tehnologij in novih materialov ter razvoj kompetenc inženirjev iz litvanske kovinsko prdelovalne industrije. in Mechatronics Cluster, Vilnius, Litva. Trenutno je v teku pregled pogodb o sodelovanju.

Laboratorij LECAD aktivno sodeluje v analognih aktivnostih za ustanovitev grozda na področju litvanske industrije mehatronskih izdelkov. V teku je pregled pogodb o sodelovanju. Projekt je podprt s strani EU v skupni višini 100 mio EUR. Prof. Jože Duhovnik sodeluje v projektu kot mednarodni ekspert.

Prof. Jože Duhovnik je član vladnega upravnega odbora EFDA

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Zasnova uporabnejšega trosilnika za hlevski gnoj
Opis	Glede na konfiguracijo terena v Sloveniji (in v državah s podobno konfiguracijo) klasični trosilniki gnoja niso primerni. V laboratoriju LECAD je bil zasnovan trosilnik za bočno trosenje, ki učinkovito rešuje problematiko trosenja v hribovskih predelih.
Objavljeno v	BERNIK, Rajko, BENEDIČIČ, Janez, DUHOVNIK, Jože. Zasnova uporabnejšega trosilnika za hlevski gnoj = Conceptual design of a stable-manure spreader with higher applicability. V: TAJNŠEK, Anton (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2004 : zbornik simpozija : proceedings of symposium, Čatež ob Savi, [13. in 14. december] 2004. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2004, str. 328-333, ilustr.
COBISS.SI-ID	4183673

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Pričakujemo pomemben skok v znanju inženirjev
Opis	Gre za posodobitev študijev na Fakulteti za strojništvo, ki so stalna aktivnost učiteljev na Fakulteti za strojništvo.
Objavljeno v	DUHOVNIK, Jože, LUNDER, Sonja Sara. Pričakujemo pomemben skok v znanju inženirjev. IRT 3000, 2008, letn. 3, št. 14, str. 12-15.
COBISS.SI-ID	2638295

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov	Metodika konstruiranja,
----	---------------	-------------------------

	predmeta	Računalniško podprto konstruiranje, Modeliranje proizvodov, Konstrukcije iz nekovinskih gradiv
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Konstruiranje strojev in naprav, Osnove in postopki konstruiranja, Konstrukcije iz nekovinskih gradiv
	Vrsta študijskega programa	visoki strokovni študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Strojni elementi
	Vrsta študijskega programa	akademija- redni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani, Akademija za likovne umetnosti-smer industrijsko oblikovanje
4.	Naslov predmeta	CAD
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij, podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	TU Delft, EPFL, Lausanne, City University London, Fakultet za strojarstvo i brodogradnju, Zagreb, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
5.	Naslov predmeta	Teorija konstruiranja
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
6.	Naslov predmeta	Strojni elementi s strojeslovjem
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta
7.	Naslov predmeta	
	Vrsta študijskega programa	
	Naziv univerze/fakultete	

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: Razvoj tehniškega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: Razvoj čl. virov v produktivnih okoljih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					

G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar¹⁵

Programska skupina LECAD (program Konstruiranje) se je pomembno okrepila v preteklem obdobju. Njena mednarodna dejavnost pomembno razširja slovensko znanje na področju konstruiranja tudi v druge evropske in države zahodnega Balkana. Vključevanje znanja v programe strokovnega magisterija med štirimi univerzami v Evropi zagotavlja strokovno reputacijo sodelavcev. Prav tako smo se vključili v program tehnika v fuziji, ki nam za naslednje obdobje zagotavlja sodelovanje v mreži znanosti v okviru UNESCO in na področju novih energij (fuzije- program ITER). Pet mladih raziskovalcev, ki to leto ali najkasneje v naslednjih treh letih zaključujejo, izkazujejo tesno vpetost v industrijsko okolje. Pri tem moramo posebej poudariti, da je dokončanje študija v štirih letih in pol za industrijsko uspešno zaključene doktorate kratka doba.

Zaradi uspešnega raziskovalnega dela se v naslednjem programskem obdobju vključuje v programsko skupino tudi skupina prof.Kramarja in sicer iz področja Transportni sistemi in logistika. Omenjeno področje strokovno pokriva tudi vodja skupine prof.Duhovnik. Posebej je potrebno izpostaviti razvoj področja Konstruiranja z uveljavitvijo programskega financiranja. Področje celovitega razvoja izdelkov je tako dobilo možnost, da se uveljavi ne samo v Sloveniji ampak se poveže tudi z drugimi razvojnimi centri po svetu. Pri tem moramo izpostaviti aktivno sodelovanje s svetovnimi centri omenjenega razvoja (TU Delft, Stanford University) Vključili smo se tudi v EU program za razvoj človeških virov na inštitutu Baumann, Moskva.

Zaradi vključitve v naš program skupine raziskovalcev iz programa Vrednotenje konstrukcij in zaradi povečanega obsega dela pričakujemo ustrezno povečanje financiranja za programsko obdobje 2009 do 2014.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

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	44.200
Cenovni razred	D
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke 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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskovalno in aplikativno delo smo izvajali v domačih laboratorijih, predvsem v Mikroanalitskem infrastrukturnem centru ter v tujih, predvsem evropskih sinhrotronskih laboratorijih, kjer smo izvajali lastne ter skupne projekte. Publikacije iz našega dela so zbrane v sistemu Cobiss, nekateri dosežki so bolj podrobno opisani v nosilnem dokumentu prijave, splošni komentar je v priloženem samoevalvacijskem poročilu, spodaj pa so v glavnem našti problemi, ki smo jih preučevali na posameznih področjih našega dela.

1) VUV in elektronska spektrometrija.

Pulzne koincidenčne meritve med ioni in Augerjevimi elektroni pri elektronskem obstreljevanju Ar. Študij razpada helijevega dvojno vzbujenih stanj preko meritev sekundarne fluorescence. Meritev življenjskih časov dvojno vzbujenih stanj ter spektrov primarne in sekundarne fluorescence pri razpadu v šibkem električnem polju. Odvisnost od jakosti homogenega električnega polja pravokotno in vzporedno glede na polarizacijo vpadne svetlobe. Teoretična obdelava fenomena Youngove interference pri autoionizaciji molekul, ki jo inducirajo ionski trki - predlog poskusa. Teoretična obravnava obnašanja helijevega atoma z metodo kompleksne rotacije v močnem homogenem električnem polju jakosti do 100 kV/cm pri vzbujanju z monokromatsko svetlobo. Modeliranje neelastičnega sipanja fotonov na dvojno vzbujenih stanjih He in Xe. (e,2e) koincidenčne meritve resonančnega Augerjevega razpada stanj preko vrzeli Ar 2p v sodelovanju z Oddelkom za fiziko Univerze v Miškolcu. Sodelovanje z IESL, Kreta (P. Lambropoulos): modeliranje spektrov dvofotonske ionizacije žlahtnih plinov iz meritev FEL v Hamburgu.

2) Visokoločljiva rentgenska spektroskopija.

Študij odvisnosti energijskega premika črte Ka od okolice atoma žvepla. Določitev

absolutne vrednosti presekov za dvakratno ionizacijo lupine K v Si s protoni energije 1 - 3 MeV. Meritve hipersatelitskih prispevkov Mg in Al na žarkovni liniji ID21 na ESRF v Grenoblu. Meritve resonančnega neelastičnega rentgenskega sipanja (RIXS) na Xe L₃: prva neposredna karakterizacija diskretnih stanj, ki konvergirajo k robu. V sodelovanju z Univerzo v Fribourgu L₃ RIXS na Xe L_β črti ter neelastično sipanje fotonov na tankih tarčah Pd in Mo. Trikratno gostovanje na sinhrotronu ESRF (ID26): resonančno neelastično sipanje rentgenske svetlobe (RIXS) na molekulah SF₆ ter SO₂, prva meritev neelastičnega sipanja na dvojno vzbujenih stanjih Ar [KL]. Prva detekcija Ramanskega efekta pri razpadu Ar [K] s sevalnim Augerjevim procesom. V sodelovanju z ekipo ID26 ter University of Camerino, University of Sheffield, University of Southampton, Upsalla University, meritve Ramanskih slik različnih elementov v vulkanskih steklih ter za nekatere vrste mineralov. Meritve RIXS na pragu K v molekulah H₂S in HCl ter poskusne meritve RIXS v tekočinskih vzorcih.

3) Vibracijska ekscitacija vodika.

Vključitev v 6. OP EU - Euroatom, razvoj originalne aparature za detektiranje vibracijsko vzbujenih molekul vodika v plinu, ki temelji na procesu disociativnega zajetja elektronov ter izdelava posebne postavitve z ionskim žarkom za sočasno določanje globinske porazdelitve vodika v snovi. Vzorec volframa v definirani atmosferi vodika (devterija), spremljanje časovnega poteka koncentracije H (D) na površini z metodo ERDA pri protonskem žarku z energijo 2 MeV. V sodelovanju s FZ Juelich raziskovanje možnosti za kalibracijo meritev D z ERDA. Meritev vibracijske porazdelitve molekul, ki nastanejo z rekombinacijo na površinah Ta, W, Cu, C in Teflona. Sodelovanje s kolegi iz IPP Garching: z našim vibracijskim spektrometrom analiza lastnosti atomarnega izvira vodika, ki ga uporabljajo pri študijah kemične erozije plasti ogljikovodikov. V sodelovanju s kolegi iz odseka F8 in iz FZ Juelich izvedba začetnih raziskav vodikove plazme z meritvami optičnih emisijskih spektrov. Z metodo ERDA ter vibracijskim spektrometrom preučevanje permeacije vodika skozi paladij: Razvoj izvira vibracijsko vzbujenih molekul vodika in določitev njegovih lastnosti.

4) Rentgenska absorbcija.

Strukturne raziskave nanomaterialov (nanocevk MoSI, nanostrukturnih železovih oksidov, mikroporoznih katalizatorjev in PZT tankih filmov), katalitskih mikro in mezoporoznih aluminofosfatov in silikatov z vgrajenimi kationi; keramike KNbO₃, pripravljene z mehanokemijsko sintezo; amorfni prekursorjev Pb(Zr,Ti)O₃ pri sol-gel sintezi; železovih oksidov, obdelanih z vodikovo plazmo; Cu, Ni, Co, Mn, Fe kompleksi v organskih molekulah in tanke plasti CuO/CeO₂ (Fakulteta za kemijo). Raziskava strukturnih sprememb v feroelektričnem kristalu SrTiO₃ z izotopsko substitucijo, v vzorcih prsti iz Mežice, onesnažene s Pb, v Cu-humatnih kompleksih iz vinogradniških prsti, v celuloznih kompleksih Fe v črnilu v zgodovinskih rokopisih (mikrofokusirani žarek v SRS Daresbury). Meritve EXAFS in XANES za strukturno analizo na naslednjih skupinah materialov v sodelovanju z navedenimi laboratoriji: nanostrukturni TiO₂ z vgrajenimi Fe kationi sintetiziran po sol-gel postopku (UNG), katalitski mikro- in mezoporozni aluminofosfati in silikati z vgrajenimi kationi Ti, Mn, Cr, Fe ali Sb (Kemijski inštitut); Cd vezan v semenih in steblih rastlin, ki ta element hiperakumulirajo (Biotehniška fakulteta UNI-Lj.), prst onesnažena z As (Univerza v Exeterju UK, Kemijski inštitut, Lj.); Cr-humatni kompleksi (Experimental Institute for Plant Nutrition, Gorica Italija); amorfni prekursorji LaZrO₃ pri sol-gel sintezi (IJS, K-5); črnilo v starih rokopisih (NUK, Lj.); nanostrukturni ZnMn₂O₄ spineli; ZnO nanodelci sintetizirani po sol gel postopku (Universita degli Studi di Padova). Analiza strukture nanocevk in nanotrakov (K,H)₂Ti₆O₁₃ sintetiziranih na odseku F5 Inštituta J. Stefan in novo spojino IF₆[Ag(SbF₆)₃], ki so jo sintetizirali na odseku K1 na Inštitutu J. Stefan. Določanje deleža dvovalentnega železa v železo-galnih črnilih, ki katalizira razgradnjo celuloze v historičnih rokopisih. Določitev molekularne strukture amorfni železovih inositol heksafosfatov. Uspešna meritev premika titanovega atoma v oktaedru kisikov v perovskitu SrTiO₃ pri faznem prehodu pri nizkih temperaturah, natančna določitev valence Ru v novi spojini La₂RuO₅. Raziskava

učinka prekursorjev v tekoči in amorfni fazah na potek kristalizacije tankih plasti feroelektrične keramike svinčevega in lantanovega cirkonata ter pri $\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ samočistilnih prevlekah po sol-gel postopku. Zelo uspešne pilotske raziskave tankoplastnih nanostrukturnih baterij $\text{Li}_2\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{SiO}_4$: med praznjenjem in polnjenjem baterije do reverzibilnih valenčnih in strukturnih sprememb pri kationih Fe in Mn. Interakcija šestvalentnega kroma s humičnimi kislinami v prsti, raziskave vezave kadmija v nekaterih rastlinah s področja Mežiške doline. Prva popolna meritev atomske absorpcije v kalijevi pari v območju robu K ter ustrezna meritev v kovinskem kaliju. Objava rezultatov raziskav rentgenske absorpcije v atomarnem Cd v okolici absorpcijskega roba K. V Visokotemperaturne celice z berilijevimi okenci, DESY: prva meritev energijskega profila okrog Cs L roba. ESRF: prva meritev atomske absorpcije K v jodovi enoatomni pari iz termične dekompozicije I_2 pri 900 C na območju robu K.

5) Fizika površin

Postavitev večkanalne detekcije na kotno ločljivem elektronskem analizatorju eksperimentalne postaje HASPES na žarkovni liniji ALOISA (Elettra). Meritve strukture, orientacije, reda dolgega dosega in elektronskih stanj na in-situ formiranih ultratankih organskih filmih tehnološko obetavnih materialov kot so: bakrov ftalocianin ($\text{CuC}_{32}\text{N}_8\text{H}_{16}$, CuPc), oligotiofeni (O-T6), pentaceni ($\text{C}_{22}\text{H}_{14}$), dianhidridna perilenska kislina ($\text{C}_{24}\text{H}_8\text{O}_6$, PTCDA) in drugi, nanašenih v pogojih ultravisokega vakuma na urejene anorganske substrate kot so Au, Ag, Ge. Raziskave dodatnih tankih plasti TiO_2 na plasteh Ti/TiN in vpliv na korozivne lastnosti, študij tankih plasti TiCrN ter CrN. Raziskave enoslojnega molekulskega filma na podlagi Au(110): obstoj dveh različno gosto zloženih faz z različnimi geometrijami adsorpcije. Študij spontanega urejevanja razsežnih aminokislinskih verig na površini Ag(111): urejevanje molekul L-metionina (L-m). Opažena amino-karboksilna shema molekulske sklopitve predstavlja splošen konstrukcijski vzorec pri biomolekulski nanoarhitekturi na površinah.

6) Raziskave z ionskimi (mikro)žarki

Elastični trki z ionskim žarkom ^7Li omogočajo meritve globinskih profilov koncentracij vodika in devterija, ki sta izbita iz površinskih plasti (ERDA). Uporaba pri analizi površin grafitnih omejevalnikov v plazemskem poskusnem reaktorju. Vključitev v 6. OP EU - Euroatom. Razvoj metode za merjenje elementnih koncentracijskih map v bioloških vzorcih z lateralno ločljivostjo enega mikrometra. Meritve absolutnih koncentracij na rezinah tkiv, debelih nekaj 10 mikrometrov, Določitev globinskega profila rezine z metodo STIM (ang. zero-degree Scanning Transmission Ion Microscopy). Študij akumulacije Pb, Cd in Zn v rastlini *Thlaspi Praecox* Wulfen. Analiza degradiranega tkiva v okolici kolčne proteze s sodelavci iz Ortopedske klinike Kliničnega centra v Ljubljani. Razvoj postopka mikroobdelave z ionskim mikrožarkom (PBW), ki vodi k izdelavi tridimenzionalnih struktur. Razvoj 3D mikroobdelave v fotorezistu SU-8 na osnovi digitalnega načrta. Študij PBW za izdelavo mikropetrijev v raziskavah obsevanja celic s posameznimi ioni, sodelovanje z Laboratorijem Pierre Sue, Saclay, Francija. Meritve depozicije na omejevalnikih plazme in količine deponiranega fuzijskega goriva (devterij) v črpalnih kanalih iz fuzijskega reaktorja TEXTOR v Juelich, Nemčija. Priprava ionskega mikrožarka ^3He za selektivno detekcijo D v tankih plasteh. Skupaj z odsekom O2 študij mehanizmov privzema As v lišajih. V sodelovanju s skupino z Instituta »ATOMKI«, Debrecen, Madžarska: meritev porazdelitve elementov v lasnih mešičkih v različnih fazah rasti. Sodelovanje z Institutom Demokritos, Atene in Institutom za optiko in atomsko fiziko Tehniške univerze, Berlin: prve meritve s sočasno uporabo fokusiranega protonskega žarka in polikapilarnih leč za rentgenske detektorje ter karakterizacija aerosolnih mikrodelcev v kvarčnih vzorcih s 3D ločljivostjo. V sodelovanju s Fakulteto za biologijo, nadaljevanje meritev elementnih mikroslik bioloških vzorcev: les, ajda ter rastline, ki živijo v slanem okolju. V sodelovanju z Univerzo Tohoku, Sendai (Japonska): postavitev sistema za karakterizacijo submikronskih aerosolov z ionskim mikrožarkom. Postavitev nove žarkovne linije z doma izdelano in zasnovano fokusirno elektrostatsko lečo EQQ ter obnovljena eksp. komora za analize ERDA in RBS.

7) Moessbauerjeva spektroskopija

Precizno določanje koncentracije Fe v vzorcih: priprava in karakterizacija LiFePO_4 ki je obetavni material za izdelavo baterijskih katod. Študij interakcije Fe v črnilu s papirjem (površinska in globinska komponenta). Raziskava nano poroznih LiFe fosfatov, silikatov in titanatov. Raziskave sedimentov gornjega toka reke Kolpe. Onesnaženost z barijem. Določitev zasedenosti 5 različnih kristalografskih mest železa in njihov vpliv na lastnosti materiala v nano kristaliničnem barijevem heksaferitu. Določitev razmerja $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ v železo-taninskih črnilih. Študij magnetne ureditve in relaksacije v multiferoičnih materialih.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Osnovni predmet naših raziskav je in ostaja interakcija delcev s snovjo pri nizkih energijah. Pri tem gre za vpadne energije reda velikosti od nekaj deset meV, recimo pri sipanju atomov helija na površinah, pa do nekaj MeV/amu, pri obstreljevanju tankih plasti z ioni.

Raziskave izvajamo s curki ionov in elektronov, v glavnem na Mikroanaliskem Centru Instituta Jožef Stefan, pri pomembnem delu raziskav pa uporabljamo energijsko ostro sinhrotronsko svetlobo. Dostop do slednje si je potrebno zagotoviti s kompetitivnimi predlogi za eksperimente, kajti vsak predlog meritev za zunanje uporabnike sinhrotronov preverja znanstveni svet mednarodno uveljavljenih strokovnjakov. Eventualna odobritev meritve na evropskih sinhrotronih avtomatsko pomeni finančno kritje za uporabo žarka iz evropskih sredstev (recimo RII3-CT-2004-506008 na sinhrotronu Elettra). Na najmodernejših žarkovnih linijah sinhrotronov Elettra v Trstu, Desy v Hamburgu, ESRF v Grenoblu ter SRS Daresbury v Angliji je konkurenca huda, v posameznem semestru je v posameznih primerih od tehnično možnih lahko zavrženih tudi do 80% predlogov. Z zadovoljstvom ugotavljamo, da smo člani programske skupine kljub temu 17-krat uspeli na zunanjih razpisih za eksperimente v obdobju januar 2004 – april 2008. Na tej osnovi smo potem realizirali 4800 ur merilnega časa v tujini, največ prav v letu 2007 (1920 ur).

V veliki meri smo dosegli predvidene raziskovalne cilje, predvsem pri študijah v atomski fiziki (eksperimentalne in teoretične študije helija v zunanjem električnem polju), pri meritvah fotoabsorpcije ter pri študiju (samo)urejanja organskih snovi na površinah kovin in polprevodnikov. Med delom se je nepričakovano pojavilo nekaj novih smeri, vzdolž katerih smo hitro napredovali in predstavljajo dosežek, na katerega smo prav tako lahko ponosni (recimo vpeljava konfokalne PIXE metode). Zelo uspešna je bila implementacija visokoločljivega spektrometra domače izdelave pri poskusih s sinhrotronsko svetlobo: z lastnim spektrometrom smo si priborili merilni čas na najsvetlejših sinhrotronskih linijah (ID26 na sinhrotronu ESRF) in prispevali delež k razvoju področja RIXS (Resonant Inelastic X-ray scattering). V zadnjem programskem obdobju je močno zaživela domača žarkovna linija s protonskim mikrožarkom, kjer izvajamo relevantne interdisciplinarne raziskave, še posebej je treba poudariti povezavo z biologijo. Razvili smo metode za vzorčevanje in analize aerosolov, ki odpirajo področje z velikim raziskovalnim potencialom. Ob tem je stopnja domačega in mednarodnega znanstvenega sodelovanja visoka, kar kaže število mednarodnih projektov, pri katerih sodelujejo člani našega raziskovalnega programa ter pisana (mednarodna) združba soavtorjev pri publikacijah.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Ab initio sipalni preseki za fotoionizacijo in neelastično sipanje fotonov na dvojno vzbujenih stanjih helija pod $N=2$ v homogenem električnem polju
		<i>ANG</i> Ab Initio Calculation of Photoionization and Inelastic Photon Scattering Spectra of He below the $N = 2$ Threshold in a dc Electric Field
	Opis	<i>SLO</i> Analiza pionirskega eksperimenta, pri katerem so prvič izmerili verjetnost za fotoionizacijo helija v močnem polju do 100 kV/cm (Harries et al., Phys. Rev. Lett. 90, 133002, 2003) je izven dosega teorije perturbacije. Omejitev smo presegle z adaptacijo in implementacijo metode s kompleksno rotacijo, ki vključuje interakcijo vezanih stanj s kontinuumom do vseh redov. Z istim orodjem je bilo mogoče prvič izračunati verjetnosti za radiativni razpad ter sipalni presek za neelastično sipanje (VUV) fotonov na dvojno vzbujenih stanjih ob prisotnosti močnega polja.
		<i>ANG</i> The analysis of a pioneering experiment, the first measurement of photoionization of helium in the strong electric field up to 100 kV/cm (Harries et al., Phys. Rev. Lett. 90, 133002, 2003) requires an approach beyond the simple perturbation theory. The problem was solved by implementation of the complex rotation method which takes into account bound-continuum state interaction to all orders. We calculated for the first time radiative decay probabilities and inelastic VUV scattering probability in the region of doubly excited states in the strong field environment.
	Objavljeno v	Physical Review Letters 98, 243002 (2007)
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	20835111
2.	Naslov	<i>SLO</i> Absorpcija rentgenskih žarkov v kalijevi pari
		<i>ANG</i> X-ray absorption in atomic potassium
	Opis	<i>SLO</i> Pomembni dosežki pri študiju atomov in kompleksnih sistemov z rentgensko absorpcijo. Na značilnem naboru elementov iz periodnega sistema (Cs, I, K, Zn, Cd) smo izmerili spektre atomske absorpcije. Za meritve na monoatomnih vzorcih smo razvili visokotemperaturne (800 C – 1000 C) absorpcijske celice, prirejene termičnim in kemijskim lastnostim posameznih elementov. Nekatere od teh meritev predstavljajo tudi prve metrološko natančne določitve absolutnih absorpcijskih presekov.
		<i>ANG</i> Important achievement in X-ray absorption studies of atomic and complex systems. For the experiments with monatomic samples (Cs, I, K, Zn, Cd) we devised and built high-temperature (800 C – 1000 C) absorption cells, with specific adaptations to the thermal and chemical properties of the elements. Some of these measurements have also been published as the first metrologically precise absolute determinations of the absorption cross section.
	Objavljeno v	Nucl. instrum. methods phys. res., B Beam interact. mater. atoms. 266, 677 (2008)
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	2053732	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Zwitterionsko samourejanje L-methionina na površini Ag (111)
		<i>ANG</i> Zwitterionic self-assembly of L-methionine nanogratings on the Ag(111) surface
	Opis	<i>SLO</i> Pri študiju spontanega urejevanja razsežnih aminokislinskih verig na površini Ag(111) smo pokazali, da poteka urejevanje molekul L-metionina (L-m) v več 100 nm dolge, ravne verige preko zwitterionske medmolekulske sklopitve oziroma dimerizacije molekul preko amino in karboksilnih funkcionalnih skupin. Verige L-m se nadalje uredijo v periodično konfiguracijo, pri čemer tvorijo biomolekularno nanomrežico, ki je urejena na mezoskopski skali. Opažena amino-karboksilna shema medmolekulske sklopitve predstavlja splošen konstrukcijski vzorec pri biomolekulski nanoarhitekturi na površinah.

		ANG	We have studied spontaneous ordering and self recognition of amino acid L-methionine (L-m) molecular assemblies on Ag(111). From STM and helium diffraction we observe spontaneous ordering into extended molecular chains oriented along the subjacent atomic lattice. Highly regular biomolecular gratings evolve with periodicity that can be tuned at the nanometer scale by the methionine surface concentration. This is an example of a general construction motif to achieve biomolecular nanoarchitectures on surfaces.
	Objavljeno v		Natl. Acad. Sci. U. S. A., vol. 104, no 13, str. 5279. 2007
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		1985636
4.	Naslov	SLO	Neelastično sipanje rentgenskih žarkov v bližini robu L3 v ksenonu
		ANG	Inelastic x-ray scattering in the vicinity of xenon L3 edge.
	Opis	SLO	Z doma zasnovanim in izdelanim spektrometrom za rentgenske žarke smo dosegli spektralno ločljivost, ki je boljša od naravne širine mehkih rentgenskih črt. Pri meritvah rentgenskih Ramanskih spektrov v Xe, pod robom L3 smo prvič jasno opazili ekscitacijo iz 2p-6s.
		ANG	By observing soft x-rays emitted from the target after a few MeV proton beam bombardment we have shown that our home made spectrometer runs efficiently with an energy resolution better than the natural width of the inner shell transitions. In our first studies at synchrotron Elettra (@XAFS beamline) we have recorded x-ray Raman spectra in the vicinity of L3 edge in Xe with 3-times better resolution then previously available, allowing a clear detection of 2p-6s excitation.
	Objavljeno v		Phys. rev., A, 2007, vol. 76, no. 3, str. 032506
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		21055015
5.	Naslov	SLO	Slikanje aerosolnih delcev v treh dimenzijah s protonskim mikrožakom v konfokalni postavitvi
		ANG	Three-dimensional imaging of aerosol particles with scanning proton microprobe in a confocal arrangement
	Opis	SLO	V sodelovanju z Institute of Nuclear Physics (NCSR "Demokritos", Atene, Grčija) in Institute of Optics and Atomic Physics (Technical University of Berlin, Nemčija) smo leta 2006 v Mikroanalitskem centru IJS prvič sploh izvedli konfokalno meritev PIXE (Proton Induced X-ray Fluorescence) za določanje elementnih koncentracij v treh dimenzijah. Delo prikazuje uporabnost metode na primeru elementno selektivne 3D tomografije aerosolnih delcev.
		ANG	In collaboration with Institute of Nuclear Physics (NCSR "Demokritos", Athens, Greece) and Institute of Optics and Atomic Physics (Technical University of Berlin, Germany) we have set up at the Institute "Jožef Stefan" Tandetron site the first confocal measurements in which the sample is moved through the sensitive microvolume, formed at the common focal point of the ion microbeam probe and x-ray polycapillary. We have shown the method capability in case of element-selective 3D tomography of aerosol sample.
	Objavljeno v		Appl. phys. lett., 2008, vol. 93, no. 9, str. 094104-1-094104-3.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		21971495

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Raziskava vsebnosti arzena v kontaminirani prsti z metodo EXAFS in XANES
		ANG	EXAFS and XANES study of arsenic in contaminated soil.
	Opis	SLO	V sodelovanju med Camborne School of Mines, University of Exeter, Cornwall, UK, Politehniko Nova Gorica, Kemijskim inštitutom Ljubljana in Inštitutom Jožef Stefan (PSP21/2005) smo v letu 2005 dokončali in objavili analizo prsti iz območja Cornwall v jugozahodni Angliji, ki je onesnažena z izjemno visokimi koncentracijami arzena (1000 ppm in več). Onesnaženje je posledica izkopa in predelave arzenove rude, ki je potekalo na tem območju

		od rimskih časov do začetka 20 stoletja in danes potencialno ogroža zdravje ljudi na širšem območju Cornwalla v skupni površini nad 700 km ² .	
	ANG	In collaboration with Camborne School of Mines, University of Exeter, Cornwall, UK, Nova Gorica University, National Institute of Chemistry and Jožef Stefan Institute (PSP21-2005) we have performed and published a soil analysis from Cornwall region in southwest England, which is polluted with very high concentration of arsenic (1000 pm and more).	
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Objavljeno v	X-ray spectrom., 2005, vol. 34, str. 435-428	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	19259687	
2.	Naslov	SLO	Prostorsko ločljiva kvantifikacija elementov v semenih hiperakumulatorja <i>Thlaspi praecox</i> za Cd/Zn z metodo mikro-PIXE
		ANG	Localisation and quantification of elements within seeds of Cd/Zn hyperaccumulator <i>Thlaspi praecox</i> by micro-PIXE.
	Opis	SLO	Metoda Mikro-PIXE omogoča merjenje porazdelitev elementov v bioloških tkivih do koncentracij velikostnega reda 1 µg/g suhega tkiva. Skupaj z Biotehnično Fakulteto UL smo raziskovali mehanizme hiperakumulacije in tolerance rastline <i>Thlaspi Praecox</i> Wulfen na Zn in Cd, ki uspeva v zelo onesnaženem okolju Žirovskega vrha.
		ANG	A micro-PIXE technique allows quantitative mapping of elements in biological samples down to concentrations of the order 1 µg/g of the dry tissue. In collaboration with BF we have studied the mechanisms of hyperaccumulation and tolerance to Zn and Cd of <i>Thlaspi Praecox</i> Wulfen plant, which grows in the strongly polluted mine environment of Žirovski vrh.
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Objavljeno v	Environ. pollut. (1987). [Print ed.], 2007, vol. 147, str. 50-59.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	1645135		
3.	Naslov	SLO	Zgodovinski rokopisi z železotaninskim črnilom - okoliščine, ki določajo njihovo obstojnost
		ANG	Historical iron gall ink containing documents – properties affecting their condition
	Opis	SLO	V letu 2005 se je zaključil mednarodni projekt InkCor, sofinanciran iz sredstev 5. okvirnega programa EU. V okviru projekta smo prispevali obsežno analizo železotaninskih črnih na zgodovinskih dokumentih. Z metodo protonskega vzbujanja rentgenskih žarkov (PIXE) smo z zunanjim protonskim žarkom ionskega pospeševalnika Tandetron nedestruktivno analizirali okrog 100 originalnih dokumentov iz slovenske kulturne dediščine. Rezultat študije je bogata podatkovna baza s koncentracijami elementov, ki nastopajo v uporabljenih črnilih v obdobju od 14. do 19. stoletja.
		ANG	In 2005 the InkCor project ended which was financially supported by the 5. EU framework programme. Our contribution consisted of an extended analysis of the iron gal ink patches on the historical documents. Using the external proton beam of the Tandetron accelerator and detecting x-ray spectra emitted from the target we have nondestructively analysed about 100 original documents which form an essential part of the slovenian cultural heritage.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Objavljeno v	Anal. chim. acta. [Print ed.], 2006, vol. 555, str. 167-174.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	19492391		
4.	Naslov	SLO	10. mednarodna konferenca o protonsko inducirani rentgenski emisiji in njenih analitičnih aplikacijah, 4 - 8. junij 2004, Ljubljana - Portorož
		ANG	X International Conference on Particle-induced X-ray Emission and its Analytical Applications, 4 - 8. june 2004, Ljubljana - Portorož
	Opis	SLO	Pod vodstvom prof. dr. M. Budnarja smo organizirali 10. konferenco PIXE (X International Conference on Particle-induced X-ray Emission and its Analytical Applications), ki se je udeležilo več kot 100 udeležencev iz celega sveta. 4 - 8. junij 2004, Ljubljana - Portorož (http://pixe2004.ijs.si/).

		Under initiative of prof. dr. M. Budnar we have organized 10th PIXE conference (X International Conference on Particle-induced X-ray Emission and its Analytical Applications) which was attended by more than 100 researchers from all over the world. 4 - 8. june 2004, Ljubljana - Portorož (http://pixe2004.ijs.si/);
Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
Objavljeno v	http://pixe2004.ijs.si/ X-ray spectrom., 2005, issue 4, vol. 34	
Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
COBISS.SI-ID	19114791	
5. Naslov	SLO	Luka Koper - koncentracije posameznih elementov aerosolih z metodo PIXE.
	ANG	Port of Koper - elemental concentrations in aerosols by PIXE.
Opis	SLO	Od leta 2002 izvajamo PIXE analize aerosolnih vzorcev iz območja terminala za razsuti tovor. Za potrebe non-stop vzorčevanja smo uvedli vzorčevalno tehniko s kvarčnimi filtri, ki omogoča nabiranje tedenskih vzorcev delcev PM10 ter določanje celotne mase drobnega prahu. Na podlagi izmerjenih koncentracij posameznih elementov v zraku smo ugotovili močno korelacijo Fe z razkladanjem Fe rude z ladij.
	ANG	From 2002 on we are regularly performing PIXE analysis of aerosol particle samples taken at the open bulk terminal of Port of Koper. For the purpose of non-stop sampling we have developed a sampling and analysis technique for small particles (PM10) captured onto quartz filters which allows a simultaneous determination of the total particle mass. On the basis of our analysis we have discovered a strong correlation between Fe aerosol concentration and ship unloading activities.
Šifra	F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Objavljeno v	X-ray spectrom., 2005, issue 4, vol. 34, str. 330-334.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	19119655	

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Preučevali smo razpadno shemo argona pri ionizaciji z elektroni energije 1 keV. V koincidencah smo opazovali Augerjeve elektrone, ki se izevajo pri razpadu ene ali več vrzeli v lupini L in nabojno stanje argonovega iona, s katerim se konča razpad. Spektre smo posneli z 20-krat boljše energijsko ločljivostjo od tiste, ki je bila na voljo prej: tako bistveno izboljšanje smo dosegli z novim konceptom eksperimenta – z uvedbo pulznega vzbujačnega tarče. S koincidenčnimi poskusi na žarkovni liniji tržaškega sinhrotrona Elettra ter berlinskega sinhrotrona Bessy II smo neposredno merili življenske čase dvojno vzbujenih stanj helija, ki so velikostnega reda nekaj deset ps ter preučevali vpliv homogenega električnega polja na verjetnost za razpad, mejnik, ker pokaže, kako je moč meriti tako kratke razpadne čase v običajnem multi-bunch načinu delovanja sinhrotrona. V zvezi s helijem je bila odmevna prva uspešna teoretična analiza sipanja VUV svetlobe na heliju v močnem električnem polju. Pri tem smo uporabili metodo kompleksne rotacije, ki posega na področje nehermitskih operatorjev in išče koristne povezave za njihovo uporabo v kvantni mehaniki. Teoretično smo obdelali fenomen Youngove interference pri autoionizaciji molekul in s tem v zvezi predlagali poskus z molekulami vodika, ki so ga po naši napovedi uspešno izvedli francoski raziskovalci ter rezultat objavili v prestižni znanstveni reviji Physical Review Letters. V sodelovanju z madžarskimi raziskovalci smo kot prvi izmerili resonantni Augerjev pojav pri vzbujačnem Ar z elektroni pri čemer smo zaradi vzbujačnega z elektroni lahko opazovali efekt interference. Poleg pomembnih dosežkov skupine za rentgensko absorpcijo na osnovnem nivoju, kjer gre tudi za nekaj prvih metrološko natančnih določitev absolutnih absorpcijskih presekov z originalno zasnovanimi merilnimi celicami (Cs, I, K, Zn, Cd), se je skupina izkazala tudi na področju strukturnih raziskav (EXAFS, XANES), kjer so se izraziteje usmerili v študij nanostruktur in nekaterih eksotičnih agregatnih stanj: neurejenih zlitin, kvazikristalov ter okoljskih vzorcev. V tem programskem obdobju je skupina za visokoločljivo rentgensko fluorescenco, začela izvajati

samostojne meritve na žarkovnih linijah evropskih sinhrotronov z lastnim, doma zasnovanim in izdelanim rentgenskim spektrometrom, ki je optimiziran za študij razredčenih vzorcev. Poleg lastnih poskusov na plinih smo izvajali tudi meritve RIXS za Mo, W, S, Ru v različnih trdnih in tekočih vzorcih, kar je tudi izjemno pomembno s stališča razvoja uporabnosti metode za raziskave materialov. Ta tehnika je namreč ena od redkih, s katero je mogoče preučevati valenčna stanja atomov globoko v materialu brez posebne skrbne priprave površin. Sinhrotronske raziskave površin so se v glavnem osredotočale na tanke sloje kovinskih in organskih materialov na podlagi iz polprevodnika, in potekajo v sodelovanju z žarkovno linijo ALOISA/HASPES ter laboratorijem TASC na tržaškem sinhrotronu Elettra. V zadnjem obdobju smo zasnovali in izdelali originalni spektrometer, s katerim merimo vibracijske porazdelitve molekul vodika in devterija ob prisotnosti različnih materialov. Delo je vpeto v povezavo EUROATOM, ki ga delno financira zaradi interesa raziskav robne plazme ob stenah fuzijskih generatorjev, v kateri vloga vibracijsko vzbujenih molekul vodika še ni pojasnjena. Meritve z ionskimi žarki (IBA metode), še posebej meritve s protonskim mikrožarkom, so v zadnjem programskem obdobju doživele razmah na področju problematik iz biologije, konkretno pri elementnem mapiranju na hitro zmrznjenih rastlinskih delov. Druge dejavnosti, ki smo jih razvijali, obsegajo izdelavo mikrostruktur (mikropetrijevke) ter študij aerosolov z ionskim (mikro)žarkom. Na področju razvoja novih tehnik je pomemben (nepredviden) dosežek prva postavitve konfokalne metode PIXE, s katero je mogoče meriti elementne koncentracije v vzorcih v treh dimenzijah.

ANG

We have successfully performed the Auger electron – ion charge state experiment to study decay of Ar L3 hole(s) generated by 1 keV electron impact. We have reached 20-times better energy resolution than available before by introducing a new experimental concept to improve signal-to-noise ratio: 1 MHz pulsed electron impact excitation of the gas target. In coincidence experiments at Elettra and Bessy II synchrotron we have directly measured only few tens of ps long lifetimes of doubly excited helium atoms. This achievement demonstrates the possibility to measure reliably such a short lifetimes using a normal, multibunch operating mode of the synchrotron. We obtained attention for our theoretical analysis of VUV light scattered from helium in the strong homogeneous electric field; we have employed a complex rotation method which is interesting by itself since the method deals with nonhermitian operators. We have worked out theoretically a phenomenon of Young interference on a single atomic-size slit arrangement and proposed an experiment with He ions impinging onto hydrogen molecules. An independent group of French researches has recently performed the experiment that fully confirmed our predictions and published their results in Phys. Rev. Lett. Recently we have collaborated with Hungarian researchers to measure for the first time the electron impact resonant Auger scattering in the vicinity of L3 edge of Ar.

Besides important achievements in the basic science regarding study of multiply excited states of mono-atomic vapors the x-ray absorption group is active in the field of the structure research (EXAFS, XANES), where it focuses onto study of nanostructures and exotic aggregates of disordered compounds, quasi crystals and samples of importance for the environment protection research. We have studied resonant x-ray scattering (RIXS) with a home made high resolution crystal spectrometer, which is designed for the spectrometry of diluted and relatively large samples. Besides the gas targets at ESRF we have made pilot RIXS measurements on solid samples containing Mo, W and S. Apart for the specific project this is important for the development of RIXS as a new powerful technique for structure studies. Synchrotron research of surfaces was focused onto thin layers of metallic and organic materials on semiconductor substrates, which are a prototype of nano, structured materials with new optical, transport and magnetic properties. The study of these complex systems with combination of different techniques was done at Elettra beamline ALOISA/HASPES. We deal with . The new spectrometer dealing with vibrationally excited hydrogen molecules was developed by our research program member and the operation is based on the principle of dissociative attachment of electrons. The work proceeds in the frame of Euroatom association and is partially funded by it due to the interest in the edge plasma, which occurs close to the walls of fusion reactors and where the role of vibrationally excited molecules is not yet fully understood. In the last period a proton microbeam was extensively used to reconstruct elemental distribution of quickly frozen biological samples. Other activities, which were further developed are the micromachining (production of micro sized objects by proton beam writing) and aerosol studies. In IBA development an important (and unexpected) achievement was the first successful set-up of con-focal PIXE method which allows a 3D element selective tomography by measuring x-ray yield of an object moving through the sensitive micro volume of the x-ray polycapillary.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

V sklopu raziskav EXAFS, XANES, RIXS, XPS z rentgenskimi žarki ter ionskih metod PIXE, RBS, ERDA, NRA skupaj z njihovimi mikro- različicami, omogočamo različnim slovenskim (in tujim) laboratorijem s področij materialov, geologije, sintezne kemije, farmakologije, biologije, vakuumske tehnike, raziskav okolja in ohranjanja kulturne dediščine dostop do moderne merilne tehnologije s sinhrotronsko svetlobo in ionskimi žarki. Meritve izvajamo v sinhrotronskih laboratorijih HASYLAB, ESRF, ELETTRA, BESSYII ter v Mikroanalitskem Centru IJS in pri tem uporabljamo velik del lastne eksperimentalne opreme. Doslej smo tako sodelovali pri razvoju več tehnološko pomembnih materialov, kot so npr. mikroporozni katalizatorji, supraprevodne in feroelektrične keramike, surfaktanti, zaščitne in samočistilne prevleke, nanostrukturni materiali in nekatere farmakološko pomembne makromolekule. Z intenzivno prisotnostjo na evropskih sinhrotronih ter uspešnimi obiski tujih raziskovalcev v Mikroanalitskem centru se krepi mednarodno sodelovanje. Kontinuirana prisotnost v mednarodnih centrih raziskav omogoča kvalitetno in kontinuirano delo, dostop do tujih znanj ter posredno prinaša ugled Sloveniji. Uveljavljena eksperimentalna skupina iz enega laboratorija sodeluje z uveljavljeno skupino teoretikov iz druge institucije: tako mednarodno delitev dela stalno srečujemo pri našem delu. Pogost dostop do sinhrotronov ter ionskega pospeševalnika je pomemben tudi s pedagoškega stališča zaradi seznanjanja študentov naravoslovja z množico različnih eksperimentalnih tehnik, ki so tu v uporabi. Vsebine iz področja sinhrotronskih merilnih tehnik in analitičnih metod s pospešenimi ioni so vključene v visokošolske programe na dodiplomskem in podiplomskem nivoju. Študentje imajo možnost pridobivanja izkušenj z neposrednim sodelovanjem pri meritvah ter analizah. Program nudi možnost za usposabljanje slovenskih raziskovalcev na področju uporabe sinhrotronske svetlobe v fiziki površin in novih materialov in s tem prenos znanja in visoke tehnologije v domače raziskovalne institucije in v industrijo. Udeležba pri raziskavah v zvezi s fuzijo ter laserjem na proste elektrone načeloma omogoča stik z najnaprednejšimi tehnologijami, ki se uporabljajo pri konstrukciji tokamaka ITER ter izvirov FEL. Te tehnologije bodo v naslednji fazi uporabljene pri komercializaciji, hkrati pa nudijo možnosti za sprotni spin-off. Aktivno sodelujemo pri iskanju rešitev pri onesnaženju okolja s težkimi kovinami in prahom ter pri projektu ohranjanja dokumentov iz kulturne dediščine. Podobno študijo s prstjo, kot je tista iz Cornwalla (onesnaženje z As) smo začeli izvajati na območju Slovenije (Cd, Pb v Mežiški dolini). Sodelujemo na projektu analiz onesnaženja prsti s kovinami (Cu, Fe) v vinogradih na področju zahodne Slovenije in Furlanije, ki so osnova za razvoj uspešnih sanacijskih tehnik. V sodelovanju z Narodno in univerzitetno knjižnico v Ljubljani analiziramo razgradnjo celuloze v historičnih rokopisih zaradi korozivnih lastnosti železo galnih črnih. Pri metodiki vzorčevanja in določanju elementnih koncentracij z ionskim žarkom v aerosolih smo v preteklosti dosegli konkretne rezultate in predvidene so raziskave v zvezi s problemom prašenja znotraj bivanjskih in delovnih prostorov (delavnice, produkcijski obrati), kjer so dihalne obremenitve za ljudi velikokrat večje kot prostem. Razviti in uporabljati nameravamo prenosni XRF analizador, ki bo omogočal analize prahu in-situ in v realnem času. O rezultatih poročamo na javnih delavnicah, v delovnih okoljih ter v znanstvenih publikacijah. Iz posnetih elementnih kart na hitro zamrznjenih posameznih delov teh rastlin v sodelovanju z biologi odkrivamo ključne točke delovanja hipeakumulatornih procesov in preučujemo specifične lastnosti slovenskih kulturnih rastlin kot je ajda.

ANG

Our expertise with x-rays (EXAFS, XANES, RIXS, XPS) and ion beam methods (PIXE, RBS, ERDA, NRA) together with their micro- versions allows Slovenian laboratories (as well as those from abroad) working in the field of material research, geology, chemical synthesis, pharmacology, biology, vacuum technology, environmental research and cultural heritage preservation to approach modern analytical methods with synchrotron light and ion beams. So far our measurements are performed at synchrotron research centers HASYLAB, ESRF, ELETTRA, BESSYII and at the ion beam facility Mikroanalytical Center IJS in Ljubljana, where mostly our own instrumentation is used. We participated in the development of several technologically important materials, such as microporous catalysts, superconducting and ferroelectric ceramics, surfactants, thin layer and self-cleaning coatings and some pharmaceutical molecules. We are also active in solving the environmental problems due to pollution with heavy metals, pesticides and biological agents, and in preservation of the cultural heritage. A constant presence in the international research centers allows for a research work of enduring quality, the access to the foreign knowledge and indirectly, a generation of a positive image of Slovenia. A regular access to the synchrotron and ion accelerator beamtime is important also from the pedagogical point of view to demonstrate to students a wealth of experimental approaches which are developed to efficiently use the available resources. These techniques are also presented in a number of academic programs at the undergraduate or graduate level. The students can gain the knowledge of modern characterization techniques with synchrotron light and ion beams by direct involvement in our measurements and by the participation in data analysis. Equally, the program provides the opportunity for Slovene scientists to gain experience in the surface and material science and for the transfer of the high-technology know-how to the research and industrial labs. Our involvement with the fusion and free electron laser related research allows, in principle, the contact with the most advanced

technologies for the construction of ITER and FEL sources. In the next phase these technologies will be commercialized and they offer the opportunity for the spin-off activities. We are actively collaborating in finding the solutions for the environment reconstruction due to the heavy metal and dust pollution and we are involved in the restoration project of important documents of the cultural heritage. Similar studies of the soil as performed for the Cornwall region (As pollution) we have started in Slovenia in Mežiška valley (Cd and Pb pollution). We will concentrate on studying the possibilities of toxic metal transfer into the food chain due to the accumulation in plants and on their bioavailability due to respiratory and gastrointestinal uptake. An analysis of vineyard soils from southwest Slovenia and Friulia for contamination with Cu and Fe through intensive agricultural methods is under way; the results will be used in devising the efficient recovery measures. In collaboration with the National Library, historic documents are examined for the decomposition of the cellulose by the corrosive action of iron-gall inks. In the past we have successfully developed sampling and ion beam analysis techniques to determine elemental concentrations in aerosols. We reported the results at public workshops, working environments and in the research papers. A proton microbeam is used to generate high resolution elemental maps of frozen biological samples, for example to study the mechanisms of plant hyper accumulators of toxic metals.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji		
- doktorati	4	3
- specializacije		
Skupaj:	4	3

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	3		
- gospodarstvo			
- javna uprava			
- drugo	1		
Skupaj:	4	0	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	http://www.p-ng.si/~arcon/xas	
2.	http://www.p-ng.si/~arcon/xas-si	
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	0

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

5. OP EU:

1) INKCOR, EVK4/CT/2001/00049 "Stabilization of iron gall ink containing paper".

6 OP EU: Euroatom, FU06-CT-2003-00010

1) EUROATOM FU06-CT-2003-00010 ter EURATOM-MHEST, P2: "Interaction of vibrationally excited hydrogen with fusion relevant materials", št. pog. 3211-05-000017.

2) EURATOM-MHEST, P5: "Application of ion beam analytical methods to the studies of plasma wall interaction in tokamaks", št. pog. 3211-05-000017

Odobren in realiziran merilni čas za projekte, ki so jih predlagali člani tega programa v obdobju januar 2004 - april 2008 na evropskih sinhrotronih v skupnem trajanju 4800 ur po letih:

2004:

1). "X-ray absorption studies on random alloys", II-01-044, HASYLAB@DESY, Hamburg, Nemčija, 4.7. do 20. 7. 2004, 16 x 24 ur.

2005

2). "Atomic absorption in the L-edge region", HASYLAB, DESY, II-04-065 EC, odobreni merilni čas 24.5-6.6.2005.

3). "EXAFS analysis of the B-site ion disorder in the paraelectric phase of strontium titanate SrTiO₃", ELETTRA, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2005156, odobreni merilni čas 12.7-15.7.2005.

4). "XAS studies of Ti, Mn and Fe cations local environment in catalysts for oxidation reactions" ELETTRA, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2005247, odobreni merilni čas 15.7.-17.7.2005 in 22.11.-24.11.2005.

5). "Degradation and stabilisation of iron gall ink containing paper", SRS Daresbury, št. eksperimenta 45330, odobreni merilni čas 13.10.-21.10.2005.

6). "Submonolayer phases of Cu-Pc/Au(110) formation", ELETTRA, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2005375, odobreni merilni čas 11.10.2005-15.10.2005.

7). "Resonant Raman effect in the region of Xe L edge studied by high resolution X-ray spectroscopy", ELETTRA-XAFS beamline, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2004776, odobreni merilni čas 12.5.2005-19.5.2005.

8). "Lifetimes of doubly excited He in static electric field", ELETTRA-GAPH beamline, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2005256, odobreni merilni čas 28.11.2005-3.12.2005.

9). "Submonolayer phases of Cu-Pc/Au(110) formation" ELETTRA, HASPES beamline, 24x8 ur.

2006:

10). "Atomic Absorption in the L-edge Region", HASYLAB, DESY, II-04-065 EC, odobren in realiziran merilni čas 21.3 do 29. 3. 2006 (8 x 24 ur), 28. 11 do 4. 12. 2006 (6 x 24 ur).

11). "High resolution studies of the resonant Raman and anomalous elastic X-ray photons scattered from atoms and molecules", ELETTRA-XAFS, long-term project, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2006109, odobreni merilni čas 9.10.-15.10.2006.

- 12). "Anomalous elastic scattering of x-ray photons near Ar K edge", ELETTRA-XAFS beamline, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2005635, odobreni merilni čas 7.2.2006- 13.2.2006.
- 13). "XAFS study of La and Zr local environment in amorphous precursors of La₂Zr₂₀7 ceramics", ELETTRA-XAFS beamline, od 1. 11. do 6. 11. 2006, 5 x 24 ur.
- 14). "Molecular Orientation of thin PTCDA films by means of angle resolved Resonant Photoemission", ELETTRA - ALOISA beamline, 21 x 8 ur.

2007:

- 15). "XAS Studies of Ti, Mn and Fe Cations Local Environment in Catalysts for Oxidation Reactions", ELETTRA-XAFS, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2005247, 28.3.-2.4.2007 (5 x 24 ur)
- 16). "High resolution studies of the resonant Raman and anomalous elastic X-ray photons scattered from atoms and molecules", ELETTRA, long-term project, RII3-CT-2004-506008, št. eksperimenta 2006109, odobreni merilni čas 18.-26.3.2007 in 22.-29.8.2007.
- 17). In-house merilni čas na povabilo na žarkovni liniji ID26 z visokoločljivim spektrometrom za rentgenske žarke (dr. P. Glatzel), ESRF-Grenoble, merilni čas 29.3.2007-10.4.2007 ter 4.9.2007 - 25.9. 2007.
- 18). "XAS studies of Ti, V, Mn and Fe local environment in hierarchical porous catalysts", ELETTRA-XAFS beamline, odobren in realiziran merilni čas ter 29.8.-5.9.2007 (5 x 24 ur).
- 19). "Atomic Absorption in the L-edge Region", HASYLAB, DESY Hamburg, odobren in realiziran merilni čas 24.6.-3.7.2007 (8 x 24 ur) ter 27.11-3.12.2007 (6 x 24ur).
- 20). "Atomic x-ray absorption of iodine by thermal decomposition of I₂ vapor", ESRF - Grenoble, odobren in realiziran merilni čas od 4.7. do 10.7.2007 (7 x 24 ur)
- 21). "Charge transfer dynamics at hetero-organic interface studied by resonant photoemission". ELETTRA- ALOISA beamline, št. eksperimenta 2007679, 21 x 8 ur.

2008 (že realizirano):

- 22). "RIXS spectroscopy of sulfur containing molecules around the 1s threshold", ESRF-ID26 beamline, št. eksperimenta HE-2788, odobreni merilni čas 8.4.2008-15.4.2008, inhouse merilni čas 16. - 29.4.2008.

Bilaterale:

- 1) BI-HU/04-05-013 Visokoločljivostna rentgenska spektroskopija - orodje za študij atomskih procesov v notranjih lupinah ter njena potencialna aplikativna uporaba.
- 2) BI-HR/04-05-028 Globinsko profiliranje vodika in drugih lahkih elementov v tankih plasteh z metodo elastično odrinjenih ionov (ERDA).
- 3) BI-HR/04-05-025 Rečni sedimenti kot indikatorji obrabe sten in možnega antropogenega onesnaženja
- 4) BI-SC/04-05-023 Trki med elektroni in molekulami - ioni iz disociativnih procesov
- 5) BI-ES/04-05-010 "Preparation and characterization of ternary metallic nitride coatings and duplex structures with improved corrosion and oxidation resistance".
- 6) BI-FR/02-04 -15, Koincidenčna spektroskopija atomov in molekul, bilateralni projekt z DIAM, Pariz, Francija.
- 7) BI-FRA 2006-2007, "Low dose cell irradiation: effect of geometrical confinement", sodelovanje s skupino iz Laboratorija "Pierre Sue", Saclay, Francija.
- 8) BI-FRA 2005-2006, Študij večdelčnih atomskih relaksacij z magnetno steklenico, bilateralni projekt Slovenija-Francija.
- 9) BI-FR07-PROTEUS-010, Nove tehnike detekcije pri pulznih koincidenčnih poskusih. Sodelovanje s CNRS-UMR 7614, Pariz, Francija.
- 10) BI-HU/16/2005, 2006-2007, Application of scanning nuclear microprobe techniques in the field of nanotechnology and microbiology, s skupino iz instituta ATOMKI, Debrecen.
- 11) BI-IT/03-05-026, "Študij elektronskih in strukturnih lastnosti ultratankih filmov in mejnih plasti", bilateralni projekt Slovenija-Italija.
- 12) UK-SLO Partnerships in Science Project : PSP 21/2005 In Situ Monitoring Approaches for Soils Contaminated with Arsenic and Other Toxic Element (2005)
- 13) UK-SLO Partnerships in Science Project : PSP No. 1/2006 Development of environmental assessment methodology for lead-contaminated land around a former lead mine, Meža valley, Slovenia (2006)
- 14) UK-SLO Partnerships in Science Project : PSP 1/2007 Development of environmental assessment methodology for soil contaminated with heavy metals (2007)
- 15) Japonsko-Slovenski projekt "Application of proton microbeam in environmental research" za obdobje 2007-2009, s skupino iz Tohoku University, Sendai, Japonska.

Razno:

- 1) IAEA, Dunaj, CRP F12019, Development of Nuclear Microprobe Techniques for the Quantitative Analysis of Individual Microparticles, Subproject "Nuclear microprobe analysis of individual microparticles found inside fusion reactors, tissues, paints and environment". Trajanje

2005-2006.

2) 2004-2007 EU INTERREG IIIA ITA-SLO Crossborder Collaboration Programme: "Creazione di rete di ricerca Italo-Slovena per lo studio dei materiali nanostrutturati e l'utilizzo della radiazione di sincrotrone", Laboratorio TASC-INFM, Area Science Park, Trst, Italija.

3) Partnerji na projektu COST 539: Electroceramics from nanopowders produced by innovative methods (Elektronska keramika iz nano-prahov, pripravljenih po inovativnih postopkih)

4) Partnerji na projektu: Centre for advanced processing, technologies and materials for ceramic electro and electromechanical devices, Contract no.: G1MA-CT-2002-04029

5) Partnerji na projektu PHARE št. 4905802-01-01-0013, "Monitoring of air pollution by aerosols PM10", ki se je začel konec leta 2004. Z naše strani smo odgovorni za PIXE analize aerosolnih vzorcev ter izdelavo večkanalnega vzorčevalnika.

6) COST-528 "Chemical solution deposition on thin films", prispevali smo EXAFS raziskave ter

7) COST-633 "Particulate Matter: properties related to health effects", prispevali smo PIXE analize aerosolov.

8) partnerji MED POL ME/6030-00-04 BL2209, 2122, Development of the Medpol Phase III data base.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

- "Analize in vzorčevanje aerosolov", U1-BL-F2-229/04, naročnik Univerza na Primorskem. - "Ovrednotenje vsebnosti kemijskih elementov", naročnik Univerza na Primorskem.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

□

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Odločilen je zračni filter za motojem
Opis	V članku so opisane primerjalne meritve koncentracije prahu v zraku pred vstopom in po izstopu iz različnih vrst talnih sesalnikov. Ugotovljeno je, da nekateri sesalniki oddajajo v zračni izpust več prašnih delcev, kot jih je zaznati na njihovem vhodu. Predvsem gre za fin ogljikov prah, ki se sprošča pri obrabi krtačk.
Objavljeno v	Delo dom, 2007, letn. 15, no. 44, str. 36-40
COBISS.SI-ID	21294119

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Od novih materialov do sanacije okolja.
Opis	Članek poljudno predstavlja različne nove materiale in njihove raziskave s sinhrotronsko svetlobo in metodo EXAFS in XANES.
Objavljeno v	Primorske novice. [Tiskana izd.], 17. dec. 2008, leto 62, št. 292, str. 23, ilustr.

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Matematična fizika I Matematična fizika II Fiz. praktikum I Fiz. praktikum II Fiz. praktikum III Fiz. praktikum IV Modelska analiza Matematična fizika Atomska fizika Ionske metode Fizikalna merjenja I Fizikalna merjenja I Fizika površin
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni dodiplomski - Fizika Univerzitetni dodiplomski - Fizika Univerzitetni dodiplomski - Fizika Univerzitetni dodiplomski - Fizika Univerzitetni dodiplomski - Fizika Univerzitetni dodiplomski - Fizika Univerzitetni dodiplomski - Fizika Visokošolski strokovni program Fizika Podiplomski program Fizika kondenzirane materije Podiplomski program Jedrska tehnika Univerzitetni program Fizika Visokošolski strokovni program Fizika Podiplomski program Fizika kondenzirane materije
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani
2.	Naslov predmeta	Karakterizacija sestave in strukture
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski program Nanoznanosti in nanotehnologije
	Naziv univerze/fakultete	Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
3.	Naslov predmeta	Elektronske in ftonske spektroskopije Rentgenske spektroskopije Rentgenska absorpcijska spektrometrija Fizika Merjenje in instrumentacija

	Vrsta študijskega programa	Podiplomski študijski program Karakterizacija materialov Študijski program II. stopnje Eksperimentalna fizika Študijski program I. stopnje Inženirska fizika Univerzitetni študijski program Okolje Magistrski študij stojništva in menedžmenta
	Naziv univerze/ fakultete	Fakulteta za podiplomski študij, Univerza v Novi Gorici Fakulteta za aplikativno naravoslovje, Univerza v Novi Gorici Fakulteta za znanosti o okolju, Univerza v Novi Gorici Poslovno - tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici
4.	Naslov predmeta	Fizika I Fizika II Fizika - Izbrana poglavja Temelji klasične fizike Valovanje in zgradba snovi Fizika Temelji klasične fizike Fizika Fizika Eksperimentalna fizika Tehniška fizika Tehniška fizika
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni program Strojništvo Univerzitetni program Strojništvo Magistrski študijski program Strojništvo Bolonjski univerzitetni program Strojništvo Bolonjski univerzitetni program Strojništvo Bolonjski univerzitetni program Strojništvo Bolonjski univerzitetni program Gospodarsko inženirstvo Univerzitetni program Tekstil Bolonjski univerzitetni program Oblikovanje in tekstilni materiali Univerzitetni program Tekstil Visokošolski program Strojništvo Visokošolski program Tekstil
	Naziv univerze/ fakultete	Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru
5.	Naslov predmeta	Fizika Fizika
	Vrsta študijskega programa	Visokošolski strokovni študijski program rudarstva in geotehnologije Univerzitetni študijski program rudarstva in geotehnologije
	Naziv univerze/ fakultete	Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
6.	Naslov predmeta	Biofizika

	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni program
	Naziv univerze/fakultete	Veterinarska fakulteta Ljubljana, Univerza v Ljubljani
7.	Naslov predmeta	Izbrana poglavja iz fizike
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni program Biotehnologija
	Naziv univerze/fakultete	Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar [15](#)

***LETNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU
RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETU 2009***

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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	3030 Andrej Polajnar
Obseg raziskovalnih ur	skupaj: 7.650 od tega v letu 2009: 2.550
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2011
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 585 Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

Raziskovalni program-Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja-ostaja s svojimi vsebinami in rezultati za slovensko gospodarstvo izjemno pomemben program. Področje proizvodnega oziroma inženirskega menedžmenta kot izrazito interdisciplinarno področje je ključnega pomena za dvig inovativnosti v naših podjetjih, saj se ukvarja z razvojem novih izdelkov in storitev, organizacijskimi in tehničskimi inovacijami ter menedžmentom proizvodnje. Slovenska podjetja imajo ogromno rezerv pri organizaciji svojih tehniških in poslovnih procesov; znanja, ki jih bodo pridobila, pa bodo neposredno dvignila dodano vrednost njihovih izdelkov. Raziskovanje na interdisciplinarnih področjih, kjer prihaja do prekrivanja vsebin tehničnih in organizacijskih ved, omogoča večjo fleksibilnost pri prilagajanju spremembam v poslovnem okolju, zagotavlja celovito razumevanje delovanja proizvodnih sistemov, tako s statičnega kot dinamičnega vidika, in doseganje konkurenčne prednosti proizvodnih in tehnično usmerjenih storitvenih podjetij. Projektni menedžment postaja vodilno menedžersko orodje v podjetjih in drugih organizacijah. Le z dobro planiranimi in izvedenimi projekti lahko dvigamo konkurenčnost podjetij in celotnega gospodarstva, hkrati pa izvajamo strategije in črpamo denar iz evropskih skladov. V času prehoda v svet nanotehnologij pa postaja tudi področje meroslovja eno izmed ključnih področij pri razvoju novih izdelkov in tehnologij. Dimenzionalna metrologija – v programu so tri glavna področja raziskav: vpeljava in uporaba primarnega etalona za dolžino (laserski etalon frekvence), kalibracije na koordinatnem merilnem stroju ob uporabi laserskega interferometra in akreditacija kalibracijskih postopkov ter razvoj in izdelava 3D etalonov in postopkov za kalibracijo optičnih skenirnih 3D merilnih naprav.

ANG

Research programme Advanced concepts in production management and dimensional metrology is still with its content and results very important programme for Slovenian economy. The production management and industrial management as two extremely inter-disciplinary areas are essential to raise innovation level in Slovenian companies, since both areas deal with new product and services development, technical and organisational innovation and management of

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

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Proizvodni menedžment

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

Dimenzionalna metrologija

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

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

ANG

Production management

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

Dimensional metrology

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

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Programska skupina je edina v Sloveniji, ki združuje tehnično-tehnološka znanja v proizvodnem strojništvu z znanji s področja menedžmenta (proizvodnje), torej združuje strojno-tehnološka in poslovno-organizacijska znanja. Pri tem se navezuje na strateški in predvsem projektni management pri izvajanju strategij in projektov, ne samo povezanih s proizvodnjo, temveč širše s celovitim strateškim načrtovanjem v podjetjih in širšem okolju. Skupina tako opravlja edinstveno povezovalno, interdisciplinarno vlogo z izrazitim prispevkom k boljši konkurenčnosti proizvodnih podjetij, izkoriščanju poslovnih priložnosti ter trajnostnega razvoja Slovenije. Pomena raziskovalne skupine se zavedajo v slovenskih podjetjih in evropskih raziskovalnih ustanovah, s katerimi skupina uspešno sodeluje. Vključenost raziskovalcev z različnim strokovnim profilom je pogoj za optimalno izrabo možnosti sodobnih analitičnih in raziskovalnih metod ter vsebinsko interpretacijo raziskovalnih dognanj. Koncepti, ki bodo razviti v raziskovalnem programu, bodo ob teoretični ustreznosti (na osnovi raziskav v realnem poslovnem okolju) usmerjeni k aplikativnemu reševanju problemov v proizvodnih podjetjih. Tako bodo pripomogli k povečanju konkurenčnosti podjetij in prispevali h gradnji inovativnega,

učinkovitega in na znanju temeljčega gospodarstva z dolgoročno stabilno rastjo. Konkurenčnost slovenskih proizvodnih podjetij je v veliki meri odvisna od njihovih sposobnosti za integracijo naprednih proizvodnih tehnologij in upravljanje tehnološke baze in informacijskih tokov in pa predvsem uspešnega izvajanja investicijskih projektov zagotavljanja proizvodnje. Rezultati raziskav bodo pripomogli k razvoju znanja, ki bo omogočalo prenos razvojnih in tehnoloških dosežkov v konkurenčne prednosti in izkoriščanje poslovnih priložnosti. Tu se vidi vloga projektnega menedžmenta, saj postaja projektno izvajanje strategij v obliki učinkovite proizvodnje projektov nujnost v podjetjih in ostalih sferah, kar je ključnega pomena za črpanje evropskih sredstev, pripravo in izvedbo nacionalno pomembnih projektov, ki so zapisani tudi v nacionalni strategiji do leta 2023. Posebej je potrebno poudariti, da je prijavljen raziskovalni program temelj za razvoj interdisciplinarnega do- in podiplomskega študijskega programa Gospodarsko inženirstvo, ki ga v prenovljeni obliki po Bolonjskem sistemu izvajata Fakulteta za strojništvo in Ekonomsko-poslovna fakulteta. Na področju meroslovja bodo rezultati raziskav – predvsem novi etaloni ter kalibracijske metode in postopki omogočili dvig mednarodne primerljivosti kalibracijskih rezultatov zelo pomembnih etalonov (posebej moramo izpostaviti primarni etalon, ki ga do sedaj še ni bilo) in merilnih sistemov, kar bo omogočilo boljše intergracijo slovenskega meroslovnega sistema v mednarodno meroslovno infrastrukturo. S povečanjem ugleda slovenskega meroslovja se seveda tudi slovenski industriji omogoči lažje mednarodno trgovanje predvsem na področju ugotavljanja skladnosti izdelkov. Širjenje in izboljšava etalonske baze bosta imeli za posledico izboljšanje industrijskih zmožnosti na področju geometrijsko zahtevnih proizvodov. Predvsem pomembno je to za naraščajoče število slovenskih dobaviteljev svetovni avtomobilski industriji.

ANG

The research programme is the only one in Slovenia that integrates technical-technological knowledge in production engineering with production management, therefore it combines mechanical engineering and business and organisational knowledge. As such it is fasten to the strategic management and especially project management for strategy and projects implementation, not only in connection with production but wider with holistic planning in companies and extensive environment. The research group performs a unique integrating, interdisciplinary role with results that contribute to increase of competitiveness of manufacturing companies, to taking advantage of business opportunities and sustainable development of Slovenia. Our companies are aware of the importance of the research programme, as well are foreign R&D institutions with which we have excellent partnerships. The inclusion of researchers with different professional and scientific background is a necessary condition for an optimum use of the modern analytical and research methods and interpretation of research findings. The concepts that will be developed will beside theoretical adequacy (research in real companies) focused on applicative solution finding in manufacturing companies. The research results will therefore contribute to increase of competitiveness of companies and foster building innovative, efficient and on knowledge-based economy with long term stable growth. Competitiveness of Slovenian manufacturing companies to a large extent depends on their capabilities to integrate advanced manufacturing technologies and manage technological data and information flows as well as successful implementation of investment projects for assuring production. The research results will help with building knowledge that will enable transfer of R&D and technological results in competitive advantage and seizing business opportunities. Here we can see the role of project management because the project oriented strategy implementation as a project production is becoming inevitably in companies and other environment. Project management competences are of crucial importance for acquiring European (financial) means and for preparation and implementation important national projects, written in national strategy till the year 2023. We have to emphasise that the research programme is a basis for development of interdisciplinary study programme Industrial Management that is currently implemented according to Bologna process by Faculty of mechanical engineering and Faculty of Economics & Business. In the field of measurement science, results of scientific work (especially new measurement standards and calibration methods in connection with primary measurement standard, not present in Slovenia until now) will enable rise of level of international comparability of calibration results and measurement systems. Better integration of Slovenian metrology system into global metrology infrastructure will be enabled. By higher reputation of Slovenian metrology also Slovenian industry will easier resolve matters in foreign trade, where product conformity is needed (e.g. CE-mark). Widening and enhancement of measurement standards base are going to enhance industrial capabilities in the field of highly geometrically pretentious products, what is of great importance for increasing number of Slovenian automotive industry suppliers, where demands of technical specification ISO TS 16949 and other standards in this branch, concerning reliable measurements protocols and documents as quality conformance proofs are very high.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

Na področju proizvodnega menedžmenta smo izvedli sledeče elemente programa:

1. raziskava 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 ...). Anketo smo poslali na približno 600 slovenskih podjetij in dobili 70 odgovorov. Sledila je analiza rezultatov, ki bo objavljena v letu 2010.
2. V slovenskih podjetjih smo izvedli anketno raziskavo o stanju vitke proizvodnje in 6 sigme. Izvedena raziskava je prva obsežnejša raziskava na tem področju v Sloveniji. Raziskavo smo izvedli v 72 slovenskih podjetjih iz področja strojne in elektro-strojne industrije v obdobju od novembra 2009 do januarja 2010. Izvedba raziskave obsega tri faze: natančen pregled obstoječe literature, z namenom, da se določijo glavne vplivne dimenzije za področje vitke proizvodnje in 6-sigme; oblikovanje vprašalnika (v njem je 65 vprašanj (oblikovanih po pravilih Likertove lestvice) o vitki proizvodnji in 48 vprašanj o 6 sigmi, rezultate vprašalnika bomo preučili z vidika veljavnosti in zanesljivosti in jih nato analizirali z uporabo eno- ali več-variantnih statističnih metod.
3. V okviru leta inovativnosti in ustvarjalnosti smo pristopili k raziskavi in razvoju orodja za določitev inovacijske moči neke organizacije. Pri tem smo inovacijsko moč definirali z določitvijo inovacijskih kompetenc organizacije ter njenih zaposlenih (ovrednotili smo management, kulturo in znanje) in inovacijskim potencialom organizacije, kjer smo merili finance, tehnologijo in trg.
4. Na področju vodenja proizvodnje so bile izvedene intenzivne raziskave problema terminiranja proizvodnih procesov s pomočjo genetskih algoritmov (GA). Preučene so bile obstoječe metode reševanja, katere smo nadgradili z lastnim programom za terminiranje, neodvisnim od poznanih metod, katerega učinkovitost je bila potrjena z reševanjem veljavnih "benchmark" problemov (doseganje optimuma 96-100 % po kriteriju minimalnega skupnega časa izvajanja vseh operacij). V uporabljeni GA metodi pot do rešitve ni določena, saj jo sistem najde sam. Evolucija možnih rešitev poskrbi, da obdržimo le najboljše. Zajeti so bili tudi najzahtevnejši NP problemi (nedeterministični polinomski čas reševanja), kjer čas iskanja rešitve eksponentno narašča in govorimo o kombinatorični eksploziji.
5. Razvit je bil večparametrski model napovedovanja sprejemljivosti izdelka na trgu, kar pomeni, da lahko z modelom in s poznavanjem značilnosti trenda zajamemo in pričakujemo te oblike izdelkov, še preden se tržišče tega zave. Tovrstno napovedovanje razvoja je lahko odločilna strateška prednost podjetja.

Področje projektnega menedžmenta:

Razvoj in uvajanje naprednih konceptov menedžmenta tako povezuje strateški, inovacijski in projektni menedžment. Glede na to smo postavili raziskovalno hipotezo: za uspešen razvoj naprednih konceptov proizvodnega menedžmenta mora biti vzpostavljena povezanost med strateškim ter inovacijskim in projektnim menedžmentom, kar zahteva ustrezne procesne in organizacijske rešitve, ki pomembno vplivajo na organizacijo procesov razvoja podjetja in menedžmenta nasploh. Raziskava je bila usmerjena v oblikovanje modelov povezovanja inovacijskega s projektnim menedžmentom predvsem z proučevanjem znanstvenih in strokovnih virov, na osnovi analize povezovanja omenjenih menedžmentov v izbranih primerih predvsem s procesnega in organizacijskega vidika. Znanstvena spoznanja in rezultati so naslednji:

- inovacijski menedžment mora biti povezan, kadar je govora o razvoju in uvajanju nekega razvojnega področja, s strateškim in projektnim menedžmentom,
- inovacijski menedžment se vključuje v proces projektnega izvajanja strategij (ta se deli na oblikovanje strategij(e), pripravo zagona projektov ali programa projektov, izvajanje projektov; govorimo o strateški inovativnosti, projektna zagonska inovativnost in projektno izvedbena inovativnost.
- Projektno poslovanje, ki je posledica zagona strategij mora biti plansko usklajeno z letnim planiranjem poslovanja, kar v praksi in tudi literaturi ni zadovoljivo obdelano, razen za investicijske projekte oz. splošno investicije v širšem pomenu besede; to je bila ciljna usmeritev tudi za drugi del raziskave.

Področje meroslovja:

1. zaključene so teoretične raziskave laserskega sevanja, vplivov na spremembe frekvence, vplivov okolice na valovno dolžino
2. izvedena je bila karakterizacija primarnega laserja na »comb« generatorju na Dunaju (BEV)
3. na Dunaju so bile opravljene meritve v ključni BIPM medlaboratorijski primerjavi Euramet.L-K11
4. izdelan je bil model za vrednotenje negotovosti kalibracije laserskih frekvenc
5. izdelan je bil matematični model meritve na koordinatnem stroju ob uporabi laserskega interferometra (sistem KMN-LI), ovrednotena pa tudi merilna negotovost za kalibracije zunanjih in notranjih dimenzij
6. izdelane so bile konstrukcijske variante etalona za kalibracijo optičnih 3D naprav

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

V okviru celovite raziskave Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja smo si kot cilj postavili, kako se ti koncepti razvojno oblikujejo in hkrati tudi uvajajo v industrijsko okolje. Pri tem smo ugotovili s proučevanjem, da moramo razvoj in uvajanje teh konceptov povezati s strategijo poslovnega subjekta, z njeno projektno izvedbo, kar tvori projektno poslovanje, ki mora biti povezano z letnim planiranjem poslovanja nasploh.

Ocenjujemo, da smo cilje raziskave ne glede na sprotne zadane dopolnitve ciljev zastavljene raziskovalne cilje dosegli.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

Ni bilo spremembe programa na področju proizvodnega menedžmenta.

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

Ni bilo spremembe programa na področju dimenzionalne metrologije.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat	
1. Naslov	<i>SLO</i> Potencial LENS tehnologije
	<i>ANG</i> Potential of laser engineered net shaping (LENS) technology
Opis	<i>SLO</i> Prispevek govori o organizacijskih vidikih uporabe ene bolj obetavnih in naprednih tehnologij "laser engineered net-shapping technology" - LENS. Obvladovanje visokih tehnologij ni zgolj tehnološki izziv, ampak tudi organizacijski. V prispevku smo predstavili možnosti uporabe take tehnologije v praksi ter prednosti njene uporabe.
	<i>ANG</i> This paper deals with organisational aspects of one of the most promising and sophisticated technologies utilisation - "laser engineered net-shapping technology" - LENS. Managing high-technologies is not just technological challenge, but also organisational. This paper presents the application possibilities of this technology and its advantages.
Objavljeno v	PALČIČ, Iztok, BALAŽIČ, Matej, MILFELNER, Matjaž, BUCHMEISTER, Borut. Potential of laser engineered net shaping (LENS) technology. Mater. manuf. process., 2009, vol. 24, no. 7/8, str. 750-753, doi: 10.1080/10426910902809776. [COBISS.SI-ID 13243670],
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

	COBISS.SI-ID	13243670
2.	Naslov	<i>SLO</i> Napredni problemi proizvodnega menedžmenta
		<i>ANG</i> Advanced problems in production management
	Opis	<i>SLO</i> Znanstvena monografija obravnava novejša, napredne in kompleksne probleme na področju proizvodnega menedžmenta. Združuje raziskovalno delo doktorskih študentov v Laboratoriju za načrtovanje proizvodnih sistemov. Izdali smo jo pri mednarodni založbi DAAAM International Publishing na Dunaju.
		<i>ANG</i> Scientific Monograph deals with novel, advanced and complex problems in the field of production and operations management. It comprises the research work of doctoral students from Laboratory for Production and Operations Management. The book was published by international publisher DAAAM International Publishing in Vienna.
	Objavljeno v	POLAJNAR, Andrej, KALPIČ, Branko, LEBER, Marjan, KREMLJAK, Zvonko, BUCHMEISTER, Borut, PIŽMOHT, Petja, VUJICA-HERZOG, Nataša, PALČIČ, Iztok. Advanced problems in production management, (DAAAM publishing series, Production management). Vienna: DAAAM International Publishing, 2009. VI, 280 str., graf. prikazi. ISBN 3-901509-81-X. ISBN 978-3-901509-81-0. [COBISS.SI-ID 63462657]
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
COBISS.SI-ID	63462657	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Povezava med proizvodnimi strategijami, benčmarkingom, merjenjem izvedbe in prenovo poslovnih procesov
		<i>ANG</i> Linkages between manufacturing strategy, benchmarking, performance measurement and business process reengineering
	Opis	<i>SLO</i> V članku so podani rezultati anketne raziskave s katero smo preučevali medsebojni vpliv proizvodne strategije, benčmarkinga, prenove poslovnih procesov in sistema kazalnikov za vrednotenje poslovanja podjetja. Raziskavo smo izvedli v 73-ih srednjih in velikih slovenskih proizvodnih podjetjih iz kovinsko-predelovalne in elektro-strojne industrije. Za testiranje šestih hipotez smo uporabili kanonično korelacijo. Rezultati raziskave potrjujejo potrebo po prenovi procesov v povezavi s strategijo podjetja in pozitiven učinek kazalnikov za merjenje uspešnosti poslovanja na izvedbo procesa prenove.
		<i>ANG</i> The paper presents an empirical analysis for researching linkages between manufacturing strategy, benchmarking, Performance Measurement (PM) and Business Process Reengineering (BPR). The survey research was carried out in 73 medium and large-sized Slovenian manufacturing companies within the mechanical, electro-mechanical and electronic industries. Canonical correlation analysis was used to test six hypotheses. The results confirmed the need for a strategically-driven BPR approach and the positive impact of performance measurement on BPR performance.
	Objavljeno v	VUJICA-HERZOG, Nataša, TONCHIA, Stefano, POLAJNAR, Andrej. Linkages between manufacturing strategy, benchmarking, performance measurement and business process reengineering. Comput. ind. eng.. [Print ed.], Oct. 2009, vol. 57, iss. 3, str. 963-975, doi: 10.1016/j.cie.2009.03.015.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13442838	
4.	Naslov	<i>SLO</i> Robustni algoritem za določitev sredine črtice v video-pozicionirnem merilnem sistemu
		<i>ANG</i> Robust algorithm for determining line centre within a video positional measuring system
	Opis	<i>SLO</i> Članek predstavlja izvirno znanstveno-razvojno delo na področju precizne kalibracije črtnih meril z laserskim interferometrom in video-pozicionirnim sistemom. Jedro prispevka predstavlja algoritem za avtomatsko detekcijo sredine merjene črtice, ki je bil v celoti razvit v LTM in realiziran v programskem okolju LabView.
		<i>ANG</i> The article is presenting original scientific and development work in the field of precise line scale calibration by using laser interferometer and video-positioning system. The presentation is focused into algorithm for automated detection of the centre of a measured line, which was developed in LTM and applied in the programme environment LabView

	Objavljeno v		DRUŽOVEC, Marjan, AČKO, Bojan, GODINA, Andrej, WELZER-DRUŽOVEC, Tatjana. Robust algorithm for determining line centre within a video positional measuring system. Opt. lasers eng.. [Print ed.], nov. 2009, vol. 47, iss. 11, str. 1131-1138, doi: 10.1016/j.optlaseng.2009.06.017. [COBISS.SI-ID 13642518]
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13642518
5.	Naslov	SLO	Merilna negotovost pri kalibraciji ravnosti merilnih miz
		ANG	Measurement uncertainty in calibration of measurement surface plates flatness
	Opis	SLO	V prispevku so opisane različne metode kalibracije ravnosti merilnih miz ter znanstvena analiza in medsebojna primerjava metod na osnovi merilne negotovosti. V algoritmu za vrednotenje merilnih negotovosti so upoštevani gostota merilne mreže, vliv odstopanja od ravnosti, okoljski parametri, sposobnost merilnih instrumentov in programska oprema za vrednotenje merilnih rezultatov.
		ANG	The article is describing different calibration methods for calibrating surface plates as well as scientific analysis and intercomparison of the applied methods, which is based on measuring uncertainty. Algorithm for evaluating measuring uncertainty considers measuring net density, influence of flatness deviation, environmental parameters, capability of measuring instruments, and software for evaluating measurement results.
	Objavljeno v		GUSEL, Andrej, AČKO, Bojan, MUDRONJA, Vedran. Measurement uncertainty in calibration of measurement surface plates flatness. Stroj. vestn., 2009, vol. 55, no. 5, str. 286-292, ilustr. http://www.sv-jme.eu/scripts/download.php?file=/data/upload/2009/SV-5-09/Gusel_zl.pdf . [COBISS.SI-ID 13352470],
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13352470

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Razvoj izdelka in oblikovanje aerospace proizvodnih sistemov in procesov v družbi Veplas d.d.
		ANG	New product development and design of aerospace production systems and processes in company Veplas.
	Opis	SLO	Študija prikazuje razmestitev tehnološke opreme za proizvodnjo in montažo kokpita helikopterja. Avtorji so predlagali večje število variant razmestitve in podjetju svetovali pri izbiri najboljše rešitve, ki so je podjetje Veplas nato dejansko uporabilo v praksi.
		ANG	This study presents layout of facilities and equipment for production and assembly of helicopter cockpit. Authors suggested several variants of layout and consulted company with the use and application of the best solution. Veplas introduced the best solution in their production facilities.
	Šifra		F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Objavljeno v		BUCHMEISTER, Borut, POLAJNAR, Andrej, AČKO, Bojan, LEBER, Marjan, VUJICA-HERZOG, Nataša, PALČIČ, Iztok. Razvoj izdelka in oblikovanje aerospace proizvodnih sistemov in procesov v družbi Veplas d.d. Poročilo št. 2, Razmeščanje delovnih mest v obratu Veplas - Agusta. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za proizvodno strojništvo, Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov, 2009. 42 str. [COBISS.SI-ID 13373974]
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID		13373974	
2.	Naslov	SLO	Raziskava o proizvodni dejavnosti v Evropi
		ANG	European Manufacturing Survey
	Opis		European Manufacturing Survey je največja evropska raziskava o proizvodni dejavnosti. Koordinator je Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije, sodeluje pa 10 evropskih držav. Anketa zajema preko 4000 odgovorov iz evropskih proizvodnih podjetij, kjer jih sprašujemo o organizacijskih in tehniških

		inovacijah, selitvi proizvodnje, proizvodnih storitvah, razvoju novih izdelkov, proizvodnih strategijah ipd. Rezultati so lahko zelo koristni za slovenska podjetja, ki se tako primerjajo s tujimi podjetji. Rezultati so koristni tudi za oblikovanje nacionalnih strategij na področju proizvodne dejavnosti.
	ANG	European Manufacturing Survey is the biggest European research on production activities. The coordinator is Fraunhofer Institute from Germany with 10 European countries. The survey comprises 4000 answers from manufacturing companies. The questions deal with the use of organisational and technical innovation concepts, production off-shoring, production services, production strategies etc. The results are very beneficial to SLO companies for comparing with other countries. The results should be of great interest also for government to prepare national strategies in the field of manufacturing.
Šifra		D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
Objavljeno v		PALČIČ, Iztok, PANDŽA, Krsto, POLAJNAR, Andrej, BUCHMEISTER, Borut, LEBER, Marjan, PIŽMOHT, Petja. European manufacturing survey (EMS) : poročilo o mednarodnem projektu za obdobje 2004-2009. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov, 2009. 1 mapa (loč. pag.). [COBISS.SI-ID 13102870]
Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID		13102870
3.	Naslov	SLO uredništvo mednarodne revije
		ANG Editorial board in international journals
	Opis	SLO Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je glavni urednik mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM), ki izhaja na Dunaju 4-krat letno. Dr. Buchmeister koordinira celotno delo pri reviji (uredniški sestanki, sprejem člankov, dodelitev presojevalcev, dodatne uredniške recenzije, obveščanje avtorjev, priprava vsake številke, pisanje uvodnika, kontakti z informacijskimi servisi itd.) V reviji se objavljajo raziskovalni dosežki (okrog 20 člankov letno) na področju simulacijskega modeliranja (teoretični in aplikativno naravnani). Je v bazi INSPEC in SCOPUS
		ANG Prof. Dr. Borut Buchmeister is an editor in chief for international scientific journal titled International Journal of Simulation Modeling (IJSIMM), published in Vienna, 4-times per year. Dr. Buchmeister coordinates all work (editorial meetings, papers acceptance, reviewers assignment, additional editors reviews, informing authors, individual issue arrangement, leading article, contacts with information services, etc.). Journal published research achievements (about 20 papers per year) about simulation modelling (theoretical and applicable). It is in bases INSPEC and SCOPUS.
	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.
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	8008982
4.	Naslov	SLO članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
		ANG Membership in foreign/international committees
	Opis	SLO Izr. prof. dr. Bojan Ačko je kontaktna oseba za Republiko Slovenijo v Evropskem združenju nacionalnih metroloških inštitutov Euramet za veličino dolžina (TCL). Imenovan je s strani MVZT-MIRS (dodatne informacije na http://www.npl.co.uk/euromet/length/ ter na http://www.mirs.gov.si/si/mednarodno_sodelovanje/clanstva/euromet/); dosežek je pomemben s stališča zagotavljanja mednarodne meroslovne sledljivosti, kar predstavlja za slovensko industrijo ekonomičen dostop do boljših merilnih zmogljivosti in dokazovanja kakovostnih karakteristik najzahtevnejših proizvodov v mednarodnem prostoru.
		ANG Prof. Bojan Ačko is a contact person for Republic of Slovenia in the European Association of National Metrology Institutes Euramet for quantity length (TCL). He is designated by MVZT-MIRS (additional information on http://www.npl.co.uk/euromet/length/ end http://www.mirs.gov.si/si/mednarodno_sodelovanje/clanstva/euromet/). The achievement is important for assuring international traceability, which is opening the SLO

		industry an economic way of reaching better measurement capabilities and as a consequence proves of quality characteristics of most pretentious products in international market.
Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
Objavljeno v	Ni objave	
Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
COBISS.SI-ID	229859072	
5. Naslov	SLO	Pomočnik glavnega urednika mednarodne znanstvene revije
	ANG	Assistant of Editor-in-Chief of international scientific journal
Opis	SLO	Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je pomočnik glavnega urednika znanstvene revije Strojniški vestnik, ki sodi v kategorijo JCR na področju strojništva. Strojniški vestnik objavlja teoretične in praktično usmerjene članke, ki obravnavajo vprašanja sodobne tehnologije (Energetika in procesno strojništvo, konstrukterstvo in gradnja strojev, proizvodno strojništvo, mehanika in materiali itn.). Obravnava dejavnosti, kakršne so: projektiranje, gradnja, obratovanje, varstvo okolja itn. na področju strojništva ali z njim tesno povezanih ved. Revija vsako leto izide 11-krat.
	ANG	Prof. Dr. Borut Buchmeister is an assistant of editor in chief of international scientific journal with the title Journal of Mechanical Engineering, indexed in JCR category for mechanical engineering. This journal publishes theoretical and practical papers, dealing with questions about up-to-date technology (Energetics and process engineering, structures and machine construction, production engineering, mechanics and materials etc.) The most important topics are: projecting, constructing, operation, environment protection, etc. in the field of mechanical engineering and related sciences.
Šifra	C.04	Uredništvo mednarodne revije
Objavljeno v	Strojniški vestnik. Buchmeister, Borut (urednik 2009, 2010). 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]	
Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID	762116	

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

doc. dr. Iztok Palčič je postal državni ocenjevalec za pridobitev poklicne kvalifikacije Vodja projekta.

doc. dr. Iztok Palčič je postal mednarodno certificiran projektni menedžer v skladu z metodologijo IPMA SloCert - nivo C.

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

Vitka proizvodnja/ 6 sigma

1. v marcu 2009; aktivna udeležba s prispevkom na posvetu Vitka organizacija. Posvet je bil prvo srečanje predstavnikov podjetij in univerz v Sloveniji na temo 'vitkost'. Nekateri udeleženci posveta smo kasneje sodelovali pri prijavi za Center odličnosti, ki žal ni bila potrjena.

2. delavnice 6 sigma: Prva delavnica 6 sigma je bila izvedena na FS v letu 2008 (aktivna udeležba članov laboratorija na delavnici, FS je bila gostiteljica dogodka). V letu 2009 je bila izvedena druga delavnica. Tudi na tej delavnici smo člani LANPS aktivno sodelovali.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
---------------------	--------------------	------------------------------

- magisteriji	5	
- doktorati	2	1
- specializacije	3	
Skupaj:	10	1

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi			
- gospodarstvo	2	5	3
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	2	5	3

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	1
- podoktorandi iz tujine	1
- študenti, doktorandi iz tujine	2
Skupaj:	4

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

<p>Projekt EU iMERA Plus T3.J2.2 - Metrology for New Industrial Measurement Technologies ('NIMTech')</p> <p>Projekt Euramet.L-K7: Calibration of linescales (vodenje projekta)</p> <p>Projekt Euramet.L-K11: Key comparison of optical frequency/wavelength standards</p> <p>Projekt Euramet.L-K4: Calibration of diameter standards</p> <p>Regionalno združenje za medlaboratorijske primerjave LABCOM (SI, HR, AT, IT, NL) – redna letna medlaboratorijska primerjava za potrditev akreditiranih meroslovnih zmogljivosti</p> <p>Izmenjave kadra (FSB Zagreb – Nacionalni laboratorij za doljino)</p> <p>European Manufacturing Survey - raziskava o proizvodni dejavnosti v slovenskih in drugih evropskih proizvodnih podjetjih.</p> <p>EUROSTARS - prijava projekta Implementation of laser cladding technologies s slovenskim podjetjem TIC Lens d.o.o. in partnerji iz Dresdna (Nemčija) - Fraunhoferjev inštitut in podjetje AloTec.</p>
--

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

Razvoj izdelka in oblikovanje aerospace proizvodnih sistemov in procesov v družbi Veplas d.d.
Zagotavljanje sledljivosti meritev v industriji (izvedenih okrog 1200 kalibracij)
Prenos referenčne vrednosti na kalibracijske laboratorije (prenos 5 veličin na laboratorij Lotrič d.o.o.

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

/

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Sredstva v višini 1.269,51 EUR so se porabila v skladu z razdelitvijo sredstev za raziskovalne projekte tipa C in sicer 671,55 EUR za plače, 108,24 EUR za prispevke, 331,65 EUR za izdatke za blago in storitve in 158,07 EUR za investicijsko vzdrževanje.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

/

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

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

Orodje (razvito s partnerji iz Avstrije) za merjenje inovacijske moči podjetja smo pilotno uporabili pri vrednotenju inovativnosti v več SLO podjetjih. Izkazalo se je kot zelo uporabno pri določanju vrednosti posameznih kriterijev ter primerjanju s konkurenco, predvsem pa lahko za podjetje oblikujemo vrsto ukrepov za izboljšanje stanja na področju inovativnosti, kar vodi k boljšemu poslovnemu uspehu. V študiji smo ugotovili velik potencial nadaljnjega razvoja na področju menedžmenta znanja, tržnih pristopov in razvoju izdelkov oz. storitev, analiza pa je pokazala visok tehnološki nivo obravnavanih podjetij.

Zaradi pritiska konkurenčnih podjetij postaja čas ključni dejavnik poslovnega uspeha. V okviru raziskav na področju terminiranja, ki predstavlja zahteven kombinatorični problem, je bil razvit lasten genetski algoritem (in program), ki vključuje genetski operaciji selekcije in permutacije. Z njim je možno optimalno razvrščati delovne naloge po vnaprej postavljenem kriteriju optimalnosti ("fitness" funkcija).

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

Posebno pozornost je potrebno v praksi dati strateški inovativnosti, kjer se v prvi fazi procesa zagona strategij izvede ne samo inovacija na področju iskanja in oblikovanja strategij temveč predvsem identifikacije projektov in portfolio projektov. Rešitve so primerne tudi za mala podjetja.

Rezultati s področja dimenzionalne metrologije bodo uporabni v praksi po objavi CMC v BIPM (objava kalibracijskih in merilnih zmogljivosti v mednarodni bazi) in po akreditiranju kalibracijskih postopkov (konec leta 2010 ali 2011). Ko bodo kalibracijski postopki zreli za uporabo, bodo njihovi uporabniki industrija, zdravstvo, promet, RR inštitucije in druge panoge. Ker predstavljajo rezultati projekta širitev meroslovne baze v RS, bo množica neposrednih in posrednih uporabnikov rezultatov zelo široka. Storitve, ki jih bomo ponudili uporabnikom, same po sebi ne bodo predstavljale velike dodane vrednosti v smislu prihodkov od storitev, predstavljale pa bodo izjemno dodano vrednost h kakovosti izdelkov ter storitev uporabnikov i k njihovi konkurenčni poziciji na mednarodnih trgih.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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: 30.600 od tega v letu 2009: 5.100
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

Raziskave potekajo na štirih povezanih področjih:

- inteligentni stroji in naprave
- inteligentno optimiranje obdelovalnih postopkov,
- inteligentne preoblikovalne metode,
- inteligentni robotski obdelovalni sistemi in
- napredna fluidna tehnika.

Na področje inteligentnih strojev in sistemov so bile raziskave usmerjene na študij in razvoj metodologije umetne inteligence za modeliranje in optimiranje obdelovalnih sistemov (CNC sisteme, robotske sisteme, sisteme s področja preoblikovanja, sisteme za hitro izdelavo prototipov – LENS). Prav tako razvijamo nekatere tržno zelo zanimive robotske aplikacije (npr. robotizirano struženje) s široko možnostjo uporabe.

Na področju odrezovalnih postopkov in inteligentnih proizvodnih strojev in naprav so bile izvedene naslednje aktivnosti :

Nadaljnji 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

Za področje preoblikovanja je bila izvedena raziskava preoblikovalnih lastnosti visoko

trdnostnih pločevin in določanje tehnoloških parametrov za konstrukcijo preoblikovalnih orodij. Za področje preoblikovanja v vročem (hot forming) je bilo izdelano preizkusno preoblikovalno orodje. Uspešno smo izvedli preizkuse vlečenja v vročem za jekleno pločevino trdnosti 840 N/mm². Izdelan je bil inteligentni model za določanje osnovnih tehnoloških parametrov izsekovalnih orodij za visoko hitrostno izsekovanje aluminija in aluminijevih zlitin.

Dosedanje raziskave in numerične simulacije na področju inkrementalnega preoblikovanja pločevine so podale vplivne veličine in možnost uporabe drugih krivulj na upogibnem robu, ki so enostavnejše. Uporabnost metode bo predvsem pri upogibanju visokotrdnostnih pločevin.

Na področju raziskav v fluidni tehniki je bilo izvedeno modeliranje in optimiranje gradnikov in sistemov v fluidni tehniki s klasičnimi in naprednimi sistemi; izdelava prototipov in komponent za namene uporabe v fluidni tehniki za namene zanesljivejšega, energetsko varčnejšega in cenovno ugodnejšega delovanja gradnikov in sistemov fluidne tehnike. Snovanje adaptivnih energetsko varčnih, dinamično zmogljivih in natančnih daljinsko nadzorovanih elektrohidravličnih pogonskih sistemov z vgrajeno on-line nadzorovalno (Condition Monitoring) funkcijo (zmanjšanje porabe energije, povečanje zanesljivosti delovanja ter robustnosti, nizki stroški za vzdrževanje pogona, zmanjšanje hrupnosti, nadzor stanja pogona in njegovih komponent), s poudarkom na nadzoru stanja hidravličnih tekočin.

ANG

The research activities is carried out on this fields:

- intelligent machines and devices,
- intelligent optimization of machining procedures,
- intelligent forming methods,
- intelligent manufacturing robots and
- advanced power fluid technology.

Our research on the field of intelligent machines and systems is directed on the study and the development of artificial intelligence methodology for modeling and optimization of manufacturing systems (CNC systems, robot systems, forming systems, rapid prototyping systems – LENS). In addition, some advanced robot applications (e.g., robot milling) are under intensive development.

Research activities in the field of Cutting processes and the field of intelligent machine tools and manufacturing systems were as follows: further development of CNC-control unit with the possibility of training based on neural networks.; development and realization of intelligent adaptive autonomous control systems for high-speed milling with difficult definable dynamics; modelling and optimization of metal cutting processes with evolution algorithms

In the area of forming, research of forming properties of high-strength metal sheet was done with additional determination of technological parameters for the design of forming tools. Forming of steel sheets with higher strength is focused into two directions: cold forming and hot forming. Numerical simulations were prepared to analyze the behaviour of the high strength sheets during forming and after it. A comparison between different programming tools was also carried out. Experimental forming tool was produced for hot forming. Drawing experiments in hot with steel sheets with the strength 840 N/mm² were performed. A systematic collection of results was presented. An intelligent model for determination of basic technological parameters of punching tools for high speed punching of aluminium and aluminium alloy sheets was worked out.

Because of poorly researched area first had to be made analysis of existing public available knowledge to set guidelines for further research. The study of the method of bending sheet metal by tractrix method was launched. Research of main process parameters and use of other curves on the wiper edge were considered, which are simpler in terms of production.

In the field of fluid power technology modeling and optimization of components and systems was carried out. Manufacture of prototypes and components for use in fluid power technology with purpose of reliable, energy saving operation with respect to lower operation cost. Design of adaptive, energy-saving, precise, remote controlled electro-hydraulic power systems with dynamic performance and with integrated on-line condition monitoring function (reducing energy consumption, increasing reliability and ruggedness, lowering maintenance cost, reducing noise, monitoring power system and components), with an emphasis on condition monitoring of hydraulic fluids.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Rezultati raziskav s področja inteligentnih strojev in sistemov so mednarodno odmevni. Objavljeni so v priznanih mednarodnih znanstvenih revijah in mnogokrat citirani. Poseben pomen za znanost predstavlja povezovanje zahtevnih tehnoloških sistemov (robotskih sistemov, CNC sistemov, sistemov preoblikovanja, izdelovalnih postopkov, hitre izdelave prototipov) z najsodobnejšimi metodami umetne inteligence (npr. evolucijskimi algoritmi, inteligenco rojev), kar je eden izmed glavnih ciljev našega dela. To povezovanje je namenjeno za učinkovito modeliranje, optimiranje, krmiljenje in nadzor tehnoloških sistemov in procesov. Z reševanjem konkretnih proizvodnih problemov z metodologijo, ki oponaša biološke sisteme (npr. naravno evolucijo, delovanje človeških možganov, delovanje kolonije socialnih bitij), z razvojem naprednih računalniških programov in z razvojem novih izdelovalnih tehnologij smo dosegli visoko stopnjo interdisciplinarnosti.

Zaradi vse strožjih zahtev glede varnosti potnikov in nizke porabe goriva se v avtomobilski industriji hitro večja uporaba novih visoko trdnostnih jeklenih pločevin, kar postavlja orodjarstvo pred nove izzive. Višje trdnosti novih pločevinskih materialov so namreč dosežene na račun zmanjšanja preoblikovalnosti in povečanja občutljivosti na elastično izravnavanje. Rešitve za probleme preoblikovanja običajnih vlečnih jekel mnogokrat ne ustrezajo. Še posebej je to pomembno za preoblikovanje v vročem (hot forming). Rezultati raziskav bodo pripomogli k enoličnemu določanju tehnoloških parametrov pri izdelavi preoblikovalnih orodij.

Raziskave na področju uvajanja dodatne izdelave v industrijsko okolje, so prinesle nekaj novih ugotovitev v zvezi z dojemanjem učinkovitosti in gospodarnosti postopkov slojevitih tehnologij. Ugotovili smo, da hitrost ni neposredno odvisna od višine izdelkov, temveč predvsem od zasedenosti delovnega prostora in od uporabljenega tehnološkega principa. Za namene ugotavljanja dejanske hitrosti slojevitih tehnologij je bila razvita metoda, ki temelji na faktorskem preizkusu 22 in ki za razliko od dosedanjega dojemanja hitrosti upošteva oblikovno zahtevnost izdelka kot pomemben dejavnik hitrosti.

Dosežki raziskovalnega dela na področjih hidravličnih sistemov se v popolnosti vklapljajo v razvojne aktivnosti, ki jih izvajajo svetovno znani inštituti oz. raziskovalci s tega področja tehnike. Domači dosežki razvojnega dela tako ne predstavljajo samo sledenje »svetovnim trendom« temveč znanstveni prispevek k reševanju perečih oz. aktualnih problemov.

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 veličin 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-učečih sistemov, ki abstrahirajo delovanje človeškega razuma v procese napovedovanja in optimiranja rezalnih veličin 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

nadaljnemu razvoju področja odrezavanja in praktični uporabi umetne inteligence pri procesih napovedovanja, generaliziranja in predvsem optimiranja rezalnih veličin za izvajanje fleksibilne, stroškovno ugodne proizvodnje.

ANG

Our results on the field of intelligent machines and systems meet a wide response in the international scientific community. The results are published in the top international scientific journals and are cited many times. A special meaning for the sciences represents the integration of complicated technological systems (robot systems, CNC systems, forming systems, manufacturing processes, rapid prototyping systems) with the state-of-the-art artificial intelligence methods (e.g., evolutionary algorithms, swarm intelligence) what is one of the key points of our research. This integration is designed for effective modeling, optimization, control and supervision of technological systems and processes. By solving practical production problems with the methodology imitating biological systems (e.g., natural evolution, functioning of human brain, functioning of social living being), by the development of advanced computer programs, and by development of a new manufacturing technologies a high level of interdisciplinary is achieved.

Because of high requirements about safety of passengers and low fuel consumption the automotive industry uses new high strength steel sheets more and more often. That is a challenge for the tool producers. Higher strength of new sheets materials are connected with lower forming capabilities and higher sensitivity on elastic levelling. Solutions for forming problems derived for standard steels often give no satisfactory results. This is important for hot forming. The results of investigations will help to determine the technological parameters for production of forming tools.

Research in the field of Additive Manufacturing unveiled some new findings in understanding effectiveness and economy of Additive Manufacturing procedures. It has been found that the speed is not directly affected by the height of the manufactured parts but rather by the yield of the machine's working space and principle. To define the exact speed of the machines a method based on the 22 factorial experiment has been developed that helped confirming the hypothesis. Research achievements in the field of fluid energy technology are fully fit in the development activities carried out by the world famous institutes or researchers in this field of engineering. Domestic achievements of research work do not only follow "global trends" but are a scientific contribution to actual (current) problems.

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.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Z dosedanjimi rezultati omogočamo dvig tehnološke ravni slovenskega gospodarstva. Skrajšali smo čas od zasnove izdelka do lansiranja izdelka na trg ter večjo dodano vrednost. Z razvojem novih tehnologij in metod smo zagotovili okoljsko prijazno proizvodno. Najpomembnejši prispevki:

- Z razvojem inteligentne večnamenske robotske celice omogočamo prenos našega znanja do tistih, ki želijo višjo stopnjo avtomatizacije v svojih podjetjih.
- Z razvojem robotiziranega rezkanja bomo omogočili uporabnikom izdelovati prototipe večjih dimenzij. Razvita tehnologija je prav tako uporabna za ohranjanje kulturne dediščine (npr. izdelava replik umetnin).
- Optimizacija robotskih sistemov oz. robotskih dosežnih prostorov omogoča učinkovitejšo proizvodnjo in manjšo porabo energije.

Rezultati raziskav na področju preoblikovanja bodo uporabni pri konstruiranju in izdelavi preoblikovalnih orodij za visoko trdnostna jekla v hladnem in vročem stanju. Gre za relativno novo tehnologijo. Orodjarne bodo lahko konkurenčne tudi za konkuriranje in osvajanje orodij za nove materiale.

Enako velja za visoko hitrostno izsekovanje rondelic iz aluminijevih zlitin. Osvajanje novih

dimenzij rondelic in zmogljivosti izsekovalnih linij omogoča osvajanje večjega tržnega deleža na svetovnem trgu.

Raziskave na področju dodajalnih tehnologij so privedle do njihovega uvajanja na različna področja znanosti in tehnologije. V preteklem letu je metoda predoperativnega načrtovanja in izdelave kranioplastičnih vsadkov, ki smo jo razvili v okviru PS, prešla v splošno klinično rabo na nevrokirurškem oddelku UKC Maribor. V teku so raziskave in klinični primeri za uvedbo podobne metode na področje obrazne kirurgije, ki potekajo v sodelovanju s kliniko za maksilofacialno kirurgijo UKC Ljubljana.

Vsebina raziskovalnih dosežkov na področju fluidne tehnike predstavlja za Slovenijo tehnološko enakovredno partnerstvo z raziskovalnimi skupinami v tujih državah, možnosti mednarodnega povezovanja, konkurenčnosti, predstavitev teh dosežkov v mednarodnih revijah pa postavlja slovenske raziskovalne dosežke ob bok veliko razvitejšim deželam, z mnogo boljšimi raziskovalnimi in materialnimi možnostmi. Predstavlja »izvoz« domačega znanja. Slovenskim podjetjem omogoča doseganje konkurenčnosti na svetovnih trgih, njeno ohranjanje ali morebiti celo izboljšanje – v smislu višje kvalitete izdelka, manjše porabe energije, večje zanesljivosti delovanja sistema.

Prispevek izvedenih raziskav na področju inteligentnega vodenja strojev in naprav 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.

ANG

With the existing results the increase of the technological level of Slovenian economy has been achieved. According to the presented results the time-to-market has been shortened and added value has been increased. By the development of new technologies and methods an environment friendly production is assured. The most important contributions:

- By development of intelligent multipurpose robotic cell, the transfer of our knowledge to those who want to have a higher level of production automation is achieved.
- By development of robotized milling, the consumers will be able to manufacture very large prototypes. The proposed technology is also convenient for preserving of cultural heritage (e.g., manufacture of masterpiece replicas).
- Optimization of robot systems and/or robot work spaces assures more efficient production and lower energy consumption.

The research results in the field of forming will be used for designing and production of forming tools for forming high-strength steels in cold and hot. It is a new technology. The tool producer will be competitive and able to produce tools for new materials.

Recent research of additive manufacturing lead to their implementation in various fields of science and technology. In the last year methods of preoperative planning and manufacturing of cranial implants, developed in the frame of the Programme group, have been passed to the general clinical use in the neuro surgical department of Maribor University Clinical Centre. The similar research is going on in the field of Maxillofacial surgical praxis in cooperation with Maxillofacial Surgical Clinic at Ljubljana University Clinical Centre.

The content of research achievements in the field of fluid technology represents the technological equivalent partnership of Slovenia with research groups in foreign countries, international networking opportunities and competitiveness. Presentation of achievements in international journals shows that the Slovenian research achievements can be compared with much more developed countries with much better research and material possibilities. It represents the "export" of domestic knowledge. Slovenian companies can be competitive in world markets, its preservation, or perhaps even

The contribution of realized researches in the field of intelligent control 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 lower 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. 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.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

PODROČJE INTELIGENTNIH PROIZVODNIH STROJEV IN SISTEMOV

Na tem področju smo izvedli sledeče aktivnosti, ki so v skladu s planiranimi raziskovalnimi vsebinami in cilji ter časovnim načrtom:

- analiza trenutnega stanja na področju robotskih sistemov s poudarkom na sistemih, ki vključujejo rešitve, ki temeljijo na inteligentnih sistemih oz. umetni inteligenci,
 - študij metod umetne inteligence za gradnjo inteligentnih sistemov na področjih robotike in drugih izdelovalnih tehnologij (poudarek je bil na študiju evolucijskih algoritmov, nevronskih mrežah in algoritmih inteligence rojev),
 - začetek razvoja inteligentnega načrtovalnega okolja robotskih celic, ki omogoča optimalno namestitev robota v delovno okolje (tj. izogrnitev singularnim točkam, zmožnost opravljanja delovnih gibov itd.) s pomočjo metod metne inteligence,
 - razvoj inteligentne robotske celice in optimizacija robotovih gibov z metodami umetne inteligence,
 - preliminarne raziskave pri razvoju napredne robotske celice za robotizirano struženje in rezkanje oz. za izdelavo prototipov večjih dimenzij,
 - analiza trenutnega stanja na področju sodobnih montažnih tehnologij in metod,
 - analiza trenutnega stanja s področja terminiranja proizvodnih opravil in snovanje inteligentnih metod za optimiranje terminiranja.
 - razvit je bil algoritem za analizo gibljivosti serijskega mehanizma v omejenem prostoru (položaj haptičnega mehanizma s tremi prostostnimi stopnjami glede na možno gibljivost v omejenem prostoru tunela MR naprave za diagnostiko v medicini).
 - razvito je bilo grafično okolje, ki temelji na komercialnem programu ACAD Inventor za 3D vizualizacijo gibljivosti industrijskih robotov. Razvito grafično okolje je v uporabi pri proizvajalcu robotiziranih varilnih proizvodnih sistemov po postopku MAG ali TIG in se uporablja pri vsakodnevnem delu inženirjev projektantov pri zasnovi robotiziranih celic.
- Pri izdelavi inteligentnega samoučljivega sistema vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredelljivo dinamiko so bile 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,

- v fazi izdelave 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 zajemanja podatkov tudi pri velikih rezalnih hitrostih in malih premerih orodij; Lastna frekvenca pieco-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.

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 bo sledilo v naslednji periodi. 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 nevronske mrežah. Največji učinek metode je v prikazu logičnih povezav med vhodi in izhodi modela. 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.

Z dinamično analizo hidravličnega sistema 55MN stiskalnice v proizvodnji aluminija so se na grobo uglasile krmilne in hidravlične komponente postrojenja tako, da so se v malem obsegu zmanjšali negativni vplivi sistema na okolico. Istočasno je zabeležen prihranek pri porabi energije. Za nadaljnje zmanjšanje negativnih vplivov in porabe energije je v naslednji periodi predvidena temeljita dinamična analiza elektro-hidravličnega sistema.

Za izbiro optimalnega režima vodenja na obstoječem krmilju so izvedene naslednje aktivnosti: posnetek stanja, meritve motilnih veličin, definiranje kazalnikov učinkovitosti, razčlenitev sistema na komponente, dinamična analiza posameznih komponent, meritev

tlačnih razmer pred in po delni sanaciji. Cilj nadaljnjih raziskav je še s sistematičnimi prijemi zmanjšati porabo energije in eliminirati negativne vplive na okolje.

RAZISKAVA PREOBLIKOVALNIH LASTNOSTI VISOKO TRDNOSTNIH PLOČEVIN IN DOLOČANJE TEHNOLOŠKIH PARAMETROV ZA KONSTRUKCIJO PREOBLIKOVALNIH ORODIJ.

Preoblikovanje jeklenih pločevin s povišano trdnostjo je potekalo in še poteka v dveh smereh:

- preoblikovanje v hladnem,
- preoblikovanje v vročem (hot forming).

Zaradi vse strožjih zahtev glede varnosti potnikov in nizke porabe goriva se v avtomobilski industriji hitro večja uporaba novih visoko trdnostnih jeklenih pločevin, kar postavlja orodjarstvo pred nove izzive. Višje trdnosti novih pločevinskih materialov so namreč dosežene na račun zmanjšanja preoblikovalnosti in povečanja občutljivosti na elastično izravnavanje. Rešitve za probleme preoblikovanja običajnih vlečnih jekel mnogokrat ne ustrezajo.

Izvedli smo računalniške simulacije obnašanja visoko trdnostne pločevine med preoblikovanjem in po njem.

Izvedena je bila primerjava med posameznimi programskimi orodji. Tako smo primerjali uporabnost teh programskih paketov glede na:

- natančnost rezultatov,
- možnost vpliva na programski paket z vhodnimi parametri (material pločevine, oblika orodja, mazanje ...)
- dostopnost programske opreme (cena, uporabniška prijaznost, natančnost, hitrost izvajanja).

Preoblikovanje v vročem (hot forming):

- Izdelano je bilo preizkusno preoblikovalno orodje.
- Oprema preoblikovalnega orodja s sensoriko.
- Dograditev hladilno ogrevalnega sistema na preoblikovalnem orodju in stiskalnici.
- Uspešna izvedba preizkusov vlečenja v vročem za jekleno pločevino trdnosti 840 N/mm².
- Izdelan je sistematičen zbir rezultatov preizkusov.

Raziskava in izdelava inteligentnega modela za določanje osnovnih tehnoloških parametrov izsekovalnih orodij za visoko hitrostno izsekovanje aluminija in zlitin.

Izvedli smo preizkušanje obstojnosti izsekovalnih orodij za izsekovanje zlitin Al Mn 0,4.

Izvedeno je bilo preizkušanje in merjenje parametrov za večje debeline pločevine od 6 do 10 mm.

Razvoj inkrementalnega preoblikovanja pločevine.

Zaradi slabo raziskanega področja je najprej bilo treba opraviti analizo obstoječega javno dostopnega znanja in postaviti smernice za raziskave. Tako je bil opravljen pregled javno

dostopnega znanja in obisk konference o industrijskih orodjih ICIT 2009 v Ljubljani. Na podlagi zbranega gradiva so bile postavljene smernice za razvoj vpenjalne priprave in orodja za inkrementalno preoblikovanje. V načrtu je izdelava orodja in izvedba testov, ki bodo služili za postavitev smernic za nadaljnje delo. Na konferenci je bil opažen prispevek o numeričnih simulacijah inkrementalnega preoblikovanja. V okviru programske skupine bo preučena možnost nabave programa za numerične simulacije, z željo po doseganju večje stabilnosti procesa.

Upogibanje pločevine po metodi traktrix

Raziskava upogibanja pločevin po metodi traktrix je bila začeta z namenom upogibanja pločevine za kot 90 stopinj v dveh korakih, brez potrebe po stranskih ali vrtljivih pestičih. Uporabnost metode se pričakuje predvsem pri upogibanju visokotrnostnih pločevin. Dosedanje raziskave in numerične simulacije so izdale vplivne veličine in možnost uporabe drugih krivulj na upogibnem robu, ki so enostavnejša iz vidika izdelave. Zato tudi predlagamo spremembo imena metode, glede na to da prvotno ime še ni široko sprejeto. V načrtu je izvedba orodja in testov za verifikacijo rezultatov simulacij.

PODROČJE SLOJEVITIH TEHNOLOGIJ

Razvita je bila nova metoda za ovrednotenje hitrosti sistemov za dodajalno izdelavo. Pri tem smo postavili hipotezo, da je hitrost dodajalnih naprav odvisna predvsem od napolnjenosti oziroma izkoriščenosti delovnega prostora naprave in da višina izdelkov ne vpliva na skupno izdelovalno hitrost, če hitrost opišemo kot proizvedeno prostornino izdelka na enoto časa. Taka definicija hitrosti je splošnejša kot število naloženih slojev na enoto časa, ki je primerna samo za nekatere dodajalne naprave – predvsem 3D tiskalnice. Geometrijska zahtevnost do neke mere vpliva na izkoriščenost prostora saj vsebujejo zahtevni izdelki veliko praznih prostorov, ki jih ni mogoče napolniti z drugimi izdelki, da bi povečali izkoriščenost prostora. Nova metoda tako upošteva oblikovno zahtevnost izdelka kot pomemben dejavnik proizvodne hitrosti dodajalnih naprav kar predstavlja edinstven pristop k ovrednotenju njihove hitrosti za kar ji je bil podeljen tudi slovenski patent.

RAZVOJ INTELIGENTNIH, ENERGETSKO UČINKOVITIH IN OKOLJU PRIJAZNIH HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

Prvo skupino raziskav predstavlja razvoj sistema za on-line spremljanje stanja hidravlične tekočine. Na osnovi spoznavanja vzrokov fizikalno-kemijskega spreminjanja hidravličnih tekočin in poznavanja kemijskega ozadja posameznih procesov v tekočini, je bil zgrajen sistem za spremljanje najpomembnejših veličin hidravlične tekočine. V okviru zahtevnih laboratorijskih raziskav so bili mehanizmi spreminjanja stanja tekočine prepoznani, podatki obdelani in ovrednoteni, sama informacija o trenutnem stanju pa preko zasnovanega on-line sistema sporočena uporabniku sistema. Razen tega je raziskovalno delo zajemalo študij mehanizmov dogajanja oz. sprememb, določitev fizikalno kemijskih veličin, ki jih je smiselno spremljati ter izbrani in vgrajeni primerni senzorji za izvajanje nadzora.

V ta segment spada tudi priprava infrastrukture za neoporečno zajemanje stanja tekočine. Določiti je potrebno najprimernejše mesto za odvzem vzorca ter izločiti motilne vplive, ki bi pripeljali do napačnih rezultatov – stanja tekočine. V okviru tega je bila izvedena simulacija dogajanja v notranjosti hidravličnega rezervoarja in tako določeno primerno mesto odvzema vzorca. Hidravlična tekočina mora biti namreč brez vsebnosti zračnih mehurčkov, pojav le teh je potrebno preprečiti, v primeru prisotnosti pa jim omogočiti, da sami izginejo. Odločilen pomen ima pri tem ustrezna oblika hidravličnega rezervoarja in pa uporaba dodatnih ukrepov. Eden od teh je difuzor za povratni vod v hidravličnem rezervoarju, ki je tako v okviru simulacije dogajanja in kasnejše verifikacije pokazal

odlične rezultate – difuzor je enostaven a hkrati zelo učinkovit ukrep za umirjanje hidravlične tekočine, ki se vrača v rezervoar. Njegov učinek je večfunkcijski.

Drugo skupino aktivnosti na tem področju predstavlja raziskava možnosti varčevanja z energijo – porabo stisnjene zraka. Na podlagi poprej razvite in nagrajene varčne izpihvalne šobe, je bil koncept prenešen na izvirno zasnovano energetske-varčno hladilno enoto, ki za ohlajanje uporablja stisnjen zrak. Ta se uporablja v primerih kjer se za hlajenje ne sme uporabljati drugačno hladilno sredstvo – npr. obdelava izdelkov iz plastičnih mas ali hlajene pri HSC sistemu obdelave. Enota je bila uspešno testirana v industrijskem okolju in izkazuje ogromen prihranek na porabi stisnjene zraka – do 50 %.

V vsem omenjenih segmentih dela so bile uporabljane zelo zahtevne simulacije na podlagi predhodnega modeliranja eno- ali večfaznega obravnavanega sistema, rezultati pa primerjani z eksperimentom, bodisi na enakovrednem modelu ali v realnih industrijskih razmerah.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

Cilji za leto 2009 so bili v celoti realizirani. Na področju inteligentnih proizvodnih strojev in sistemov so bile uspešno razvite inteligentne metode za vodenje obdelovalnih (robotskih) sistemov in v njihovi aplikaciji (laboratorijska robotizirana obdelovalna celica).

Na področju preoblikovalnih sistemov se realizacija kaže v uspešni uporabi programskih orodij za simuliranje preoblikovanja za pločevinske izdelke na povsem praktičnih primerih. Izvedeno je bilo preoblikovanje visoko trdnostne pločevine v vročem. Proces je ponovljiv, saj so sedaj poznani vplivni tehnološki parametri. Pri visoko hitrostnem izsekovanju pa je bila dosežena tudi do trikrat večja obstojnost izsekovalnih orodij.

Na področju slojevitih tehnologij bo v nadaljevanju dokončana metoda ovrednotenja geometrijske zahtevnosti izdelkov, ki bo v povezavi z metodo za ugotavljanje hitrosti omogočala hitro izbiro najprimernejše metode za proizvodnjo določenega izdelka.

Na področju raziskave hidravličnih sistemov (razvoja sistema on-line spremljanja hidravličnega olja) je bilo zasnovanih več izvedb CM enote, primerne za različne vgradnje, zajemanje podatkov je bilo zasnovano na uporabi prenosnega računalnika in kasneje na uporabi PC-kontrolerja. Razvoj difuzorja kot ukrep za umiranje tekočine v hidravličnem rezervoarju predstavlja dodaten rezultat raziskovalnega dela. Enako velja za energetske-varčne hladilni blok. Za fizično izvedbo difuzorja, kot tudi hladilnega bloka smo uporabili sodobno tehnologijo izdelave – SLS RR/RM postopek, ki ima enako optimalno kompleksno geometrijo, kot je bila uporabljen pri simulacijah in virtualnem inženirskem načrtovanju izdelka.

Raziskave na področju inteligentnega vodenja in krmiljenja obdelovalnih sistemov so dosegle visokop stopnjo realizacije zastavljenih ciljev. Prvi cilj – Pripravljalna faza izdelave inteligentnega samo-učljivega sistema vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko je bil uspešno realiziran. Izdelali smo načrt eksperimentov, merilno verigo s softverom za zajemanje podatkov, izvedli vse potrebne meritve, izdelali tehnološko bazo rezalnih veličin in pripadajočih orodij. Tudi drugi cilj raziskav – Izdelava CNC simulatorja dinamike odrezavanja in priprava eksperimentalnega postopka snemanja dinamike podajalnega servo-pogona je bil uspešno realiziran.

Tretji cilj raziskave – Dinamična analiza sodobnega hidravličnega sistema stiskalnice – je

bil izpolnjen le delno. Natančna dinamična analiza sistema je še v teku. V okviru druge periode, ki še poteka, preučujemo zmanjšanje vplivov stiskalnice na okolje, stabilizacijo procesa in daljšo življenjsko dobo stroja. Izvedene so meritve tlačnih razmer pred sanacijo hidravličnega sistema.

Ni bistvenih odstopanj pri izvedbi zastavljenega programa.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

Ni bistvenih odstopanj pri izvedbi zastavljenega programa. Na nekaterih področjih so realizirane raziskave pred planom.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Adaptivni nevro-mehki inferenčni sistem ocenjevanja obrabe proste ploskve pri oblikovnem frezanju.
		<i>ANG</i> Adaptive network based inference system for estimation of flank wear in end-milling
	Opis	<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.
		<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.
	Objavljeno v	ŽUPERL, U., ČUŠ, F., KIKER, E.. Adaptive network based inference system 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	<i>SLO</i> Kreiranje robotov v virtualnem prostoru s postopkom vzvratnega inženirstva
		<i>ANG</i> A reverse engineering technique for creating virtual robots
	Opis	<i>SLO</i> V članku predlagamo sistem za posodobitev programske opreme robotov, ki zaradi zastarele programske opreme za moderno proizvodnjo niso več zanimivi. Podajamo rešitev ponovne vključitve (še) neodsluženih robotov v proizvodnji proces, pri čemer smo programsko opremo nadgradili iz nivoja ročnega programiranja, na nivo indirektnega virtualnega programiranja in modeliranja robotske celice. Izdelali smo direktni in inverzni kinematični model robota ACMA XR701 v virtualnem prostoru s postopkom vzvratnega inženirstva.
		<i>ANG</i> A novel system for out-of-date robotic systems that are not interesting for use any more is introduced. We give a solution for revitalization of these robotic systems with upgrading the programming software from on-line programming to indirect virtual programming and virtual modelling of a production cell equipped with robots. Direct and inverse kinematic models of the robot ACMA XR 701 in the virtual space were developed with reverse engineering technologies.

	Objavljeno v	BREZOVNIK, Simon, BREZOČNIK, Miran, KLANČNIK, Simon, PAHOLE, Ivo, GOTLIH, Karl. A reverse engineering technique for creating virtual robots. Stroj. vestn., 2009, vol. 55, no. 6, str. 347-355, IF=0235
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	13397014
3.	Naslov	<i>SLO</i> Izboljšanje statcionarneg aobnašanja tlačno regulirane aksialne batne črpalke
		<i>ANG</i> Improvement of the statical behaviour of pressure controlled axial piston pumps
	Opis	<i>SLO</i> Regulacija tlaka izvedena z nastavljivimi črpalkami je eno od najpomembnejših opravil s področja regulacije črpalke, na katero vplivajo lastnosti zasnove črpalke. V iskanju primerne oblike regulatorja, ki bi zagotavljal dobro stacionarno obnašanje regulacije, je bila uporabljena kombinacija mehke logike in nelinearnega izraza, na osnovi se ojačenje regulatorja prilagaja razmeram na v sistemu.
		<i>ANG</i> The control of pressure by means of variable displacement pumps is one of the most important tasks in the field of pump control, which is influenced by the properties of the pumps. Looking for a suitable control concept which offers good static behaviour a method is tested which tunes the parameters of a controller. Instancing a variable displacement axial piston pump controlled by a 3/2 proportional valve the improvement will be achieved by fuzzy logic on the one hand and a non linear approach - adaptation of gain of the classical controller - on the other
	Objavljeno v	LOVREC, Darko, DETIČEK, Edvard. Improvement of the statical behaviour of pressure controlled axial piston pumps. Strojniški vestnik, 2009, vol. 55, no. 12, str. 766-774, IF=0.235
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13761558	
4.	Naslov	<i>SLO</i> Analiza razvoja izdelka na velikoserijskem izdelku s pomočjo večkriterijske analize
		<i>ANG</i> Analysis of product development on large-scale production with multi-criteria approach.
	Opis	<i>SLO</i> Predstavljena je metoda za razvoj izdelkov v velikoserijski proizvodnji s pomočjo večkriterijske analize, ki nam omogoča natančnejšo napovedovanje najpomembnejših lastnosti izdelka. V večdimenzionalnem okolju predstavimo razvoj s pomočjo večkriterijskega pristopa, ki je ciljno usmerjen na trg in upošteva tako proizvodne kot tržne omejitve. S pomočjo analiziranih proizvodnih parametrov je v opisanem modelu moč zmanjšati proizvodne stroške. Metoda napovedovanja proizvodnih zahtev in rezultatov v prihodnosti je učinkovito orodje za doseganje strateške in konkurenčne prednosti podjetja.
		<i>ANG</i> The multi-criteria (MC) method is applied to the development of a large-scale product in the case of mid-price range washing machines using MC approach. The development of a large-scale product on the basis of MC analysis provides more accurate forecasting of the most important parameters in the centrefold of a multidimensional character in the way of customer demands, and important production and development restrictions are set in this environment. A forecasting method of production demands is powerful tool for achieving strategically and concurrent advantage.
	Objavljeno v	KOSTANJEVEC, Tomaž, BALIČ, Jože, RAJH, Matej. Analysis of product development on large-scale production with multi-criteria approach. Stroj. vestn., 2009, vol. 55, no. 11, str. 675-684, IF=0.235
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13742358	
5.	Naslov	<i>SLO</i> Robotski sistem temelječ na inteligenci rojev
		<i>ANG</i> Swarm intelligence based robot system
	Opis	<i>SLO</i> V članku predlagamo zasnovo inteligentnega robotskega sistema za upornovno točkovno varjenje. Robotski sistem vključuje tudi optimizacijski modul, ki temelji na algoritmih inteligence rojev. Optimizacijski modul je namenjen za optimizacijo poti robota med varjenjem.
		<i>ANG</i> The paper proposes the design of the intelligent robot system for resistance welding. The robot system incorporates the optimization module based on the swarm intelligence

		approach. The module is intended for optimization of robot path during welding.
Objavljeno v		BREZOČNIK, Miran, BREZOVNIK, Simon, BALIČ, Jože, SOVILJ, Bogdan. Swarm intelligence based robot system. V: ČOSIČ, Ilija (ur.). 10th International Scientific Conference on Flexible Technologies - MMA 2009, Novi Sad, October 9-10, 2009. Proceedings. Novi Sad: Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, 2009, str. 9-12
Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
COBISS.SI-ID	13540630	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Robotizirano rezkanje in struženje
		<i>ANG</i> Robotized milling and turning
Opis	<i>SLO</i>	V članku predstavljamo izgradnjo CNC-robotske celice. Razvili smo aplikacijo robotiziranega freziranja in struženja. Uspešno smo nadgradili programsko in strojno opremo robotskega krmilnika. Projekt omogoča uporabo tudi starejših robotov. Raziskovalna naloga je okrepila sodelovanje med Fakulteto za strojništvo Univerze v Mariboru in slovensko industrijo na področju raziskav/razvoja in tudi na pedagoškem področju.
	<i>ANG</i>	In this article building of CNC-robotic cell is presented. The applications of robotic milling and turning were developed. The software and the hardware equipment for robotic controller was successful upgraded. This project also assures the utilization of older robots. The presented research invigorated collaboration between University of Maribor and Slovenian industry on the fields of research/development and education.
Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
Objavljeno v		BREZOVNIK, Simon, BREZOČNIK, Miran, PAHOLE, Ivo, KLANČNIK, Simon, FICKO, Mirko, GOTLIH, Karl. Robotizirano rezkanje in struženje. V: PERME, Tomaž (ur.), ŠVETAK, Darko (ur.). Industrijski forum IRT, Portorož, 08.-09. junij 2009. Vir znanja in izkušenj za stroko : zbornik foruma. Škofljica: Profidtp, 2009, str. 83-88.
Tipologija	1.09	Objavljeni strokovni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	13281046	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Zasnova in izvedba CNC obdelovanega stroja za modelarske namene.
		<i>ANG</i> Design and manufacturing of CNC machine tool for modeling
Opis	<i>SLO</i>	Opisan je obdelovalni stroj in njegove lastnosti, sledijo izračuni glavnih in podajalnih gibanj. Navedeni so prenosni elementi stroja. V osrednjem delu so podane meritve pozicijske natančnosti, vodenje in krmiljenje stroja. Na koncu sledi še izdelava testnega izdelka in ugotovitve.
	<i>ANG</i>	Describe is machine tool and his characteristics, calculations of main and pass movements. Listed are transmission elements of machine. In central part are handed measurements of position precisions guidance and steering of machine. Finally follows still making the test product and conclusions.
Šifra	F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
Objavljeno v		PAHOLE, Ivo, RATAJ, Luka, KLANČNIK, Simon, FICKO, Mirko, BREZOVNIK, Simon, BALIČ, Jože. Trajnostni razvoj - pot iz krize : Portorož, 7-9 oktober 2009 : zbornik posvetovanj. Ljubljana: GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo in strojogradnjo, 2009, str. 168-174.
Tipologija	1.09	Objavljeni strokovni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	13544982	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Metoda za določanje hitrosti in natančnosti naprav, ki delujejo po postopkih dodajalnih tehnologij
		<i>ANG</i> Method for Determining the Speed and Accuracy of Devices Operating According to the Additive Technology Procedures

	Opis	SLO	Patentna prijava opisuje metodo za določanje hitrosti dodajalnih naprav. V patentnih zahtevkih je opisan preizkusni kos in načini njegove postavitve v delovni prostor naprave, kar omogoča ponovitev metode z uporabo faktorske analize 22 in tako preverbo sposobnosti določene naprave.
		ANG	Patent application describe method for determining the speed and accuracy of devices operating according to the additive technology procedures. In the patent claims the test workpiece is describe, as well as the placement in working area.
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji	
	Objavljeno v	Objavljeno v: patent št. 22692, 30. 06.2009; patentna prijava št. P-200800235, 10. 10. 2008. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2009.	
	Tipologija	2.24 Patent	
COBISS.SI-ID			13322262
4.	Naslov	SLO	Energijsko varčno hlajenje s stisnjenim zrakom – aplikacija Plastenka d.o.o. Radomlje
		ANG	Energy-saving cooling using compressed air – application in Plastenka d.o.o. Radomlje
	Opis	SLO	Prispevek predstavlja razvoj energijsko varčnega sistema šob, izdelane s pomočjo sodobne tehnologije hitre izdelave. Na podlagi ugotovitev pri snovanju enojne energetske varčne izpihvalne šobe, kjer je bila notranjost šobe zasnovana tako, da je omogočala kar največji učinek sesanja okoliškega zraka, je bila razvita enota s sistemom šob. Sistem šob je bil, prav tako kot enojna šoba, razvit ob pomoči CFD simulacije, zaradi zelo zahtevne notranje geometrije pa nato izdelana z RP/RM – Rapid Prototyping/Manufacturing tehnologijo - izdelava kanistrov v podjetju Plastenka d.o.o. Radomlje.
		ANG	The paper presents the development of energy-saving blow off nozzle system, which was produced with use of modern rapid manufacturing process: Based on findings of a single blow off nozzle, where the inside of the nozzle was designed to optimize air amplification principle, the nozzle system unit was developed. The nozzle system is designed and optimized based on CFD simulation and because of the very complex inner form produced using RP/RM - Rapid Prototyping / Manufacturing technology. Such conceived and designed nozzle allows enormous energy savings of blown air up to 80 %.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	LOVREC, Darko, TIČ, Vito. Energijsko varčno hlajenje s stisnjenim zrakom. V: KASTREVC, Mitja (ur.), LOVREC, Darko (ur.). Zbornik prispevkov Mednarodne konference Fluidna tehnika 2009, 17. in 18. september 2009, Kongresni center Habakuk, Maribor, Slovenija. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2009, str. 261-270.	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID			13442070
5.	Naslov	SLO	CNC krmilnik za "step by step" postopke frezanja orodij za iztiskovanje aluminijevih zlitin.
		ANG	CNC control for »step by step« milling of Al extrusion tools
	Opis	SLO	Strojni vid je v zadnjih letih postal sestavni del sodobnih proizvodnih okolij. Raznovrstnost aplikacij na različnih področjih omogoča večanje produktivnosti, nižanje stroškov in višjo kakovost proizvodov. V prispevku je predstavljen primer uporabe strojnega vida pri določanju ničelne točke obdelovanca na namiznem rezkalnem stroju LAKOS 150 G in sicer z uporabo nizkocenovne komercialne kamere. Delovanje razvitega sistema je ponazorjeno s praktičnim primerom, ki potrjuje učinkovitost implementiranega sistema pri dejanski uporabi na obdelovalnem stroju.
		ANG	Machine vision is constituted part of modern machining systems. The report represents the usage of machine vision to control small CNC machine tool and to automatically set the »zero reference« point on the working table. Example is also given.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
Objavljeno v	BALIČ, Jože, KOVAČIČ, Simon, JAVORNIK, Jože. CNC krmilnik za "step by step" postopke frezanja orodij za iztiskovanje aluminijevih zlitin. V: POLAJNAR, Andrej (ur.), BRAČKO, Branko (ur.). Trajnostni razvoj - pot iz krize : Portorož, 7-9 oktober 2009 : zbornik posvetovanj. Ljubljana: GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo in strojogradnjo, 2009,		

	str. 109-113.
Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	13545750

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

Dva člana programske skupine sta na svetovni lestvici objav s področja evolucionjskih metod na 20 oziroma na 91 mestu med več kot 5200 raziskovalci z vsega sveta.
<http://www.cs.bham.ac.uk/~wbl/biblio/gp-html/index.html>.

Mednarodna konferenca Fluidna tehnika 2009 je največji dogodek stroke s področja fluidne tehnike ter vodenja in nadzora teh sistemov na področju JV Evrope. Predstavlja živo vez med svetovno in domačo razvojno sfero ter strokovnjaki iz industrije oz. uporabniki te tehnike, je enkratna priložnost za predstavitev lastnih idej in razvojnih dosežkov ter kar najhitrejši razvoj v industrijsko prakso, ter je pravi iniciator novih idej. COBISS.SI-ID: 63469057

Advances in production engineering & management. Balič, Jože (glavni urednik 2006-2009). Maribor: Fakulteta za strojništvo, ISSN 1854-6250. <http://apem-journal.org/>. [229859072]

Strojniški vestnik. Balič, Jože (član uredniškega sveta 2009). ISSN 0039-2480. [762116]

Pomemben rezultat programske skupine je integracija raziskovalnih dosežkov v pedagoški proces (dodiplomski in podiplomski). Na ta način dobijo študentje vpogled v raziskovalne in eksperimentalne metode, raziskovalno opremo, programsko opremo in se seznanijo s timskim načinom dela-raziskovanja. 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 čase, razbremenila programerja in upravljavca stroja. Naloga slednjega se bo spremenila iz upravljavca v opazovalca oziroma nadzornika procesa.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	1	
- doktorati	1	1
- specializacije		
Skupaj:	2	1

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi		1	
- gospodarstvo	1		
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	1	1	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	3
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	4
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	6
Skupaj:	13

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

Bilateralni projekt med Slovenijo in Bosno in Hercegovino. Šifra projekta: Bi-Ba/08-09-022. Naslov projekta: INTELIGENTNI PROIZVODNI STROJI IN SISTEMI. Odgovorni nosilec projekta v Sloveniji: Miran Brezočnik

Implementation and utilization of e-learning systems in study area of production engineering in Central European Region. CII-RO-0202-01-0809. Glavni koordinator mreže: Nicolae Ungureanu, Univerza v Baie Mare, Romunija. Lokalni koordinator: Mirko Ficko

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

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

Bilateralni projekt; Številka projekta: Slovenija – Hrvaška; BI-HR/09-10-004; Trajanje projekta: 1.1.2009 do 31.12.2010; Nosilec projekta: prof.dr. Franci Čuš; Naslov projekta: Mreženje in modeliranje razvojnih sposobnosti malih in srednje velikih podjetij.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

Izvajanje in nadaljevanje projekta "Analiza obremenitev izsekovalnih orodij za izdelavo rondelic iz aluminija ", Naročnik "Talum" Kidričevo, Odgovorni vodja projekta dr. Ivo Pahole

Razvoj in izdelava naprave za preizkušanje ostrine robov na otroških igračah; Naročnik: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i Brodogradnje; Odgovorni vodja projekta dr. Ivo Pahole

Uporaba simulacijskih tehnik za razvoj orodij za iztiskovanje Al-zlitin; KALDERA d.o.o., Sl. Bistrica, aplikativni projekt

Tečaj programiranja in upravljanja CNC-rezkalnega stroja v oktobru 2009 za podjetje Titan d.d.

Sodelovanje s Fakulteto za strojništvo Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Naslov projekta oziroma izvršene naloge: Modeliranje materialnih koeficientov suspenzij z genetskimi algoritmi, Oktober 2009.

IMPOL Uvajanje nadzora stanja hidravlične tekočine za ekstrudorsko stiskalnico

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

Dodatnih sredstev ni bilo.

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Dodatnih sredstev ni bilo.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

Dodatnega sofinanciranja ni bilo.

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Ocenjujemo, da je na področju raziskav inteligentnih strojev in sistemov mogoče neposredno uporabiti v praksi približno 1/3 dosedanjih rezultatov (razvoj in izdelavo inteligentne robotske celice, aplikacije robotiziranega rezkanja za izdelavo večjih prototipov in na razvoj tehnologije vzvratnega inženirstva za pridobitev virtualnih modelov robotov). Omenjene rešitve oz. njihove izvedenke se lahko uporabijo v splošni strojni industriji (npr. izdelava večjih prototipov plovil, ohišij, lupin), pa tudi na področju ohranjanja kulturne dediščine (npr. izdelava replik spomenikov, kipov).

Razvitan rešitev adaptivnega vodenja obdelovalnih sistemov omogoča 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%. Konkurenčna prednost razvitega sistema je v njegovi enostavni zgradbi ter enostavni in hitri integraciji na stroj z minimalnimi stroški.

Nova metoda ocenjevanja hitrosti RP/RM naprav je splošno uporabna za ocenjevanje stroškov izdelave pri ponudnikih storitev izdelave z dodajalnimi tehnologijami. V ta namen bi jo morali ponuditi v obliki samostojne programske opreme ali kot nadgradnjo obstoječih sistemov. Dodana vrednost, ki bi jo njena uporaba imela za ponudnike storitev bo prišla do izraza takoj, ko se poveča konkurenca na trgu ponudnikov storitev.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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: 23.120 od tega v letu 2009: 5.780
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
Izvajalci 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
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

Temeljna usmeritev PS je ciljno usmerjeno inteligentno računalniško konstruiranje s sodobnimi (lahkimi) inženirskimi gradivi, ki se uporabljajo v letalski in avtomobilski industriji, medicini, robotiki in na drugih področjih. Za ta gradiva je značilno, da imajo nizko gostoto ter visoko specifično togost in trdnost. Mednje štejemo predvsem kompozitna, hibridna in celična gradiva iz aluminijevih, magnezijevih in titanovih zlitine ter tudi umetnih mas in nano-tekstilij. Predmet raziskav so tudi posebna visokotrdnostna jekla, ki jih uporabljamo za najzahtevnejše visoko obremenjene konstrukcije.

Glavni cilj raziskovalnega dela je temeljito preučiti zgoraj navedena gradiva, analizirati njihove mehanske lastnosti ter na podlagi analitičnih, numeričnih in eksperimentalnih metod podati osnovne smernice za njihovo uporabo pri konstruiranju, dimenzioniranju, vzdrževanju in razgradnji strojnih delov in konstrukcij. Poseben poudarek je namenjen predvsem naslednjim raziskovalnim aktivnostim:

- Dimenzioniranje statično in dinamično obremenjenih strojnih delov in konstrukcij iz zgoraj navedenih gradiv.
- Razvoj metod, algoritmov in modelov za izvajanje najzahtevnejših inženirskih simulacij deformabilnih procesov celičnih gradiv pri statičnih, dinamičnih in udarnih obremenitvah. Za tovrstna gradiva je treba izvesti ustrezne eksperimentalne raziskave za določitev njihovih trdnostnih in drugih lastnosti pri različnih pogojih obremenjevanja.
- Proučevanje lomnih procesov konstrukcijskih komponent iz heterogenih

gradiv in študij celovitosti takšnih konstrukcij. Za doseg tega cilja bo razvit dvoparametrični model mehanike loma, ki bo temeljil na Simhinogovem modelu in teoriji Eshelbyjeve trdnosti materiala in bo upošteval kristalogafske in metalografske značilnosti mikrostrukture obravnavanega gradiva.

- Študija kontaktnih problemov oziroma triboloških sistemov, kjer so zastopani elementi iz zgoraj navedenih gradiv. Poseben poudarek pri teh raziskavah je namenjen vplivu tankih površinskih prevlek (npr. nanoprevlek) ter vplivu maziva na odzivnost tribološkega sistema.
- Razvoj zobniških dvojic (valjastih, stožčastih, polžastih) iz nekovinskih gradiv in ustreznih računskih modelov za njihovo dimenzioniranje. Model bo temeljil na standardu ISO 6336 in bo ustrezno prirejen omenjenim zobniškim dvojicam.
- Vzporedno z vključevanjem sodobnih inženirskih gradiv v proces konstruiranja strojnih delov in konstrukcij bo v okviru nadaljnjih raziskav potekal tudi razvoj inteligentne platforme za podporo ciljno usmerjenemu konstruiranju.
- Poseben sklop bodo v okviru nadaljnjega raziskovalnega dela predstavljali postopki 3D-digitalizacije z namenom izvajanja celostnih meritev in primerjalnih analiz orodij in drugih elementov, izdelanih na podlagi CAD-modelov (postopki vzratnega inženiringa).
- Pomembno področje predstavljajo tudi raziskave aktivnih mehanizmov in haptičnih naprav ter implementacija le-teh v industrijska in druga okolja.

ANG

In the proposed programme is focused on the research of target-oriented intelligent computer-aided design modules using new, light-weight engineering materials, which are increasingly being used in aircraft and automotive industry, medicine, robotics and related fields. Such materials have low density, increased thermal isolation, excellent vibration damping properties etc. The research programme will focus on advanced use of composite, hybrid and cellular materials made of aluminium-, magnesium- and titanium-based alloys, artificial materials and nanotextiles. Research will also cover the use of high-strength steels for most complex designs, which are loaded to a very high specific level.

The main objective of the research programme is to acquire detailed knowledge and understanding of behaviour of above-mentioned materials, to determine their mechanical properties and to develop basic guidelines for use of these materials in relation to design rules, dimensioning, maintenance and dismantling of mechanical components and assemblies. Special attention will be dedicated to the following research activities:

- Dimensioning of statically and dynamically loaded machine parts and assemblies made from the above-mentioned materials.
- Development of methods, algorithms and models for advanced computational engineering simulations of components made of cellular materials and subjected to static, dynamic and impact loading conditions.
- Research of fracture processes of components produced from heterogeneous materials and the complexity of such designs. It is envisaged that a new, two-parametric fracture mechanics model will be developed, based on the Simhinog model and Eshelby's theory of the strength of material, whereby crystallographic and metallographic properties of relevant material microstructure will be considered.
- Research of contact problems related to tribology system of machine elements produced from the above-mentioned materials. Special attention

will be dedicated to the influence of thin surface layers (e.g. nanolayers) and lubrication conditions to the tribology system reaction.

- Study of gear pairs produced from non-metallic materials and development of appropriate computational models for gear dimensioning. The model will be based on existing ISO 6336 standard and adjusted to use of non-metallic materials.
- Along with the development of design rules for use of modern engineering materials in building machine parts and assemblies, the development of intelligent computer platform will be performed to support the target-oriented design process.
- Development of methods for accurate 3D-digitalisation with the purpose to carry out thorough measurements and comparison analyses of tools and other machine elements, produced from CAD-models (reverse engineering).
- Research of active mechanisms and haptic devices and their implementation in industrial and other environments.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

V okviru predlaganega raziskovalnega programa bodo razviti povsem novi postopki za usmerjeno inteligentno podprto računalniško konstruiranje s sodobnimi (lahkimi) inženirskimi gradivi, ki se uporabljajo v letalski in avtomobilski industriji, medicini, robotiki in na drugih področjih. Predvideno znanstveno-raziskovalno delo bo dolgoročno prispevalo k razvoju znanosti na področju računalniškega konstruiranja v širšem (svetovnem) merilu z originalnimi znanstvenimi rešitvami na področju konstruiranja in oblikovanja inženirskih konstrukcij z uporabo sodobnih inženirskih gradiv. V ta namen bodo razvita tudi nova inteligentna programska orodja, originalne numerične metode, algoritmi in modeli za računalniške simulacije najzahtevnejših inženirskih problemov.

Razviti modeli bodo zagotavljali natančnejše in zanesljivejše rezultate opisa odziva urejenih in neurejenih celičnih gradiv pod vplivom udarnih obremenitev. Razvoj konstitutivnih in računalniških modelov bo zagotavljal natančnejše rezultate v bodočih raziskovalnih aktivnostih. Rezultati predlaganega programa bodo predstavljali tudi inovativne in konkurenčne rešitve za povečanje varnosti pri trkih v različnih industrijskih panogah, kar bo nedvomno pripomoglo k razvoju znanosti in stroke ter izboljšavi oziroma izpopolnitvi strokovne osveščenosti na tem področju.

Za dimenzioniranje najzahtevnejših konstrukcij iz visokotrnostnih jekel bodo razviti novi postopki za določitev življenjske dobe le-teh pri kompleksnih dinamičnih obremenitvah. Z ustreznimi eksperimentalnimi raziskavami bodo določeni tudi manjkajoči materialni parametri tovrstnih gradiv. Fundamentalne raziskave nestabilnih lomnih procesov bodo predstavljale bistven prispevek za razvoj znanosti predvsem pri uveljavitvi dvoparametrične mehanike loma kot orodja za popolnejši opis lomnega obnašanja ter neposredni aplikaciji izmerjenih parametrov mehanike loma v laboratoriju za oceno celovitosti dejanskih konstrukcijskih komponent.

Na področju mehanizmov in haptičnih naprav bodo predvidene raziskave omogočale bistveno boljši vpogled v sposobnosti robotov v delovnem prostoru. Prav tako bo možna modifikacija in optimizacija strukturnih parametrov robotov s ciljem doseči homogenejše hitrostno polje v delovnem prostoru. Na področju parametrizacije optimizacijskih nalog ter optimizacije topologije bo opravljeno delo pomenilo prispevek k razvoju novih (boljših) postopkov optimizacije. Predvidevamo, da lahko predvsem razvoj učinkovitih adaptivnih baznih funkcij projektnega elementa pomeni bistven prispevek k razvoju postopkov za optimizacijo topologije tako ravninskih kot prostorskih konstrukcijskih delov.

Razvita izobraževalna orodja bodo podjetjem omogočala vplivati na permanentno poklicno izobraževanje in usposabljanje kot dimenzijo inovacijskega procesa. S tem bomo vzpodbujali

konkurenčnost in gospodarsko rast gospodarstva. Človeku, kot subjektu trga delovne sile, pa bomo nudili prijazno in znanja bogato sodobno informacijsko okolje.

ANG

In the framework of the suggested research programme, entirely new procedures for dedicated intelligent computer-aided design of machine elements made of modern (light-weight) engineering materials will be developed, which will then be used in aircraft and aerospace industry, medicine, robotics and in other fields of application. The planned scientific research work will provide long-term contribution to the development of science in the field of engineering design of modern engineering structures from modern engineering materials. New intelligent software tools, original computational methods, algorithms and models for computer simulations of the most complex engineering problems will be developed for this purpose.

The developed computer tools will enable more precise and more reliable simulations of behaviour of components made from ordered and non-ordered cellular materials under the influence of impact loads. The development of new constitutive and computer models will ensure optimal design of mechanical components made of these materials. The proposed research programme will include innovative and competitive solutions to increase road safety by using innovative cellular materials for reduction of vehicle impact consequences, which will contribute to the development of science and and increase professional awareness in this field.

New procedures will be developed to define the lifetime of most complex engineering structures made from high-strength steel and subjected to dynamic loads. The required material parameters will be determined with a relevant experimental testing programme. Fundamental research of instable fracture processes will represent an essential contribution to science development, primarily in relation to the introduction of two-parametric fracture mechanics method as a tool for better description of fracture behaviour and direct integrity estimation of the actual design components.

In the field of mechanisms and haptic devices, the planned research will enable better understanding of the robot capabilities in its working environment. A modification and optimisations of robot structural parameters will be determined with the objective to achieve a robot speed field homogeneity in the working environment. In the field of parametrization of optimization tasks and topology optimization, the planned research will contribute to the development of more efficient optimization procedures. The development of effective adaptive basic functions of project elements will contribute to further the procedures for topology optimization in relation to surface and volume design parts.

The developed education tools will enable companies to influence permanent professional education and training as one of the dimensions of their innovation process. This will increase their competitiveness and economic growth.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Nova znanja in rezultati raziskav bodo zagotavljali večjo konkurenčnost tako raziskovalne, kakor tudi aplikativne sfere. V tem oziru pričakujemo vzpostavitev močnejših pozicij in poglobljanje identitete slovenskega prispevka na navedenih področjih raziskovalnega dela programske skupine. Prenos novih znanj v industrijsko okolje bo ena izmed osnov za povečanje dodane vrednosti izdelkov in s tem večjo konkurenčnost naših podjetij v skupnem, t.j. evropskem oz. svetovnem trgu.

Na področju dimenzioniranja strojnih delov in konstrukcij člani programske skupine že vrsto let uspešno sodelujejo s številnimi podjetji v Sloveniji. Z razvitimi modeli v okviru predlaganega programa bo tem podjetjem omogočen dostop do najsodobnejših orodij za dimenzioniranje in konstruiranje najzahtevnejših konstrukcij, s čimer bodo lahko bistveno dvignila svojo konkurenčno sposobnost. Predvsem proizvajalci bele tehnike vse več uporabljajo nekovinska gradiva (npr. umetne mase). Rezultati raziskav bodo tem podjetjem nudili potrebna aplikativna orodja za učinkovito konstruiranje s temi gradivi.

Simulacijske analize lahkih gradiv bodo prispevale k učinkovitejši in bolj ekonomični izdelavi posameznih konstrukcijskih komponent (npr. elementov za absorpcijo energije), kar bo nedvomno vplivalo na povečanje varnosti. Slednje sovпада s smernicami in zahtevami Republike Slovenije, predvsem Ministrstva za promet, po zmanjšanju in ublažitvi posledic prometnih nesreč. Povečanje varnosti in zmanjšanje števila poškodb ter žrtev udeležencev v prometu bo posredno vplivalo na krajšo odsotnost zaposlenih z delovnega mesta, zmanjševanje obsega bolniških izostankov in posledično na upadanje motenosti delovnih procesov ter obsega

stroškov zaradi odškodnin. Končni rezultat bodo veliki prihranki v gospodarstvu in zdravstvu.

Na področju mehanizmov in haptičnih naprav bodo predlagane raziskave nudile podporo podjetjem, ki se ukvarjajo z robotskimi aplikacijami ter projektiranjem in izvedbo robotiziranih proizvodnih sistemov. Rezultati bodo pomembni predvsem za razvoj programskih orodij, ki predstavljajo strateško prednost na področju realnega in virtualnega projektiranja robotiziranih proizvodnih sistemov.

Vpeljava inteligentnih računalniških sistemov za namene razvoja novih izdelkov, njihove izdelave, trženja, uporabe in vzdrževanja bo omogočila slovenskim podjetjem učinkovitejši razvoj optimalnih izdelkov in s tem tudi lažje nastopanje na domačem in zahtevnih svetovnih tržiščih. Da bi dosegli zastavljene družbeno-ekonomske učinke bo potrebno upoštevati še optimiranje notranje logistike v celotni organizacijski shemi podjetij, ki bo temeljila na uvedbi metod matematičnega modeliranja ter diskretnih numeričnih simulacijah. Le razvit in s primernim znanjem usposobljen trg delovne sile lahko zagotavlja družbeno-ekonomski razvoj celotne skupnosti.

ANG

New knowledge and research results will increase the competitiveness of Slovenian companies. In relation to this, we expect to acquire a better position and to improve the identity of the Slovenian contribution in listed research fields of the research programme group. Transfer of new knowledge into industry will have a significant role in increasing the added value of products and, consequently, of the competitiveness of our companies in common European, as well as worldwide market.

In the field of dimensioning machine parts and designs, programme group members have been cooperating with a number of Slovenian companies for many years. Through developed models in the framework of the suggested programme, these companies will have access to the latest tools for dimensioning and designing most demanding engineering structures, which will increase their competitiveness. The use of non-metal materials (e.g. artificial materials) by producers of domestic appliances in particular has been increasing. To these companies, research results will provide the applicative tools required for effective product design using these materials.

Simulation analyses of light-weight materials will contribute to more effective and more economic production of individual road safety components (e.g. energy absorption elements), which will increase general safety. This corresponds to the guidelines and requirements of the Ministry of Transport of Republic of Slovenia in relation to the reduction and alleviation of the consequences of traffic accidents. Increased safety and reduction of the number of injuries and casualties in traffic accidents will indirectly shorten the absence of employees from work and the number of days of sick leave; as a result, the disturbances of working processes will be less frequent, and compensation costs will decrease. This will lead to savings in the economy and in the health care system.

In the field of mechanisms and haptic devices, the suggested research will provide support to companies in planning and implementation of robotised productions systems. The results will be of significance primarily for the development of actual and virtual planning of robotised production systems.

Introduction of intelligent computer systems for the purpose of development, production, marketing, use and maintenance of new products will provide Slovenian companies with more effective tools for development of optimal products. To achieve the planned social and economic effects, the optimisation of internal logistics including the total organisation scheme of companies will also be necessary; its basis will be the introduction of methods of mathematical modelling and of discrete mathematical simulations. Social and economic development can be based only on knowledge-driven highly developed labour market.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

V okviru razvoja inteligentne platforme za podporo konstruiranju s sodobnimi gradivi so bile v letu 2009 raziskovalne metode osredotočene predvsem na nadgradnjo temeljnih

konstrukcijskih znanj s specialnimi znanji s področja ciljno vodenega konstruiranja predvsem na področju izbire sodobnih (lahkih) gradiv in z njimi povezanih izdelovalnih postopkov, ter s posebnimi priporočili in smernicami za konstruiranje izdelkov iz teh gradiv. V tem obdobju smo se posvetili predvsem pripravi na razvoj baze znanja inteligentnega svetovalnega sistema za konstruiranje izdelkov iz umetnih mas. Za ustrezno obvladovanje tega področja so potrebna specialna znanja, ki jih večina inženirjev praviloma obvlada slabše, zato je razvoj inteligentne podpore na tem področju potreben in zaželen, obsežni podatki in znanje pa so razpršeni in neurejeni. Zbiranje in urejanje relevantnih podatkov in znanja je zato dokaj težavno in zamudno.

Z uporabo pomočjo nelinearnih računalniških simulacij so bile izvedene temeljne raziskave na področju karakterizacije celičnih gradiv z napredno morfološko strukturo. V sodelovanju z Univerzo v Kumamotu na Japonskem so bili izvedeni tudi eksperimenti preizkušancev iz aluminijastih pen pri udarnih obremenitvah. Visoka deformacijska hitrost preizkušancev je bila zagotovljena z udarnim valom, ki je bil posledica detonacije. Razviti računalniški modeli neurejenih aluminijastih kovinskih pen so bili s pomočjo rezultatov eksperimentalnega testiranja umerjeni in ovrednoteni za uporabo v nadaljnjih parametričnih računalniških analizah.

Glede dimenzioniranja statično in dinamično obremenjenih strojnih delov in naprav iz visokotrdnostnih jekel so bile na osnovi eksperimentalnih raziskav analizirane določene materialne lastnosti. Razvit je bil nov postopek za določitev parametrov malo-cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preskusom. Razvito preskuševališče in pripadajoči računski model sta potem uporabljena pri določevanju utrujenostnih parametrov visokotrdnostnega jekla S1100Q. Nadalje je bil razvit računski model za določitev iniciranja utrujenostnih razpok visokotrdnostnih jekel. Model temelji na obstoječem Tanaka-Mura modelu, pri čemer upošteva tri izboljšave, in sicer: Znotraj kristalnih zrn upošteva možnost iniciranja razpoke na poljubni drsni ravnini. Nadalje omogoča združevanje mikrorazpok na mejah kristalnih zrn in združevanje le-teh v makro razpoko. Prav tako je moč izvesti segmentacijo drsnih ravnin in na ta način natančno analizirati napetostne razmere znotraj kristalnega zrna. Numerična simulacija je izvedena s pomočjo lastnega programskega orodja, ki deluje v okviru programskega paketa ABAQUS.

Analizirani so bili vplivi vsebine C, Mn, Ni, Cu, Cr, Mo, Nb, Ti in B na transformacijske karakteristike in temperaturo rekristalizacije nizkoogljčnih jekel. Omenjeni vplivi so opredeljeni z regresijskimi enačbami za karakterizacijo mikrostrukture, nateznih in udarnih mehanskih lastnosti, kot tudi varivostjo. Raziskava je pokazala, da je mogoče z regresijskimi enačbami sprejemljivo natančno opredeliti pogoje komercialne proizvodnje teh jekel v obliki plošč ali valjanih cev. Na osnovi rezultatov je izdelano novo jeklo z odlično kombinacijo trdnosti, žilavosti in varivosti, ki ga namenjamo predvsem za cevovode in splošno konstruktersko rabo. Prav tako so dobljene dodatne izkušnje in znanja pri snovanju in izdelavi teh jekel v komercialnih valjarnah, s čemer je možno povečati učinkovitost valjanja in proizvodnje. Na osnovi analize so dana priporočila o mejnih količinah niobija v jeklu ob upoštevanju mejnih količin ogljika in magnezija.

V okviru Nacionalnega programa izgradnje avtocest (NPIA) v Sloveniji je bila narejena kompleksna analiza obstoječe prometno – varnostne situacije na slovenskem obstoječem avtocestnem omrežju z namenom definicije kriterijev za "nevarni AC odsek" in določitev nevarnih odsekov na slovenskem AC omrežju. Velika pozornost je namenjena pogojem in ukrepom za zagotavljanje večje pretočnosti ob nezmanjšani ravni prometne varnosti ter uvajanju sodobnih sistemov in organizacijskih ukrepov za zagotavljanje varne, udobne in ekonomične vožnje na celotnem avtocestnem omrežju. Predvsem pretočnost in prometna varnost na slovenskem avtocestnem omrežju pa so v

zadnjem času najbolj pod drobnogledom evropske in slovenske javnosti.

Razvit je bil MR haptični vmesnik, ki s povratno silo omogoča uporabniku vključenost v navidezno ali oddaljeno okolje oziroma raziskovanje v tem okolju s podrejeno napravo. Analizirana je bila gibljivost haptičnega mehanizma s tremi prostostnimi stopnjami. Gibljivost je prikazana grafično, pri čemer je upoštevana tudi omejenost prostora. Razvili smo 3D vizualizacijsko metodo za analizo gibljivosti haptičnih mehanizmov v MR okolju. Ena izmed ključnih stvari pri načrtovanju mehanizma haptičnega vmesnika je tudi izbor pogonskega sistema, da zagotovimo kvaliteten prenos sile. V okviru raziskav na tem področju je predstavljen teoretični model vrvnega pogona za MR-kompatibilen haptični mehanizem s tremi prostostnimi stopnjami. Obravnavana je togost pogona z upoštevanjem histereznega obnašanja in obratovalne lastnosti ob uporabi različnih dimenzij vrvi in vrvenic. Prav tako so predstavljene prilagoditve za zagotovitev MR-kompatibilnosti vrvnega pogona gnanega z elektromotorji. Ta model je v pomoč pri določanju optimalnih lastnosti z izborom materiala, napetosti vrvi, prestavnega razmerja in števila ovojev.

Z namenom načrtovanja sistematiziranega vzdrževanja z ustreznim diagnostičnim nadzorom različnih konstrukcijskih komponent je bila razvita ustrezna metodologija za vrednotenje mehanskih sistemov. Pri tem so izmerjene vrednosti vibracij analizirane s pomočjo valčne analize, pri kateri je zvezna valčna transformacija predstavljala osnovno diagnostično orodje. Diskretna valčna transformacija na osnovi namenske valčne funkcije predstavlja naslednje zelo uspešno in natančno identifikacijsko orodje, ki zanesljivo odkriva nestacionarne pojave v nelinearnih mehanskih sistemih. Izbira namenske valčne funkcije je bila izvedena z generacijo nabora različnih digitalnih filtrov, ki uspešno kreirajo osnovno valčno funkcijo.

Zanesljivost odkrivanja sprememb je izboljšana, kar predstavlja velik napredek v diagnostiki mehanskih sistemov.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

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 Cobis) lahko zaključimo, da je realizacija zastavljenih ciljev primerljiva s časovnim potekom raziskovalnega dela, ki ga ga programska skupina navedla pri prijavi programa.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

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

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Inteligentno izboljševanje konstrukcij na podlagi rezultatov MKE analiz
		<i>ANG</i> Intelligent FEA-based design improvement
Opis	<i>SLO</i> Strukturne analize, katerih izvedba temelji na metodi končnih elementov, so del procesa konstruiranja mnogih izdelkov. Obstoječa komercialna programska ni sposobna nuditi ustrezne podpore v zadnji fazi analize, ko mora konstrukter oceniti ter izboljšati izdelek. Kot podporo v procesu optimizacije konstrukcij na podlagi rezultatov analize po metodi končnih elementov, je bil razvit prototip inteligentnega posvetovalnega sistema. Kljub temu, da je bil članek dejansko objavljen spomladi 2009 je bil vključen še v zadnjo številko letnika 2008.	
	<i>ANG</i> Structural analysis using the finite element method is an integrate part of the design process for many components. The existing commercial software still fails to provide adequate support in the last phase of the analysis when design candidate needs to be evaluated and improved. The prototype of an intelligent rule-based consultative system was developed to provide an advice supporting analysis-based design improvement process. Although the article was actually published in spring 2009 it was included in the last issue of the year 2008.	
Objavljeno v	NOVAK, Marina, DOLŠAK, Bojan. Intelligent FEA-based design improvement. Eng. appl. artif. intell.. [Print ed.], 2008, vol. 21, iss. 8, str. 1239- 1254.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	12734742	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Dinamični odziv kompozitih struktur votlih kovinskih krogel
		<i>ANG</i> Dynamic behaviour of metallic hollow sphere structures
Opis	<i>SLO</i> Poglavlje obravnava dinamični odziv in karakterizacijo struktur kovinskih votlih krogel (MHSS), ki tvorijo inovativno skupino gradiv z zelo nizko gostoto. Poglavlje opisuje metodologijo in rezultate računalniškega testiranja za obrazložitev in določitev posameznih vplivov na makroskopski odziv MHSS, še posebej pod vplivom enoosnih dinamičnih obremenitev. Dodatno je bil obravnavan tudi vpliv plina v kovinskih kroglah na odziv MHSS in njihova sposobnost absorpcije udarne energije.	
	<i>ANG</i> The chapter focuses on the dynamic behaviour and characterization of metallic hollow sphere structures that constitute an innovative group of lightweight materials. The chapter explains the methodology and results of computational experimenting to clarify and determine the individual influences on the macroscopic behaviour of MHSS, especially under uniaxial dynamic loading conditions. Furthermore, the influence of gas inside the metallic spheres on behaviour of metallic hollow sphere structures and their capability of impact energy absorption is addressed.	
Objavljeno v	VESENJAK, Matej, FIEDLER, Thomas, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas. Dynamic behaviour of metallic hollow sphere structures. V: ÖCHSNER, Andreas (ed.), AUGUSTIN, Christian (ed.). Multifunctional metallic hollow sphere structures : manufacturing, properties and application, (Engineering materials). Berlin; London: Springer, cop. 2009, p. 137-158.	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
COBISS.SI-ID	13350934	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv zaostalih napetosti v območju praga utrujenostne rasti razpoke
		<i>ANG</i> Fatigue crack propagation in threshold regime under residual stresses
Opis	<i>SLO</i> V članku je analiziran vpliv zaostalih napetosti na širjenje utrujenostne razpoke v območju blizu praga širjenja razpoke. Utrujenostni preskusi so izvedeni s tritočkovnim upogibnim preskušancem z enostansko razpoko, ki je predhodno izrezan iz zavarjene plošče. Na podlagi določenih predpostavk je mogoče določiti faktor intenzivnosti napetosti kot posledica zaostalih napetosti v preskušancu.	

		ANG	The effect of residual stresses on the fatigue crack propagation was analysed for a loading regime close to threshold stress intensity factor range. Fatigue crack propagation experiments were performed on single edge notched bending specimens machined from a welded plate. By using some simplifications it is possible to estimate the limit values of the stress intensity factor induced by the residual stresses. at selected regions.
	Objavljeno v		PREDAN, Jožef, PIPPAN, Reinhard, GUBELJAK, Nenad. Fatigue crack propagation in threshold regime under residual stresses. Int. j. fatigue. [Print ed.], Available online 4 January 2010, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2009.12.006.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13792534
4.	Naslov	SLO	Uporaba valčne analize za identifikacijo razpok na zobniku
		ANG	Wavelet analysis for gear crack identification
	Opis	SLO	Morebitna prisotnost poškodbe se odkrije s pomočjo izmerjenih vibracij. Prikazan je vpliv razpoke v korenu zoba na odziv izmerjenih vibracij pri enostopenjskem zobniškem gonilu. Različne metode analize signalov so uporabljene za analizo signalov dobljenih pri preizkušanju. Iskanje nestacionarnih pojavov v izmerjenih signalih potrebuje časovno-frekvenčno analizo, katere predstavnik je valčna analiza. Tipični spektrogrami in skalogrami prikazujejo odziv sistema na prisotnost poškodbe na zelo nazoren način.
		ANG	The influences of a crack in a single-stage gear unit on produced vibrations are presented. Different methods are used to analyse signals acquired by experiments. Signal analysis has been carried out in relation to a non-stationary signal, using the family of Time Frequency Analysis tools, such as Wavelets Analyses. Typical spectrogram and scalogram patterns resulting from reactions to faults or damages indicate the presence of damages in a very reliable way.
	Objavljeno v		BELŠAK, Aleš, FLAŠKER, Jože. Wavelet analysis for gear crack identification. Eng fail. anal.. [Print ed.], 2009, vol. 16, iss. 6, str. 1983-1990, doi: 10.1016/j.engfailanal.2008.12.002., JCR IF: 0,441, SE (77/105), engineering, mechanical
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13206806
5.	Naslov	SLO	Analiza utrujanja navojnega droga
		ANG	Fatigue assessment of piston rod threaded end
	Opis	SLO	Članek prikazuje analizo vpliva konstrukcijske izvedbe navoja pri dinamično obremenjenem navojnem drogu. Predhodna izvedba z navojem M74 × 3 je nadomeščena z novo izvedbo M76 × 2. Posledica navedene spremembe so manjše napetosti v jedru navoja, vendar ima manjši navoj manjšo zaokroženje korena navoja, kar povzroči večjo koncentracijo napetosti in posledično krajšo življenjsko dobo pri dinamični obremenitvi.
		ANG	The paper deals with the research on the influence of different thread type on the piston rod fatigue life. Previously used piston rods used M74 × 3 threads, but redesigned rods are compromising M76 × 2. Due to changes in thread type the supplier was convinced that changes will affect lowering stresses in thread core which is true, but they have overlooked the fact that lowering the pitch will also lead to lowering the thread root radius which leads to the significant rise of stress concentration and therefore lower the fatigue life.
	Objavljeno v		KNEZ, Marko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. Fatigue assessment of piston rod threaded end. Eng fail. anal.. [Print ed.], 2009, vol. 16, iss. 6, str. 1977-1982 JCR IF: 0.722 max
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13006870

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	SLO Gostujoča predavanja na tujih univerzah

		ANG	Visiting lectures at foreign universities
Opis	SLO		Vsebina gostujočih predavanj na Univerzi v Mostarju, BiH (Intelligentni CAD sustavi) in na Tehniški Univerzi v Brnu, Češka Republika (Knowledge based engineering) se nanaša na uporabo metod umetne inteligence kot podpore odločitev v procesu razvoja novih izdelkov, ter se tako neposredno navezuje na vsebino raziskovalnega dela programske skupine.
	ANG		The contents of the visiting lectures at University of Mostar, BiH (Intelligent CAD systems) and at Technical University of Brno, Czech Republic Knowledge based engineering) is related to artificial intelligence application for decision support in product development process. As such, these lectures are strongly related to the research work of our programme.
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi		
Objavljeno v	DOLŠAK, Bojan – osebna bibliografija		
Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi		
COBISS.SI-ID	13201686		
2. Naslov	SLO		Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij
	ANG		Fatigue Strength of Thermally Cut Structural Elements
Opis	SLO		Doktorska disertacija obravnava numerično simulacijo iniciranja mikro razpok. Disertacija temelji na tanaka-Mura modelu, kateremu so ddane tri izboljšave. Prva se nanaša na formiranje več drsnih ravnin znotraj kristalnih zrn, vzdolž katerih lahko nastanejo mikro razpoke. Druga zajema združevanje razpok na kristalnih mejah, tretja pa segmentacijo drsnih ravnin znotraj kristalnih zrn.
	ANG		The presented thesis deals with numerical simulation of micro-crack initiation that is based on Tanaka-Mura model. Three improvements were added to this model. Firstly, multiple slip bands where micro-cracks may occur are used in each grain. Second improvement deals with micro-crack coalescence by extending existing micro-cracks along grain boundaries and connecting them into a macro-crack. The third improvement handles segmented micro-crack generation.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom		
Objavljeno v	JEZERNIK, Niko. Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij : doktorska disertacija. [Maribor: N. Jezernik], 2009. XVI, 101 str., ilustr., preglednice. http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=10011 .		
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
COBISS.SI-ID	247801856		
3. Naslov	SLO		Analiza obremenitev izsekovalnih orodij za izdelavo rondelic iz aluminija
	ANG		Load analysis of punching tools for aluminium slugs
Opis	SLO		V sodelovanju s podjetjem Talum je bila izvedena analiza obremenitev izsekovalnih orodij za izdelavo rondelic iz aluminija. Pri povečani hitrosti izsekovanja je prihajalo do napak zaradi neustrezne konstrukcije orodja. Opravljene so bile dinamične nelinearne analize postopka izsekovanja z namenom določitve obremenitev orodja, nato pa je bila izvedena vrsta numeričnih analiz s temi obremenitvami na spremenjenih modelih orodja. Na osnovi rezultatov analiz je bil izbran optimalen model za konstrukcijo novega orodja za izsekavanje rondelic iz aluminija.
	ANG		In collaboration with firm Talum load analysis of punching tools for aluminium slugs production was conducted. Increased speed of punching caused production faults due to inadequate design of punching tool. Existing tool was analyzed using nonlinear dynamic analyses, resulting in accurate loading condition, which were then applied to several modified analysis models of punching tool. Based on analysis results the optimal model was selected for the design of new punching tool for production of aluminium slugs.
Šifra	F.07 Izboljšanje obstoječega izdelka		
Objavljeno v	ULBIN, Miran, VESENJAK, Matej, PAHOLE, Ivo, REN, Zoran. Numerical analysis of punching tools for aluminium slugs. V: Proceedings of the 6th International Congress of Croatian Society of Mechanics Dubrovnik, Croatia, September 30 - October 2, 2009, (Besedilni podatki). Zagreb: Croatian Society of Mechanics, cop. 2009, 8 str.		
Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci		

	COBISS.SI-ID	13655574
4.	Naslov	<i>SLO</i> Izboljšanje pedagoškega procesa na osnovi eksperimentalnih študij
		<i>ANG</i> Enhancement of educational process using experience based approaches.
	Opis	<i>SLO</i> Monografija prikazuje probleme in izzive pedagoških delavcev s področja znanosti, matematike in tehnike v Sloveniji.
		<i>ANG</i> The monograph shows the challenges of science, mathematics and technology teacher education in Slovenia.
	Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
	Objavljeno v	ABERŠEK, Boris, PLOJ VIRTič, Mateja. Enhancement of educational process using experience based tutoring approaches. V: LAMANAUSKAS, Vincentas (ur.). Challenges of science, mathematics and technology teacher education in Slovenia, (Problems of education in the 21st century, vol. 14). Siauliai: Scientific Methodological Center Scientia Educologica, 2009, str. 7-23.
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID	17294600	
5.	Naslov	<i>SLO</i> Analiza prometnih nesreč na slovenskem AC omrežju
		<i>ANG</i> Analysis of traffic accidents in the Slovenian highway network
	Opis	<i>SLO</i> Poglavitni namen naloge je bil analizirati obstoječo prometno – varnostno situacijo na slovenskem obstoječem avtocestnem omrežju z namenom definicije kriterijev za "nevarni AC odsek" in določitev nevarnih odsekov na slovenskem AC omrežju. Drugi namen naloge je ugotoviti ali obstaja kakšna povezava med nevarnimi AC odseki in infrastrukturnimi objekti na AC omrežju.
		<i>ANG</i> The main aim of the study was to analyze the existing traffic safety situation in the Slovenian highway network with the existing definition of criteria for highway "dangerous" segments and the determination of dangerous sections of the Slovenian highway network. The second purpose of this project is to determine whether there is a connection between the dangerous highway sections and the infrastructure facilities at the highway network.
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve
	Objavljeno v	Objavljeno: TOLLAZZI, Tomaž, ZORIN, Ulrich, KOSTANJŠEK, Jure, ŽURA, Marijan, LIPAR, Peter, ŠRAML, Matjaž, LAKOVIĆ, Stanko, RENČELJ, Marko, MEGLIČ, Vladimir, BRATINA, Barbara, KARNIČNIK, Tomaž, LERHER, Tone. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Center za prometne gradnje; Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut, 2009.
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID	13008662	

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

--

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	4	
- doktorati	5	4
- specializacije		
Skupaj:	9	4

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število	Število	Število

	doktorjev	magistrov	specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi			
- gospodarstvo	5	4	
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	5	4	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	1
Skupaj:	1

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

<p>KRAMBERGER, Janez, LASSEN, Tom, GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, GLIHA, Vladimir, VUHERER, Tomaž, PUČKO, Bogdan, HENRIKSEN, Jan. Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivost varjenih konstrukcij : znanstveno tehnološko sodelovanje z Norveško, 2007 - 2009 = Fatigue life prediction and reliability of welded structures : Slovenia - Norwegian cooperation in science and technology, 2007-2009, project report. Maribor: Fakulteta za strojništvo; Grimstad, Norway: University of Agder, Faculty of Technology and Science, 2010. [4] f. [COBISS.SI-ID 13817878]</p> <p>KRAMBERGER, Janez, RŪŽIČKA, Milan, GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, GLIHA, Vladimir, VUHERER, Tomaž, RUDOLF, Rebeka, ŠRAML, Matjaž, ŠPANIEL, Miroslav, JURENKA, Josef, PAPUGA, Jan, DOUBRAVA, Karel, HRUBY, Zbynek. Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla : znanstveno tehnološko sodelovanje s Češko republiko, 2008 - 2009 = Effect of laser cutting on the fatigue strength of steel : Slovenia - Czech Republic cooperation in science and technology, 2008-2009, project report. Maribor: Fakulteta za strojništvo; Prague: Czech Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of mechanics, biomechanics and mechatronics, 2010. [4] f. [COBISS.SI-ID 13866774]</p> <p>Bilateralni znanstveno-raziskovalnega projekt sodelovanja med Republiko Slovenijo in Japonsko (vodja: prof. Ren; št. Pogodbe: BI-JP/09-11-001).</p> <p>MOSTIS, E3927, Mobile Structural Integrity System, Eureka</p> <p>COMET, A4.11, Damage evolution – experiments and simulation from micro to macro scale, Center odličnosti Avstrijske Akademije za znanost v okviru MCL Leoben</p> <p>Bilateralni znanstveno-raziskovalnega projekt sodelovanja med Republiko Slovenijo in Francijo: Vpliv vodika na iniciacijo utrujenostne razpoke v jeklih za cevovode (vodja: prof. Gubelj; št. pogodbe: BI-FR/09-10-PROTEUS-013).</p> <p>Bilateralni znanstveno-raziskovalnega projekt sodelovanja med Republiko Slovenijo in Argentino: Aplikacija normalizacijske metode za določevanje lomne žilavosti heterogenih materialov (vodja: prof. Gubelj; št. pogodbe: BI-ARG/09-11-1 3).</p> <p>Bilateralni znanstveno-raziskovalnega projekt sodelovanja med Republiko Slovenijo in Srbijo: Preprečitev porušitve v nehomogenih materialih in konstrukcijah (vodja: doc. Predan; št. pogodbe: BI-RS/08-09-036).</p>
--

Sodelovanje z Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften, Universität Bayreuth, Nemčija v okviru programa medsebojnega sodelovanja med Univerzo v Mariboru in Univerzo v Bayreuthu.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

REN, Zoran, GLODEŽ, Srečko, GÖNCZ, Péter. Preračun revizijskih odprtih tlačnega cevovoda. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2009. 19 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 13083926]
Matej. Tehniška dokumentacija poštne opreme, Dostavniki. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za zahtevne računalniške simulacije, 2009. 28 risb, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 13921814]

REN, Zoran, VESENJAK, Matej. Tehniška dokumentacija poštne opreme, Nabiralniki. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za zahtevne računalniške simulacije, 2009. 93 risb, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 13922070]

REN, Zoran, VESENJAK, Matej. Tehniška dokumentacija poštne opreme, Potovniki. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za zahtevne računalniške simulacije, 2009. 60 risb, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 13922326]

REN, Zoran, VESENJAK, Matej, GAČNIK, Franci. Tehniška dokumentacija poštne opreme, Potovniki. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za zahtevne računalniške simulacije, 2009. 79 risb, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 13921302]

REN, Zoran, VESENJAK, Matej, BELŠAK, Aleš, GAČNIK, Franci. Tehniška dokumentacija poštne opreme, Zabojniki. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za zahtevne računalniške simulacije, 2009. 127 risb, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 13921558]

STANA-KLEINSCHEK, Karin, SFILIGOJ-SMOLE, Majda, KREŽE, Tatjana, STRNAD, Simona, ŠAUPERL, Olivera, FRAS ZEMLJIČ, Lidija, ABRAM-ZVER, Marta, RUDOLF, Andreja, KREŠEVIČ VRAZ, Silva, GERŠAK, Jelka, REN, Zoran, ULBIN, Miran, KOS, Tanja, PETROVIČ, Romana, DEBELAK, Franci, ŽLABRAVEC, Vera, RIJAVEC, Tatjana, PAVKO-ČUDEN, Alenka. Funkcionalno oblačilo slovenskega bojevnika FOSB : zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu ciljnega raziskovalnega programa (CRP) "Znanje za varnost in mir 2006-2010", (Slovenska vojska v okviru 21. stoletja). Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2009. 52 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 13653270]

GLODEŽ, Srečko, GUBELJAK, Nenad, GÖNCZ, Péter. 2D numerical analysis of stress concentration around surface crack due to contact loading. [Maribor: Faculty of Natural Science and Mathematics: Faculty of Mechanical Engineering, 2009]. 7 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 16711688]

POTOČNIK, Rok, GLODEŽ, Srečko, VUHERER, Tomaž, GOLJUF, Leopold, SKEBE, Danilo. Experimental analysis of a raceway of a double row bearing 4755B after high cycle contact loading : technical report.

KRAMBERGER, Janez, GÖNCZ, Péter, VUHERER, Tomaž, GLODEŽ, Srečko. Structural analysis of the torsional spring in a car seat. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Structures and Design, 2009. III, 18 str., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 13574422]

N. GUBELJAK. Fracture toughness testing of weld joints and structural steels. Industrijsko razvojni projekt s podjetjem Palfinger.

N. GUBELJAK. Određivanje pukotinske žilavosti materijala lopate radnog kola turbine za HE Dubrava. Industrijsko razvojni projekt s podjetjem Litostroj.

N. GUBELJAK. Aplikacija mehanike loma pri revitalizaciji energijskih komponent (4. del). Industrijsko razvojni projekt z NEK.

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

V obdobju leta 2009 ni bilo sodelovanja članov PS v OP 7.

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Dodatna finančna sredstva smo porabili v skladu z ARRS klasifikacijo razdelitve finančnih sredstev za razred C.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

V letu 2009 ni bilo dodatnega financiranja PS na osnovi sodelovanja v pedagoškem procesu.

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Kot je razvidno iz poročila o realizaciji raziskovalnega programa v letu 2009 (glej točko 4), so bili v prvem letu izvajanja programa postavljeni osnovni temelji za raziskovalno delo v naslednjih letih. Kljub temu so že bile izvedene nekatere raziskave, katerih rezultati so že uporabni tudi v praksi. Slednji se tičejo predvsem eksperimentalnih rezultatov preskušancev iz aluminijevih pen pod udarnimi obremenitvami, ki so bili izvedeni na Japonskem. Prav tako so bili določeni parametri nizkocikličnega utrujanja visokotrnostnega jekla S1100Q. Z uporabo teh parametrov je moč dimenzionirati dinamično obremenjene konstrukcije iz omenjenih jekel z napetostno ali deformacijsko metodo. Na osnovi eksperimentalnih rezultatov glede analize vpliva elementov C, Mn, Ni, Cu, Cr, Mo, Nb, Ti in B na transformacijske karakteristike in temperaturo rekristalizacije nizkoogljčnih jekel pa je bilo razvito novo jeklo z odlično kombinacijo trdnosti, žilavosti in varivosti, ki ga namenjamo predvsem za cevovode in splošno konstruktersko rabo. Na področju mehanizmov je bil razvit haptični vmesnik, ki omogoča izvajanje določenih aktivnosti v navideznem okolju.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0196
Naslov programa	Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu
Vodja programa	6428 Leopold Škerget
Obseg raziskovalnih ur	skupaj: 28.050 od tega v letu 2009: 5.610
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 263 Turboinštitut - Inštitut za turbinske stroje 797 Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Družbeno-ekonomski cilj	05. Energija

2. Povzetek¹

SLO

Jedro raziskovalnega programa predstavlja obravnava prenosnih pojavov, tj. prenosa gibalne količine, toplote in snovi, v eno in večfaznih oz. večsestavinskih termodinamičnih sistemih. Razvoj novih eksperimentalnih in numeričnih tehnik reševanja prenosnih pojavov omogoča popolnejše razumevanje in napovedovanje energijskih, masnih in snovskih tokov v modernih tehniških napravah in sistemih, in posledično vodi k boljšim rešitvam v tehničnem, ekonomskem in okoljskem pomenu. Zaradi prevladujočega vpliva turbulence v prenosnih pojavih razvijamo nove tehnike modeliranja turbulentnih tokov na osnovi Metode robnih elementov, predvsem v smeri izkoriščanja prednosti hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb. Ob tem smo razvili nove računsko intenzivne algoritme za reševanje rezultirajočih numeričnih modelov, ki so nujna osnova za nadaljnji razvoj modeliranja turbulentnih tokov, še posebej v smeri časovno spreminjajoče turbulence. Raziskave na tem področju so na eksperimentalnem področju usmerjene v raziskavo nestacionarnih razmer v turbinskih strojih, še posebej v režimu kavitacijskega obratovanja, ki predstavlja razširitev sistema v področje večfaznega toka. Numerično modeliranje in simulacija slednjega je bila uspešno vključena v lastnem programskem paketu a 3D tok tekočine in sicer na osnovi Lagrangevega sledenja razpršene faze. Spoznanja tega dela so bili neposredno uporabljeni na področju industrijskih raziskav razpršilnega sušenja in delovanja razpršilnih stolpov. Na področju dinamike reaktivnega toka nadaljujemo razvoj numeričnih modelov zgorevanja v plinasti in trdni fazi s posebnim poudarkom na zgorevanju biomase in goriv iz odpadkov. Na področju motorjev z notranjim zgorevanjem se nadaljuje delo na študiju alternativnih goriv in njihove okoljske primernosti. Raziskave na področju

numeričnega modeliranja nadgrajujemo z razvojem modernih senzorjev in senzorskih sistemov za merjenje ekoloških in procesnih parametrov. Osnovno raziskovalno delo dopolnjujemo s prenosom spoznanj predvsem na podiplomski in delno dodiplomski študij Strojništva in Tehniškega varstva okolja.

ANG

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

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Novi numerični algoritmi za reševanje prenosnih pojavov v večfaznih turbulentnih tokovih na osnovi reševanja hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb omogočajo kvalitativno izboljšan vpogled v lokalno tokovno dogajanje, predvsem v smislu študija vrtinčnih struktur in njihove interakcije z ostalimi prenosnimi pojavi. Lastna programska oprema, razvita v programski skupini, ki smo jo v preteklem letu izpopolnili z novimi tehnikami reševanja večfaznih tokov, izpopolnjenimi algoritmi za simulacijo turbulentnega toka in pohitritvijo izračuna sistemov enačb, predstavlja rezultat dela v preteklem obdobju raziskovanja. Raziskave na področju numeričnega modeliranja zgorevanja iz odpadkov pridobljenih goriv imajo neposreden pomen za posodobitev obstoječih in razvoj novih modelov heterogenega zgorevanja trdnih goriv pri spremenljivih pogojih. Na ta način se dosegajo možnosti poglobljenega študija vplivnih dejavnikov na doseganje pogojev popolnega zgorevanja, ki je ključnega pomena pri zmanjšanju okoljskih vplivov različnih postopkov energijske izrabe odpadkov. Povečuje se možnost uporabne CFD orodja za razvoj baznega inženiringa, ki predstavlja osnovo delovanja centralnega nadzornega sistema objekta energijske izrabe odpadkov, ki mora zagotavljati učinkovito delovanje kurilne naprave v različnih režimih obratovanja. Na osnovi analize rezultatov je mogoče posredno ugotavljati uporabnost v začetku

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

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

ANG

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

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

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

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Opravljenе raziskave in razviti novi numerični algoritmi in simulacijska orodja imajo neposreden in posreden vpliv na razvoj Slovenije. Neposredni vpliv je viden v številnih izvedenih raziskovalnih projektih za gospodarske in družbene partnerje, v katerih so bila uporabljena nova spoznanja iz opravljenega raziskovalnega dela, tako na področju energetskega strojništva, procesne tehnike in okoljskega inženirstva. Posredni vpliv predstavlja prenos ustvarjenega novega znanja na študente podiplomskih študijskih programov Strojništvo in Tehniško varstvo okolja, tako na nivo izvajanja posameznih študijskih vsebin kot neposredno v izdelavo magistrskih in doktorskih nalog. Raziskovalno sodelovanje z gospodarstvom je dodatno vplivalo tudi na razvoj in akreditacijo prenovljenega magistrskega študijskega programa Strojništvo in novega magistrskega študijskega programa Tehniško varstvo okolja v okviru Univerze v Mariboru.

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

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

V industriji se v fazi razvoja novih proizvodov vedno več uporabljajo numerične metode in modeliranje različnih procesov z uporabo računalnikov. Pomemben družbeni segment, ki pri razvoju novih proizvodov uporablja predstavljene metode je energetika, še posebej obnovljivi viri energije - hidroenergija. Z uporabo najsodobnejše programske, ki jo razvijamo in testiramo v okviru raziskovalnega programa in sodobne strojne opreme, lahko rezultati raziskav pomagajo slovenski industriji, da konkurenčno nastopa na svetovnem trgu. Rezultati raziskav so koristni za zmanjšanje škodljivih emisij in za izboljšanje triboloških in ostalih parametrov dizelskih motorjev pri uporabi različnih biogoriv. Prav tako so uporabni za preprečevanje različnih problemov na posameznih komponentah motorja pri uporabi različnih biogoriv. Vsekakor pa so izsledki raziskav pomembni tudi za domače proizvajalce biogoriv (Biogoriva d.o.o.), tako v zvezi z izbiro ustreznih surovin in proizvodnih tehnologij.

V okviru obstoječih razvojno raziskovalnih projektov smo vzpostavili tesno sodelovanje s partnerji iz gospodarstva doma in v tujini, ki so neposredni uporabniki razvojno raziskovalnih dosežkov na področju zgorevanja in energijske izrabe odpadkov. KIV d.d. je vodilno slovensko podjetje na področju razvoja in proizvodnje srednje velikih sistemov termične obdelave odpadkov s pridobivanjem energije iz sproščene toplote s katerim smo sodelovali pri razvoju in izgradnji prve sežigalnice iz odpadkov pridobljenega goriva v Sloveniji, Toplarna Celje.

Strateška povezava raziskovalne skupine s podjetjem KIV d.d. v okviru obstoječih projektov RIP (financiranih s strani agencije TIA) z domačimi (IOS d.o.o., EmTronic d.o.o., Surovina d.d.) in britanskimi partnerji (Lang O'Rourke, BIFA, ORCHID BioEnergy Limited) odpira možnosti mednarodnega sodelovanja na področju razvoja specialnih kurilnih naprav, ki lahko obratujejo v različnih režimih obratovanja (uplinjevalni, uplinjevalno-zgorevalni, zgorevalni). Naveza podjetja KIV d.d. z angleškimi partnerji nudi ostalim podjetjem v skupini hitrejši in učinkovitejši vstop na okoljsko najbolj ozaveščen in zahteven trg.

ANG

The research and newly developed numerical algorithms and simulation tools have an indirect and direct influence of the development of Slovenia. Indirect influence is seen in the numerous research projects performed for the industry, where new knowledge obtained through research in the field of energy, process and environmental engineering was used. Indirect influence is the transfer of accumulated knowledge on the students of postgraduate programs of mechanical engineering and technical environmental protection in the framework of courses and within masters and doctoral thesis. Research cooperation with industry has additionally influenced the development and accreditation of modernized masters programme of mechanical engineering and new masters program technical protection of environment within the University of Maribor. Results of research of our research group will have long term importance for the increase of new work positions. Vision of development of companies with which we cooperate is based on continuous increase of competitive capacity and assurance of top quality and incensement of added value of their products.

In the field of energy and process engineering we have a long term cooperation with Hella-Saturnus for the development of simulation models for thermal load of illuminants, as well as cooperation with Turboinštitut in the field of turbine development. With Turna, d.o.o. we work in the field of development of sealants for cold-storage plants. With Esotech, d.d. we work in the field of research into spray colons for excretion of sulphur compounds out of gases.

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

In the field of engine development the results of investigations are useful for harmful engine emissions reduction, improvement of the tribology parameters, and for necessary engine adjustments when using biofuels. Another benefit are in the prevention of problems on various engine components when using biofuels. Furthermore, the investigation results are very important for domestic biofuel producers (Biogoriva d.o.o.) for the selection of the most suitable raw materials and the production technologies. Finally, the investigation results at our faculty are useful both to reduce emissions and to stimulate the usage of alternative fuels in Slovenia. Within existing research programmes we established close cooperation with industrial partners from home and abroad, which are direct users of research and development in the field of combustion and in the field of using waste as an energy source. KIV, d.d. is the leading Slovenian company in the field of development and manufacturing average size waste incineration systems, where the released energy is harnessed. With KIV we cooperated in the development and construction of the first waste fuel incineration plant in Slovenia – Toplarna

Celje. Strategic cooperation with KIV, d.d. in the framework of RIP projects (financed by TIA) and local (IOS d.o.o., EmTronic d.o.o., Surovina d.d.) and British (Lang O'Rourke, BIFA, ORCHID BioEnergy Limited) partners opens the possibility for international cooperation for development of special combustion chambers, which can operate in different operation regimes (gasification, gasification-combustion, combustion). Cooperation of KIV, d.d. with British partners enables other companies in the group faster and more efficient introduction in the environmentally aware and competitive market.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

V letu 2009 smo se ukvarjali z razvojem algoritma za tok tekočine in prenos toplote na podlagi metode robnih elementov. Poseben poudarek smo dali raziskavam metod, ki pospešijo izvajanje algoritma, kot so: metoda hitrih multipolov, metoda »adaptive cross approximation«, valčna transformacija. Po implementaciji omenjenih metod v algoritem smo primerjali učinkovitost na simulaciji uveljavljenih primerov iz področja toka tekočin in prenosa toplote. Ugotovili smo, da je za vse metode značilno približno enako razmerje med pohnitvijo izračuna in med napako, ki jo v izračun vnesejo. Opazili smo tudi, da je uporaba teh aproksimativnih metod najbolj učinkovita pri šibko nelinearnih problemih, saj se pri močno nelinearnih problemih napaka, ki jo v izračun vnesejo preveč poudari.

Razvite metode smo uporabili tudi za simulacijo stisljivih tokov. Ukvarjali smo se s termoakustičnimi valovi, ki jih povzroči nenadna temperaturna motnja. Takšni valovi potujejo po prostoru s hitrostjo zvoka, zato v tokovnem polju povzročajo velike gradientne tokovnih veličin in zahtevajo gosto računsko mrežo in natančen numeričen algoritem. Uporabljali smo idealni plin z lastnostmi, ki so bile odvisne od tlaka in temperature.

Nadalje smo se ukvarjali z razvojem algoritma za simulacijo turbulentnih tokov. Uporabili smo hitrostno vrtnično formulacijo Reynoldsovo povprečenih Navier-Stokesovih enačb in metodo robnih elementov. V algoritem smo vključili več RANS in URANS modelov. Med njimi 1-enačbeni turbulentni model; Spalart-Allmares ter 2-enačbene LRN modele, kot npr.: Fan- Lakshiminarayana-Barnett turbulentni model, Launder-Sharma turbulentni model, Nagano- Kim turbulentni model ter Abe-Kondoh-Nagano turbulentni model. Algoritem smo testirali na standardnih problemih, za katere so znane rešitve direktne numerične simulacije, kot so tok v kanalu in tok preko stopnice.

Tako laminaren kot tudi turbulenten algoritem smo paralelizirali, tako da je omogočeno izvajanje simulacij na več procesorjih hkrati. Za komunikacijo smo uporabili knjižnico MPI. Raziskali smo učinkovitost paralelizacije in primerjali različne pristope k paralelizaciji, kot so na primer razdelitev območja na podobmočja in paralelizacija na nivoju sistemov linearnih enačb.

Delo na področju numeričnega modeliranja večfaznega toka je bilo nadaljevano v smeri vključevanja dodatnih fizikalnih vplivov v model Lagrangevega sledenja delcev. Osredotočili smo se na gibanje trdnih delcev v toku newtonske tekočine, ter upoštevali sile upora, teže in vzgona, navidezne mase in gradienta tlaka, ki delujejo na delce v toku tekočine. Zaradi računske zahtevnosti smo model izboljšali z vključitvijo dinamičnega določanja zaustavitvenega kriterija pri iterativnem izračunu rezultirajočih sistemov enačb, kar je pomembno skrajšalo računske čase. Razviti numerični algoritem smo preizkusili na značilnih testnih primerih in potrdili njegovo natančnost in primernost za uporabo pri simulacijah zahtevnih problemov prenosa toplote in snovi. Izsledki razvoja modela so bili uporabljeni pri modeliranju razpršenih tokov trdnih delcev, in sicer v mokrem pralniku dimnih plinov in pri razširjanju prašnih delcev iz odlagališča odpadkov. Na področju modeliranja vpliva mikro delcev smo razviti model toka mikropolarnih tekočin razširili na prenos toplote z mehanizmom naravne konvekcije, ter izvedli analizo vpliva mikro delcev

na temperaturno in tokovno polje mikropolarnih tekočin. Ugotovili smo, da upoštevanje mikro rotacije mikro delcev vpliva na prenos gibalne količine v tekočini, s tem pa tudi na učinkovitost konvektivnega mehanizma prenosa toplote.

V letu 2009 je bil dokončan nov pristop k numeričnemu modeliranju tokov mikropolarnih tekočin z metodo robnih elementov. Sama teorija mikropolarnih tekočin zajema določene reološko kompleksne tekočine, pri katerih je prisoten še mehanizem rotacije notranjih struktur toka tekočine, kar ni zajeto v klasičnem sistemu Navier-Stokesovih enačb. Reševanje toka tekočine je izvedeno s pomočjo teorije mikropolarnih tekočin z vključitvijo dodatnih členov v prenosno enačbo gibalne količine in reševanjem dodatne prenosne enačbe za mikrorotacijo v okviru sistema enačb zapisanih v hitrostno vrtinčni formulaciji. Izvedena je bila izpeljava vodilnih enačb, od osnovnih zakonov ohranitve, zapisanih v obliki parcialno diferencialnih enačb, do integralske in na koncu diskretizirane oblike enačb za reševanje toka mikropolarnih tekočin z metodo robnih elementov. Izpeljani algoritem, temelječ na že obstoječem algoritmu reševanja tokov z uporabo klasičnih Navier-Stokesovih enačb, je bil preizkušen na primerih naravne konvekcije v kotanji, prisilne konvekcije toka tekočine v kanalu, ter primeru mešane konvekcije v kotanji z izvorom toplote. Primerjava rezultatov dobljenih s pomočjo novo razvitega numeričnega algoritma, z referenčnimi rezultati drugih avtorjev, kaže na uspešnost vključitve teorije mikropolarnih tekočin v numerični algoritem na osnovi metode robnih elementov za reševanje toka tekočine s pomočjo klasične teorije Navier-Stokesovih enačb. Teoretične izpeljave in numerične simulacije podrobno obravnavajo izvor in pomen novih modelnih parametrov, ki jih vpeljemo v teoriji mikropolarnih tekočin. Rezultati izvedenih numeričnih simulacij kažejo na pomembno občutljivost tokovnega kot tudi temperaturnega polja na različne vplivne parametre mikropolarnih tekočin. Izpeljani numerični algoritem tako pomembno širi uporabnost metod računalniške dinamike tekočin na osnovi metode robnih elementov tudi na področje numerične simulacije toka mikropolarnih tekočin.

Izredno zahtevna je uporaba metod in modelov CFD na področju zgorevanja trdnih goriv, predvsem lahke frakcije komunalnih odpadkov (LFKO). Osnovo modela predstavljajo Reynoldsove povprečene Navier-Stokes enačbe reaktivnega toka (RANS), ki jih rešujemo z numeričnim aproksimativnim reševanjem parcialnih diferencialnih enačb na osnovi kontrolnih volumnov s pomočjo komercialnega programskega paketa ANSYS CFX. Obstoječe modele zgorevanja vmesnih produktov v plinastem stanju, ki nastajajo pri zgorevanju LFKO, predvsem metana, ogljikovega monoksida, vodika, ogljikovega dioksida in kisika, smo dopolnili z natančno definiranimi robnimi pogoji zgorevanja trdnih odpadkov, ki se glede na merjene oz. teoretično dobljene vrednosti vzdolž celotne rešetke spreminjajo zaradi različnih faz v procesu zgorevanja odpadkov in so odvisne predvsem od kemične sestave odpadkov (goriva) vključno z vlago. Te faze so: izparevanje vlage iz odpadkov, uplinjanje hlapnih organskih snovi z nastajanjem saj, zgorevanje plinov in končno dogorevanje trdnega ogljika. Pri tem pa je pomembno, da mora biti količina primarnega zraka v posameznih conah zgorevanja optimalno razporejena s ciljem doseganja optimalnega zgorevanja oz. primerne sestave dimnih plinov na vstopu v sekundarno komoro kurilne naprave, kjer se proces zgorevanja zaključí. Na ta način pri zgorevanju LFKO ugotavljamo korelacijo med trdno in plinasto fazo goriva določene sestave ki se spreminja vzdolž celotne rešetke. Te funkcijsko odvisne povezave upoštevamo v obliki robnih pogojev pri CFD modeliranju zgorevanja v celotni kurilni napravi. Dodatno ugotavljamo medsebojne vplive vhodnih parametrov na izhodne ter njihovo medsebojno interakcijo, vključno z geometrijsko in vrednostno optimizacijo, ki mora zagotavljati doseganje pogojev popolnega zgorevanja. Model omogoča tudi spremljanje letečih delcev v zgorevalni napravi in morebitno odlaganju le-teh na stenah toplotnih prenosnikov ter zmanjšanje emisij škodljivih snovi, predvsem NO_x in delcev. Proučujemo tudi možnost delne uporabe kisika v zgorevalni napravi namesto zgorevalnega

zraka. Pri tem je nujno analizirati medsebojne vplive vseh parametrov zgorevanja, kar je še posebej pomembno pri spremenljivi sestavi odpadkov zaradi zagotovitve optimalnega zgorevanja in zmanjšanja količine dimnih plinov ter velikosti naprave vključno z naknadno obdelavo dimnih plinov v smislu čiščenja in porabe morebitnih reagentov.

Rezultati teoretično numeričnih raziskav nudijo veliko podporo pri razvoju namenske kurilne naprave za uplinjanje odpadkov, ki jo skupaj z ostalimi partnerji razvijamo v okviru RIP projekta "Energija iz odpadkov-EIO". Naprava bo omogočala raziskave zahtev posameznih lokalnih trgov, konkretnije angleškega, ki spodbuja investicije v napredne tehnologije termične izrabe odpadkov z dodatnimi zahtevami. Pri tem gre za zviševanje zanesljivosti tovrstnih naprav, povečano razpoložljivost in visok energetske izkoristek ob istočasnem nižanju vplivov na okolje daleč pod danes dovoljen prag, postavljen z zakonodajo. Za ta namen smo predvideli poleg uveljavljenega pirolitično uplinjevalnega podstehiometrijskega zgorevanja dodatno uporabiti tehnologijo plazme, ki omogoča zvišanje kurilne vrednosti sinteznega plina, ki bo predstavljala boljši energetski vir in možnost uporabe v različne namene za proizvodnjo toplote in/ali električne energije ob višjem izkoristku in precej nižjem vplivu na okolje.

Z raziskovalno razvojnim delom smo izdelali idejni projekt naprave, ki bo omogočala zaradi naprednega sistema kvalitetnejših meritev in nato zajema procesnih podatkov ter njihove obdelave okolju prijazno energijsko izrabo različnih frakcij odpadkov, katerih kurilna vrednost in sestava bosta lahko zelo variirala. Inovativna rešitev naprave vključuje plazemski gorilnik, s čimer zagotavljamo proces atomizacije produktov uplinjanja in dvig temperature v sekundarni komori, kar skupaj vodi k nižjim emisijam škodljivih snovi in večjim energetskim izkoristkom. S pomočjo numeričnega modeliranja in simulacij smo ugotavljali specifične lastnosti nepopolnega zgorevanja, ki bodo ob dodatnih testiranjih na kurilni napravi omogočale optimizacijo obratovalnih parametrov energijske izrabe odpadkov v smislu doseganja vnaprej določenih pogojev, ki so lahko vezani na zahtevano kurilno vrednost sinteznega plina, temperaturo pepela na rešetki, sestavo produktov zgorevanja itd.

Učinkovitost delovanja kurilnih naprav je veliki meri odvisna od sestave goriva, ki pa je v primeru LFKO izrazito heterogena. Zato smo v okviru projekta RIP »Obnovljivi viri energije iz odpadkov – postopki predelave odpadkov v trdno gorivo in njegova energijska izraba s sežigom in uplinjanjem« proučili možnost uporabe odpadnih materialov, neprimernih za njihovo snovno izrabo, za proizvodnjo trdnih goriv z visoko kurilno vrednostjo in kemijskimi ter fizikalnimi lastnostmi kot nadomestek primarnim gorivom, ki zagotavljajo dobro energetsko učinkovitost in hkrati okoljsko sprejemljivost. Na podlagi teoretičnih in praktičnih metod je možno dokazati, da bi trdna goriva iz odpadkov v kvaliteti SRF (Solid Recovery Fuel), ki izpolnjujejo zahtevane kemijske, fizikalne in kurilne lastnosti, lahko uvrstili na seznam goriv, določenih s standardom ki bi zagotovil širšo uporabo teh goriv in bolj predvidljive razmere zgorevanja v kurilnih napravah. Iz zgorovalno tehničnega vidika so pomembni anorganski parametri: vlaga, pepel, kisik, dušik, žveplo, klor in fluor. Vlaga in pepel ovirata proces oksidacije, dušik pa pri povišanih temperaturah in prbitku kisika delno prehaja v dušikove okside. Žveplo, fluor in klor tvorijo v obliki spojin žveplovega dioksida, vodikovega klorida in vodikovega fluorida kislo atmosfero, ki je izredno korozivna. Temperatura zlepljanja in tečenja pepela sta pomembna s stališča uporabe različnih tehnologij, pri čemer so nekatere popolnoma neuporabne za goriva, pri katerih prihaja do zlepljanja ali še huje do tečenja pepela v obliki žindre pri običajnih temperaturah in toplotnih obremenitvah v kurilni napravi. Od teh temperaturnih parametrov je odvisen tudi delež eksergije dimnih plinov, ki ima neposreden vpliv na energetsko učinkovitost kurilne naprave, v kateri poteka zgorevanje iz odpadkov pridobljenih goriv.

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 obsega:

- 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 pri uporabi biogoriv,
- numerična simulacija procesov v vbrizgalni šobi.

Raziskave delovanja toplotnih turbinskih strojev v neustaljenih razmerah smo osredotočili na obravnavo aksialnih kompresorjev v razmerah povečevanja tlačne razlike in pričetka periodičnega spreminjanja napadnega kota in odlepljanja toka od sesalne strani lopatice, ki vodi v delno zaporo pretočnih presekov in oscilacije tlaka in pretoka. Trenutno smo v fazi postavljanja fizikalnega modela za popis razmer s pomočjo računske dinamike tekočin in analize metod spajanja stoječih in vrtečih računskih mrež. Na področju toplotnih batnih strojev smo dosegli izboljšanje modela za popis delovanja v neustaljenih razmerah z izpopolnjenim modelom dinamike ročične gredi.

V okviru strokovnega usposabljanja na Inštitutu za hidravlične tokovne stroje na Tehniški Univerzi v Gradcu je bil izveden projekt optimiranja tokovnega sistema na hidroelektrani Arnstein z numerično simulacijo. Rezultati dela so (bodo) uporabljeni za izvedbo prenove turbinskih polj in cevovodnega sistema.

V okviru razvoja matematičnega dvofaznega prenosnega modela je bila izvedena primerjava pravilnosti delovanja z rezultati drugih avtorjev. Glede na rezultate primerjalne analize za nestacionarne primere kavitacije je bila pripravljena osnova za prenos modela iz komercialnega programskega paketa v odprto kodne.

Prenosni pojavi v porozni snovi se nanašajo na procese prenosa gibalne količine, toplote in snovi skozi porozno strukturo in so aktualna tematika na številnih znanstvenih in inženirskih področjih kot npr. gradbeništvo, procesno strojništvo, kemija, geomehanika ekologija. Raziskovalno delo je vezano na nadgradnjo že opravljenega dela v zvezi z modeliranjem prenosnih pojavov v porozni snovi, z dopolnitvami za primere obravnavanja prenosnih pojavov s čim bolj realnimi vrednostmi parametrov za opis tekočinske in trdne faze. V prvem letu dela na opisani problematiki smo se v glavnem posvetili študiju literature in analitični izpeljavi matematičnih modelov s katerimi se opišejo prenosni problemi v porozni snovi z upoštevanjem spremenljive poroznosti, čemur bo sledil numerični del z razvojem računalniškega algoritma za reševanje izpeljanega sistema parcialnih diferencialnih enačb.

Tok v peltonovi turbini je nestacionaren, turbulenten in dvofazen. Z izračunom poleg porazdelitve tlaka in hitrosti dobimo tudi obliko vodnih curkov, ki iz šobe udarjajo na lopatice in curkov, ki lopatice zapuščajo. Zato je tak izračun časovno izredno zahteven. Računske mreže morajo biti dovolj goste, da dobimo pravilno obliko vodnih curkov. Le z zelo fino mrežo ob lopaticah dobimo primerne vrednosti y^+ in s tem dovolj točno porazdelitev tlaka iz katere nato izračunamo navor. Izračun je bil narejen za dvošobno peltonovo turbino z vertikalno osjo in 23 lopaticami gonilnika. Izračun je potekal v dveh delih. V prvem delu smo s stacionarnim izračunom dobili tokovne razmere v razvejišču cevovoda in v šobah, oblikovala pa se je tudi oblika curka za šobami. Rezultat so energijske izgube v tem delu, porazdelitev pretoka med obema šobama in kvaliteta curka. Oblika curka in njegova hitrost sta vstopni pogoj za nadaljnji izračun toka v gonilniku. Izračun je bil narejen za različna odprtja. Izračunano debelino curka smo primerjali s teoretično debelino. Tok v gonilniku peltonove turbine lahko računamo le nestacionarno, saj se lopatice vrtijo, in curek zadane lopatice v vsakem trenutku na drugem mestu. Med izračunom se oblikujejo vodni curki, ki zapuščajo lopatice in prav tako vplivajo na tokovne

razmere. Iz numerično izračunane porazdelitve tlaka izračunamo navor na gred turbine in njegovo časovno povprečje, upoštevamo kinetično energijo curka in izgube v razvejišču cevovoda in izračunamo izkoristek turbine. Izračun je bil narejen za različna odprtja, pri vsakem odprtju za 3-5 obratovnih točk. Cilj naloge je numerično dobiti školjčni diagram izkoristka turbine in ga primerjati z rezultati meritev na modelu. Delni rezultati so zelo pomembni za ugotavljanje potrebne gostote numeričnih modelov glede zanesljivosti in natančnosti numeričnih simulacij.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

Na osnovi časovnega poteka raziskovalnega dela programske skupine, ki je bil predstavljen pri prijavi programa, je bila v začetku izvajanja programa opravljena analiza doseženih raziskovalnih rezultatov in njihova odmevnost ter predviden nadaljnji razvoj znanj in metod na posameznih obstoječih raziskovalnih področjih energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva. Prav tako je bila načrtovana in v veliki meri vzpostavljena sodelava z drugimi institucijami, npr. univerzami in gospodarstvom, in nabavljena oz. posodobljena raziskovalna oprema. Načrtovana je bila izdelava potrebnih fizikalno-matematičnih modelov, izvedba potrebnih računalniških simulacij in eksperimentalnih raziskav, razpis diplomskih, magistrskih in doktorskih nalog ter pridobivanje mednarodnih projektov.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

/

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

		Znanstveni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i>	BEM simulacija stisljivega toka tekočine v kotanji, ki ga povzročijo termoakustični valovi.
		<i>ANG</i>	BEM simulation of compressible fluid flow in an enclosure induced by thermoacoustic waves.
	Opis	<i>SLO</i>	V članku preučujemo problem nestacionarnih stisljivih tokov v kotanji, ki ga povzročijo termoakustični valovi. Zapišemo polne stisljive Navier-Stokesove enačbe in jih rešimo z numeričnim algoritmom, ki temelji na robno-območnih integralnih enačbah. V algoritmu smo zaradi učinkovitosti vključili stiskanje s pomočjo valčne transformacije in računanje s pomočjo podobmočij. Energijsko enačbo smo zapisali v najbolj splošni obliki vključno s Rayleighovim disipativnim členom in členom reverzibilnega dela. Obravnavamo klasični Fourierov toplotni tok in tudi valovni model toplotnega toka.
		<i>ANG</i>	The problem of unsteady compressible fluid flow in an enclosure induced by thermoacoustic waves is studied numerically. Full compressible set of Navier-Stokes equations are considered and numerically solved by boundary-domain integral equations approach coupled with wavelet compression and domain decomposition to achieve numerical efficiency. The thermal energy equation is written in its most general form including the Rayleigh and reversible expansion rate terms. Both, the classical Fourier heat flux model and wave heat conduction model are investigated.
	Objavljeno v	Eng. anal. bound. elem.. [Print ed.], Apr. 2009, vol. 33, no. 4, str. 561-571. http://dx.doi.org/10.1016/j.enganabound.2008.08.003 , doi: 10.1016/j.enganabound.2008.08.003.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13062934		
2.	Naslov	<i>SLO</i>	Hitra metoda robnih elementov za 3D tok in prenos toplote nestisljive tekočine
		<i>ANG</i>	Fast single domain-subdomain BEM algorithm for 3D incompressible fluid flow and heat transfer

	Opis	SLO	Na podlagi metode hitrih multipolov smo razvili algoritem za simulacijo prenosa toplote in toka nestisljive tekočine. Z algoritmom smo dosegli zmanjšanje računskega časa in porabe računalniškega spomina. Algoritem smo uporabili za simulacijo naravne konvekcije.
		ANG	We developed a fast algorithm based on the fast multipole method for simulation of heat transfer and incompressible fluid flow. We achieved a significant reduction of CPU time and computer storage requirements. The algorithm was used to simulate natural convection.
	Objavljeno v	Int. J. Numer. Methods Eng., 2009, vol. 77, iss. 12, str. 1627-1645. http://dx.doi.org/10.1002/nme.2467 , doi: 10.1002/nme.2467.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	13066774	
3.	Naslov	SLO	3D večobmočna BEM za Poissonova enačbo
		ANG	3D multidomain BEM for a Poisson equation
	Opis	SLO	Članek obravnava z učinkovito 3D večobmočno metodo robnih elementov za rešitev Poissonove enačbe. Integralno obliko diferencialne robno-območne enačbe diskretiziramo z linearnimi mešanimi elementi. Aplikacija kompatibilnih pogojev med podobmočji vodi do večjega števila enačb kot je neznank. Predimenzionirano matriko rešimo s hitrim iterativnim postopkom v smislu najmanjših kvadratov. Na primeru kocke in krogle demonstriramo natančnost, robustnost in učinkovitost v primerjavi s konkurenčno BEM. Učinkovitost se kaže v rešitvi mreže z 200,000 heksaedri na osebni računalniku z 1GB spomina.
		ANG	This paper deals with the efficient 3D multidomain boundary element method for solving a Poisson equation using linear mixed boundary elements. Interface boundary conditions between subdomains lead to an overdetermined system matrix, which is solved using a fast iterative linear least square solver. The accuracy, efficiency and robustness of the developed numerical algorithm are presented in comparison with the competitive BEM. The efficiency is demonstrated using a mesh with over 200,000 hexahedral volume elements on a personal computer with 1 GB memory.
	Objavljeno v	Eng. anal. bound. elem.. [Print ed.], May 2009, vol. 33, iss.5, str. 689-694. http://dx.doi.org/10.1016/j.enganabound.2008.09.009 , doi: 10.1016/j.enganabound.2008.09.009.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13063958		
4.	Naslov	SLO	Naravna konvekcija mikropolarne tekočine v kotanji z metodo robnih elementov
		ANG	Natural convection of micropolar fluid in an enclosure with boundary element method
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen sklopljenega primera naravne konvekcije vNumerično modeliranje dodatnih mikro vplivov smo izvedli z modificiranjem klasičnega sistema Navier-Stokesovih enačb, ki predstavljajo osnovo orodja za numerično simulacijo toka tekočine. Prispevek poda rezultate tokovnega, temperaturnega in mikrorotacijskega polja izračunanega z računskim algoritmom za reševanje modificiranih N-S enačb s pomočjo metode robnih elementov. Upoštevanje mikro rotacije mikro delcev vpliva na prenos gibalne količine v tekočini, s tem pa tudi na učinkovitost konvektivnega mehanizmov prenosa toplote.
		ANG	The classical Navier-Stokes system of equations, which forms the basis for derivation of modern flow simulation tools, was modified, to incorporate additional micro effects into the computational method. The submitted work presents results of flow, thermal and microrotation fields solved with a computational algorithm, based on the application of the Boundary Element Method to the modified N-S equations. Results showed that considering micro rotation of particles does influence momentum transfer in the fluid and consequently impacts the convective heat transfer mechanism.
	Objavljeno v	Eng. anal. bound. elem. [Print ed.], Apr. 2009, vol. 33, no. 4, str. 485-492	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13040150		
5.	Naslov	SLO	Vpliv biodizelskega goriva na tribološke karakteristike dizelskega motorja
		ANG	Biodiesel influence on tribology characteristics of a diesel engine

Opis	SLO	Članek obravnava vpliv biodizelskega goriva na tribološke karakteristike avtobusnega motorja. Pozornost je usmerjena na vpliv biodizelskega goriva na hrapavost površine bata tlačilke, stanje (obloge) zgorevalne komore, šobe in izvrtin v vbrizgalni šobi. Dobljeni rezultati kažejo, da uporaba biodizelskega goriva izboljša pogoje mazanja. Ugotovljeno je, da se spremembe v pretočnem koeficientu vbrizgalne šobe morajo upoštevati pri numerični simulaciji samo v primeru zahteve po visoki natančnosti.
	ANG	This paper deals with the influence of biodiesel on some tribology characteristics of a bus diesel engine. Attention was focused on the biodiesel influence on the pump plunger surface roughness, on the carbon deposits in the combustion chamber, on the injector and in the injector nozzle hole. The obtained results indicate that biodiesel usage may even improve the pump plunger lubrication condition. It was found out that the variation of the nozzle discharge coefficient has to be taken into account only if high accuracy of numerical simulation is desired.
Objavljeno v	Fuel, 2009, 88, 970-979,	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13020950	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Uredništvo mednarodne revije International Journal of Dynamics of Fluids (glavni urednik)
		ANG Editorialship of international Journal titled International Journal of Dynamics of Fluids, (Editor-In-Chief)
Opis	SLO	V letu 2005 je izšla prva številka mednarodne znanstvene revije International Journal of Dynamics of Fluids, katere glavni urednik je red. prof. dr. Leopold Škerge. Z uredništvom te revije je slovenskim raziskovalcem dana možnost neposrednega sooblikovanja na področju mehanike tekočin in prenosa toplote, ter neposredni dostop do mednarodnih recenzentov. Vidni, čeprav le ozkemu krogu programske skupine, so mehanizmi recenzije ter tiste komparativne prednosti člankov, ki jih v posameznih okoljih posebej cenijo.
	ANG	In 2005 was published a first issue of International Journal of Dynamics of Fluids which editor-in-chief is prof.dr. Leopold Škerget. This editorship enables slovenian researches to have direct influence on trends in fluid mechanics and heat transfer, and direct access to international reviewers. The mechanism of reviewers are transparent (albeit to narrow circle of members of editorial board) and those comparative advantages of articles which are of particular relevance in different circles.
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Delhi: Research India Publications, 2005-. ISSN 0973-1787 http://www.ripublication.com/ijdf.html
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	9875734
2.	Naslov	SLO Vodenje EU projekta MOBILIS na področju uporabe biogoriv
		ANG Leader of EU project on the field of usage of biofuels
Opis	SLO	Fakulteta za strojništvo (FME) je ena od 32 partnerjev v projektu MOBILIS (6. okvirnega programa). V okviru dela tega projekta je nastala uspešna sodelava med slovenskim proizvajalcem biodizla, porabnikom LPP iz Ljubljane in FME. Biodizelsko gorivo iz Biogoriva je testirano v našem Laboratoriju za motorje na avtobusnem motorju LPP. Motorji so bili modificirani. Tako so rezultati eksperimentalnih in numeričnih raziskav, dobljeni v našem laboratoriju s pridom izkoriščeni za zmanjšanje škodljivih emisij v Sloveniji in za spodbujanje uporabe alternativnih goriv v Sloveniji.
	ANG	Faculty of Mechanical Engineering (FME) is one of 32 partners in the project MOBILIS (6. frame work). In the scope of this project, successful cooperation among slovenian biodiesel producer, fuel consumer and our FME was established. Biodiesel fuels, produced in Biogoriva were tested in our Laboratory for IC Engines on the bus engine of public transport company LPP. The engine has been modified. In this way, the experimentally and

		numerically obtained results at our laboratory, were used to reduce harmful emissions in Slovenia and to stimulate the usage of alternative fuels in Slovenia.	
	Šifra		
	Objavljeno v	http://www.civitas-initiative.org/organisation.phtml?lan=en&id=383 ; http://www.civitas-initiative.org/	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
	COBISS.SI-ID	00	
3.	Naslov	SLO	Toplotne razmere v tesnilu MT-GE: poročilo dela za podjetje Turna d.o.o., Velenje
		ANG	Heat conditions in heat seal MT-GE : project report for the company Turna d.o.o. Velenje.
	Opis	SLO	Projektna naloga obravnava analizo toplotnih lastnosti tesnil podjetja Turna d.o.o. za uporabo v hladilnih in zamrzovalnih aparatih. Narejena je bila analiza toplotne obremenjenosti tesnila, ko se le-to ne prilega idealno na ohišje ali vrata hladilne naprave ter s tem omogoča globljega vdiranja hladnega in toplega okoliškega zraka v samo območje tesnila. Sledila je analiza izboljšane tesnila. Spremembe so bile narejene na osnovi zaključkov osnovnih raziskav, ki so privedle v spremembo magnetnega dela tesnila, in omogočajo do 30% zmanjšanja toplotne izgube v tesnilu aparata.
		ANG	Project work deals with the analysis of thermal properties of the door seals of company Turna d.o.o. in the refrigerator and freezer appliances. An analysis was made of heat seals for imperfect fit to the body or to door of refrigeration devices, thereby enabling penetration of cold or warm ambient air in the area with the seal. Additionally, analysis of improved seal geometries was made. Based on the conclusions of research work, change in the magnetic part of seal was made, which consequently resulted in up to 30% reduction in heat losses in the sealing apparatus.
	Šifra	F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka
	Objavljeno v	Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetska, procesna in okoljska inženirstvo, 2009. 65 str., graf. prikazi.	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	13743894		
4.	Naslov	SLO	Simulacija naravne konvekcije okoli vročega traku z metodo robnih elementov.
		ANG	Natural convection around a 3D hotstrip simulated by BEM.
	Opis	SLO	V vabljenem predavanju smo predstavili numerični algoritem, ki temelji na metodi robnih elementov. Predstavili smo tudi rezultate uporabe algoritma za simulacijo naravne konvekcije okoli vročega traku.
		ANG	In this invited lecture we presented a numerical algorithm based on the Boundary element method. We have demonstrated the capabilities of the algorithm by simulation of natural convection around a hotstrip.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold. Natural convection around a 3D hotstrip simulated by BEM. V: BREBBIA, Carlos Alberto (ur.). BEM/MRM XXXI, Thirty-first World Conference on Boundary Elements and other Mesh Reduction Methods, The New Forest, UK. Mesh reduction methods, (WIT transactions on modelling and simulation, v. 49). Southampton, UK; Boston: WIT press, cop. 2009, str. 343-352.	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
COBISS.SI-ID	13402134		
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
Tipologija			

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰**10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹**

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	2	
- doktorati	1	1
- specializacije		
Skupaj:	3	1

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	1		
- gospodarstvo		2	
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	1	2	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	1
Skupaj:	1

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

TREN/04/FP6EN/S07.37886/513562; Mobility Initiatives for Local Integration and Sustainability.
EraSME; BIOBOILER; Boiler System for thermal use of renewable fuels (Woodenchips and short rotation coppice).

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

Hella Saturnus Slovenija; Optimiranje izdelka (avtomobilskega svetila) v smislu opredelitve in

izboljšave toplotno-tokovnih pogojev ob sprejemljivih stroških.

Esotech; CFD analiza prenosnih pojavov v pršišču mokrega pralnika pilotne naprave za razžveplanje dimnih plinov.

Turna; razvojno-raziskovalno sodelovanje - Optimiranje izdelka (tesnila hladnega aparata) v smislu opredelitve in izboljšave toplotno-tokovnih pogojev ob sprejemljivih stroških.

Dravske elektrarne Maribor d.o.o.; Izdelava študije "Problematika pregrevanja generatorja 1 HE Fala"

Javna agencija RS za energijo; Izdelava podlag za določitev nadomestnih odjemnih značilnosti za odjemalce zemeljskega plina.

Turboinštitut, Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah.

Surovina d.d.; razvojno raziskovalne aktivnosti na projektu OVE-SRF "Obnovljivi viri energije iz odpadkov-postopki predelave odpadkov v trdno gorivo in njegova energijska izraba s sežigom in uplinjanjem"

Em.tronic; razvojno-investicijski projekt "Energija iz odpadkov".

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

/

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Obrazložitev - sredstva so bila nakazana na FS 5. 1. 2010

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

/

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Kot je razvidno iz poročila o realizaciji raziskovalnega programa v letu 2009, so bili v prvem letu izvajanja programa postavljeni osnovni temelji za raziskovalno delo v naslednjih letih. Pri tem smo se v veliki meri naslonili na rezultate že opravljenih raziskav v smislu njihovega trajnega razvoja. Kljub temu smo že izvedli nekatere raziskave na področju energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva, ki so neposredno uporabne v praksi. To so predvsem numerične in eksperimentalne raziskave na področju vodne moči, motorjev z notranjim zgorevanjem, energetske izrabe sintetičnih goriv in procesne tehnike.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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: 9.180 od tega v letu 2009: 3.060
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2011
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

Razvoj novih materialov iz termodinamsko metastabilnih stanj je osrednja tema programa z naslovom ²Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo², ki ga izvaja raziskovalna skupina na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Mariboru pod vodstvom prof. dr. Ivana Anžela. Za razvoj novih materialov je zanimivo predvsem dejstvo, da lahko metastabilne faze oziroma mikrostrukture prehajajo v različne termodinamsko stabilnejše faze, pri čemer je absolutno termodinamsko najbolj stabilna faza le zadnji korak v sekvenci razpada metastabilne mikrostrukture. V procesu razpada metastabilnih stanj lahko zato v odvisnosti od zunanjih vplivnih parametrov potečejo kemijske reakcije in mikrostrukturne spremembe, ki jih ne moremo predvideti pri transformacijah ravnotežnih stanj. Pri tem nastanejo nove faze in mikrostrukture, ki jih ni v ravnotežnih faznih diagramih. Ker so lastnosti materialov odvisne od njihove mikrostrukture lahko z ustvarjanjem metastabilnih stanj in z njimi povezanih mikrostruktur dosežemo tudi posebne, nove lastnosti inženirskih materialov.

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

Osrednje tehnologije, ki jih obravnavamo v okviru programa so različne metode hitrega strjevanja in ekstremna plastična deformacija. Kot hitro strjevanje označujemo tiste postopke strjevanja pri katerih potuje strjevalna fronta z veliko hitrostjo (več kot 1cm/s), ekstremna plastična deformacija pa pomeni splošen koncept uporabe velikih plastičnih deformacij za izdelavo fino zrnatih materialov. V eksperimentalnem delu programa se obravnavajo zlitine na osnovi zlata, bakra in

aluminija. Ti zlitinski sistemi so bili izbrani zato, ker imajo njihova metastabilna stanja takšne fizikalne, mehanske ali druge lastnosti, ki so zelo zanimiva za industrijo. Del svojih aktivnosti pa namenja raziskovalna skupina tudi razvoju teorije metastabilnih stanj v materialih s kovinsko osnovo, kjer je pozornost osredotočena na razvoj modelov za opis termodinamsko metastabilnih stanj in odkrivanje mehanizmov nastajanja in razpadanja metastabilnih mikrostruktur.

ANG

Development of new engineering materials from thermodynamically metastable states is a central subject of the programme with a title ²Technologies of metastable metallic based materials², that is performed by the research group from the Faculty of mechanical engineering, University of Maribor, under the direction of prof. dr. Ivan Anžel. For the development of new materials it is especially interesting that metastable phases can transform into different thermodynamically more stable states, so that the occurrence of the most stable phase is only the last step in the decomposition sequence. Therefore, depending on the external influential parameters, specific chemical reactions that couldn't be predicted or anticipated from known equilibrium transformations, take place in such thermodynamically metastable systems and consequently, new phases and microstructures, which cannot be found in the equilibrium phase diagram, come into existence. While the properties of materials are mainly dependent on the microstructure, it is possible, by inducing the metastable states, to attain special new properties of engineering materials.

Development of new engineering materials from thermodynamically metastable states is closely linked to ongoing research in the fields of production technologies, microstructural characterization, determining the properties of metastable phases and microstructural changes in different environments or during subsequent heat treatments. The basic research content of our research programme consists of: Analysis of known, and the development of new technologies, for obtaining metastable states; studying the methods of metastable states characterization; determining the properties of metastable materials and their phases; researching the influence of the environment and different kinds of subsequent heat treatment on the microstructure and properties of metastable materials. The central technologies that are considered in the programme are different methods of rapid solidification and severe plastic deformation. Rapid solidification is denoted as process that involves enough high velocity of the solidification front (more than 1 cm/s and severe plastic deformation is the name for the general concept of using large plastic strains to produce ultra fine-grained materials -nanostructures. In the experimental part of the programme the gold, copper and aluminium based alloys are being treated. These alloying systems have been chosen because their metastable states possess those unique physical, mechanical or other properties that are interesting for the industry. Part of activities of the programme group is directed towards the theory of metastable states in metallic materials. Attention is focused on models for describing thermodynamically metastable states, and discovering mechanisms for forming and decomposing metastable microstructures.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Raziskave na področjih izdelave, karakterizacije in lastnosti metastabilnih materialov so pomembne tako za področje tehničnih kot tudi naravoslovnih znanosti (materiali, fizika, kemija). Z rezultati raziskovalnega dela v okviru tega programa poskuša programska skupina odgovoriti na nekatera odprta znanstvena vprašanja. Pojasniti želimo mehanizme določenih procesov in pojavov; da bi lahko nakazali pot k razvoju novih tehnologij in materialov. Med odprta vprašanja spada tudi mehanizem plastične deformacije v nanostrukturnih materialih. Poznano je, da dislokacijska teorija, ki velja za kristalne kovine in zlitine, v primeru metastabilnih nanostrukturnih materialov ni uporabna. Zato so raziskave mehanizmov plastične deformacije v nanostrukturnih in drugih metastabilnih materialih zelo aktualne in pomembne za razvoj znanosti na tem področju. Za znanost so pomembne tudi raziskave in nova spoznanja o vplivu defektov v kristalni strukturi metastabilnih materialov na potek kemijskih reakcij in faznih transformacij v trdnem. V metastabilnih mikrostrukturah kovin in zlitin s povečano

koncentracijo mrežnih defektov lahko potečejo kemijske reakcije, ki jih v termodinamsko ravnotežnih mikrostrukturah ni pričakovati. Pri metastabilnih fazah je zelo pomembno vprašanje stabilnosti oziroma kinetika razpada. Predvsem je to očitno pri pojavu metastabilnih kvazikristalnih faz. Pri teh je poleg termodinamske stabilnosti pomemben tudi odmik od termodinamskega ravnotežja ter kinetika procesov na fazni meji trdno - tekoče. Raziskovalna skupina izvaja v okviru tega programa intenzivne raziskave v zvezi z zgradbo taline nad in pod temperaturo tališča in obravnava mehanizme homogene in heterogene nukleacije ter rasti iz tekoče faze v zlitinskih sistemih pri katerih lahko pride do pojava kvazikristalnih faz. Procesi še niso v celoti pojasnjeni niti v binarnih sistemih, dodaten izziv pa predstavlja vpliv tretjega in četrtega zlitinskega elementa. V našem programu raziskujemo vpliv dodatka berilija binarnemu sistemu Al-Mn in četrtega elementa (Cu, B...) ternernemu zlitinskemu sistemu Al-Mn-Be. O vplivu slednjih v svetovni literaturi še ni nobenih podatkov. Z eksperimenti ter analizo rezultatov poskušamo odgovoriti na nekatera osnovna vprašanja: Ali obstaja ravnotežna topnost elementov v kvazikristalu; katera mesta v kvazikristalu zasedejo dodani atomi; ali se z vgrajevanjem spremeni velikost osnovne kvazicelice; in ali se pri njihovi vgraditvi v kvazikristal spremeni koncentracija valenčnih elektronov (e/a - število valenčnih elektronov na atom - Hume-Rotheryjevo pravilo) ali pa se sestava prilagodi tako, da se koncentracija valenčnih elektronov ne spremeni.

ANG

Research in the fields of manufacturing, characterization and properties of metastable materials is important for engineering, as well as for the natural sciences (e.g. materials science, physics, chemistry...). With the results of this research program expects our research group to give answers to some open scientific questions. We attempt to explain the mechanisms of certain processes and phenomena, and to initiate research into new technologies and materials. Among the open questions is the mechanism for plastic deformation of nano-structured materials. It is well-known that the dislocation theory (valid for crystal-structured metals and alloys) does not apply to metastable nano-structured materials. Consequently, the research of these mechanisms can be considered as a top-ranking topic of crucial importance for further development in this field. Great importance for the science present the research and the expected new cognitions about the influence of lattice-defects in the crystal structures of metastable materials on the course and characteristics of chemical reactions and phase transformations in the solid state. Namely, in the metastable microstructures of metals and alloys with nonequilibrium concentration of defects the chemical reaction which can not be expected in thermodynamically stable states, are definitely possible. For the occurrence and existence of metastable phases a very important issue is the kinetics of their decomposition. This particularly applies to metastable quasi-crystals. In this case, not only thermodynamical stability is important but also the kinetics of the processes, taking place at the solid-liquid interface. The research group performs in the frame of this programme the intensive researches about the structure of the melts above and below the liquidus-temperature, the mechanisms of homogeneous and heterogeneous nucleation and growth from the liquid phase in those alloying systems that are favorable for the occurrence of quasi-crystalline phases. These processes have not as yet been entirely explained, not even for binary systems. So, the presence of a third or fourth element presents an additional challenge. In our programme we research the influence of Be to binary system Al-Mn as well as the addition of fourth element (Cu, B...) to ternary alloying system Al-Mn-Be (not yet reported in the literature). Within this framework we try to determine: Whether an equilibrium solubility of elements in the quasicrystal exists or not; which positions occupy the atoms of individual element in the quasicrystal; whether the presence of an additional element influences the size of the quasicell or not; and if the valence electrons concentration is changed due to the incorporation of additional elements (Hume-Rothery-rule) or, if instead of this, the quasicrystal's composition is modified so that the concentration of the valence electrons can be preserved as unchanged.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

V svetu poteka veliko število raziskav, ki se ukvarjajo z razvojem tehnologij in materialov, ki so v metastabilnem stanju. Ne samo to, vedno več je aplikativnih projektov ter primerov ustanavljanja tako spin-off kakor tudi drugih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo takšnih materialov. Ker gre za visokotehnoške proizvode, je dodana vrednost zelo velika. Trenutno je v Sloveniji veliko relativno uspešnih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo in predelavo aluminija, bakra in žlahtnih kovin ter s področji livarstva in preoblikovanja. Ta podjetja obvladujejo tehnologijo uveljavljenih zlitin, vendar mnoga dosegajo sorazmerno majhno dodano vrednost. Če bodo hotela ostati konkurenčna tudi v bodočnosti, se bodo morala usposobiti tudi za izdelavo tehnološko zahtevnejših materialov in izdelkov. Pogosto se morajo podjetja zaradi maloštevilnega inženirskega kadra ter omejenih sredstev ukvarjati s tekočimi in kratkoročnimi problemi, ki se morajo rešiti v nekaj dneh, zaradi česar so dolgoročnejske raziskave, ki bi bile

nujne za nadaljnji razvoj podjetja, pogosto zapostavljene. S tega stališča menimo, da s poglobljanjem teoretičnega znanja o materialih in tehnologijah ter z razvojem in obvladovanjem sodobnih tehnologij materialov, nudimo slovenski kovinski industriji v primerih, ko je prisiljena soočati se z uvajanjem novih tehnologij in materialov, kompetentno podporo.

Kot programska skupina na Fakulteti za strojništvo UM pridobljena znanja sproti prelivamo v pedagoški proces ter prenašamo na študente, ki se bodo v nekaj letih zaposlili in ki bodo predstavljali nosilce razvoja v naših podjetjih. Že dosedanje delo na raziskovalnem programu nam je zaradi zanimivosti in koristnosti tematike omogočilo navezovanje in sodelovanje s številnimi podjetji doma in v tujini, kakor tudi z mnogimi uveljavljenimi raziskovalnimi skupinami. Za družbeno ekonomski razvoj Slovenije so zelo pomembni rezultati študij metastabilnih stanj pri tehnologiji varjenja. Primerjava rezultatov trdnostne analize zvarov, dobljenih s simulacijo obremenitve zvarov v laboratorijskih razmerah, služi presoji o upravičenosti uporabe mnogo hitrejših in cenejših numeričnih metod namesto dolgotrajnih laboratorijskih ali terenskih testiranj varjenih komponent in konstrukcij.

ANG

Numerous research projects are running around the world dealing with the development of technology and materials that are in a metastable state. Moreover, there are a lot of applied projects and the founding of spin-offs and other companies that are concerned with the production of suchlike materials. The added-value of this high tech production is very high. Momentarily, there are in Slovenia, a lot of very successful companies concerned with production, processing or founding of aluminum, copper and noble metals. These companies master the technology of valued alloys; however, they attain poor added-value on the market. To stay competitive in the future they must also be qualified for the production of technologically-advanced materials and products. In these companies those long-term research activities that are important for growth are often disregarded, due to limited financial funds and a few engineers who are occupied with current and short-term problems. From this point of view, we believe that with deeper theoretical knowledge of materials and technologies and with development and mastering of modern materials technology, we offer to Slovenian industry, in the case of being forced to confront the initiation of recent technology and materials, solid support.

As a program group at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor we carry acquired knowledge on pedagogical process and for our students who will in a few years employ them and will represent the carriers of progress to our companies. Already previous work on a research program has enabled us, due to curiosity and the usefulness of the topic, establishment of contacts, and collaboration with numerous local and foreign companies, as well as research groups. For Slovenian socio-economic development are the results of studying of metastable states in welding technology also very important. Comparison of weld's strength analysis obtained by simulations of welds loading can be used for judgment about the justification of an application of faster and much cheaper numerical methods instead of long-standing laboratory and fieldwork testing of welded component and constructions.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

Razvoj novih zlitin iz sistema Al-Mn-Be-Cu pri študiju kvazikristalnih faz

Na osnovi rezultatov raziskav iz prejšnjih let in študija faznih sistemov smo izdelali štiri zlitine iz kvaternernega sistema Al-Mn-Be-Cu ter primerjalno zlitino iz ternarnega sistema Al-Mn-Cu. Pri izbiri sestav zlitin smo sledili naslednjim ciljem:

- temperature likvidus zlitin naj bodo manjše od 750 °C, kar pri litju ne predstavlja pomembnega odmika od temperatur litja, ki se uporabljajo pri litju industrijskih zlitin;
- zlitine vsebujejo Mn, ki je nujen za tvorbo ikozaedričnih kvazikristalov;
- dodatek Be omogoča bistveno zmanjšanje kritične ohlajevalne hitrosti za nastanek kvazikristalov. Pomembno je bilo ugotoviti minimalen dodatek, ki še omogoča ustrezen učinek
- baker je dodan kot dodaten stabilizator kvazikristalne faze in kot element, ki bi lahko omogočal izločevalno utrjanje zlitine.

Načrtovane zlitine so bile izdelane z vakuumskim indukcijskim taljenjem in litjem. Po razrezu so bile ponovno taljene in lite v bakrene kokile različnih oblik in velikosti. Merjene so bile ohlajevalne hitrosti v cilindričnih formah premerov od 4 mm do 16 mm. Ugotovljeno je bilo, da je za nastanek kvazikristalov in izogitev nastanku periodičnih kristalov potrebna ohlajevalna hitrost

okoli 1000 K/s. Z DSC je bilo ugotovljeno, da so temperature likvidus vseh zlitin pod 750 °C, pri večini celo okoli 700 °C. Pri sorazmerno počasnem ohlajanju (DSC, po vakuumskem litju) so v zlitini α_{Al} , Al_2Cu , H-faza (ki je verjetno faza Al_4Mn iz binarnega sistema Al-Mn, ki topi še nekaj Be in Cu), ternarna faza iz sistema Al-Mn-Cu: τ_1 ($Al_{29}Mn_6Cu_4$) ter tudi manjši delež faze $Be_4Al(Mn, Cu)$. Edino v ternarni zlitini Al-Mn-Cu se je pojavila še faza Al_6Mn . Oblika, velikost in porazdelitev delcev je bila odvisna od kemične sestave, predvsem velik vpliv je imel Be. Pri ohlajanju v bakrene kokile (ploščata kokila, kokile z okroglim prečnim prerezom do 4 mm) je v α_{Al} pretežno le ikozaedrična faza v obliki primarnih delcev in kot del dvofaznega heterogenega zloga. Malo je še tudi faze α -Al. Pri večjih primerih nastane »gradientna mikrostruktura« s zunanjim kolobarjem (i-faza v α -Al) in prehodnim območjem, v katerem se poleg i-faze začnejo pojavljati tudi periodične kristalne faze in notranjostjo, kjer so le kristalne faze. Trdota pojema od površine proti notranjosti.

Na dveh zlitinah smo izvedli tlačne preskuse. Napetosti tečenja so med 400 MPa in 500 MPa že v litem stanju. V deformirani mikrostrukturi je opazno, da se pore in razpoke pojavljajo le na faznih mejah med kristalnimi fazami in osnovo, ne pa tudi na fazni meji i-faze z osnovo.

Uporabljene so bile različne metode, s katerimi smo ugotavljali kemično sestavo faz, predvsem s poudarkom na porazdelitvi Be. Med uporabljenimi metodami berilija nismo mogli ugotoviti z XPS in EDS, ker je njegov delež premajhen oziroma se njegov vrh pokriva z Al (XPS). Z WDS je bilo mogoče odkriti Be v fazi $Be_4AlMn(Cu)$ ter tudi v $AlMn_4$. Pomemben korak najprej je bil narejen z metodo ToF SIMS (Time of Flight Secondary Ion Mass Spectroscopy), ki lahko odlično kvalitativno ugotovi Be tudi, ko je ta v manjših koncentracijah, ker se Be-vrh ne prekriva z nobenim drugim elementom oziroma spojino. Pomanjkljivost je nezmožnost kvantitativne analize, saj bi zanjo bili potrebni ustrezni standardi, zato je načrtovana tudi analiza AES. Pomembno je, da se Be vgrajuje v večino faz: i-fazo, Al_4Mn in τ_1 .

Ugotovljeno je bilo, da je pri večini faz navzoč pojav ISE, to je povečanje trdote z zmanjševanjem obremenitve. Zato je za identifikacijo posameznih faz in primerjavo lastnosti nujno, da se meritve izvajajo pri isti obremenitvi. Pri tem je bil pri obremenitvah do vključno 10 mN opazen izrazit vpliv površinskih pojavov, zato je bilo sipanje rezultatov zelo veliko. Po drugi strani so pri obremenitvah nad od 30 mN v i-fazi nastajale razpoke, zato je bila pri sistematičnih raziskavah uporabljena obremenitev 20 mN. I-faza se od drugih faz najbolj razlikuje po velikem deležu elastične energije, kar kaže, da se pri sobni temperaturi ne more močno plastično deformirati. Za fazo $Be_4AlMn(Cu)$ se je pokazalo, da je podobno trda kot i-faza (okoli 2000 HV), vendar ima nekoliko večjo lomno žilavost ter manjši delež elastične energije.

V literaturi je več nasprotujočih si podatkov, kakšna je narava heksagonalne faze, ki se pojavlja v ternarnem sistemu Al-Mn-Be in je tudi navzoča v kvaternih zlitinah z Cu. Pri tem smo kombinirali rezultate mikrokemične analize, rentgenske difrakcije, mikroindentacije in mikrostrukturne analize. Ugotovljeno je, da je značilno razmerje med Al in Mn okoli 4, kar nakazuje, da je sestava blizu fazi μ - Al_4Mn iz binarnega sistema Al-Mn, vendar je v njej okoli 5 at. % Be, v kvaternih zlitinah pa tudi do 2 at. % Cu. Glede na te rezultate smo mnenja, da to ni faza $Al_{15}Mn_3Be_2$, ki je v ternarnem faznem diagramu obravnavana kot ravnotežna faza.

Z natančnimi preiskavami z 2D-XRD smo ugotovili lege vrhov H-faze pri manjših kotih (je namreč faza z veliko osnovno celico) in izračunali, da se lege vrhov najbolj ujemajo, če uporabimo parametre faze H1, ki ima zgradbo podobno kot μ - Al_4Mn .

Metastabilna stanja pri varjenju

V letu 2009 je bilo delo pri raziskovanju metastabilnosti pri tehnološkem postopku varjenja usmerjeno na laboratorijske raziskave varivosti in vrednotenja primernosti dveh vrst tehničnih kovin za določeno vrsto aplikacije. Tu gre za različna jekla za delo pri visokih temperaturah, kjer so konstrukcije trajno obremenjene statično, in za aluminijeve zlitine za uporabo v slanem okolju, kjer so konstrukcije obremenjene tudi ciklično. Raziskovane so bile osnovne mehanske lastnosti teh kovin in njihove lastnosti v varjenem stanju, rezultati pa so bili podprti z obsežnimi rezultati metalografskih in fraktografskih raziskav ter nekaterih drugih testiranj. Te podatke bomo kasneje uporabili pri izbiranju optimalnih varilnih parametrov in ustrezne termične obdelave pred in po varjenju, istočasno pa jih bomo lahko vključili tudi kot vhodne podatke pri numeričnih simulacijah obnašanja tozadevnih varjenih konstrukcij pri ustreznih obremenitvah. Inženirske numerične simulacije so zelo koristne za dimenzioniranje varjenih konstrukcij, kakor tudi za oceno celovitosti konstrukcij z napakami.

Termični cikel varjenja, ki je glavni vzrok za mikrostrukturne spremembe med varjenjem v osnovnem materialu in v delu že obstoječega vara, za nadaljnje eksperimentalne študije pripravimo na simulatorju varjenja. Možno je klasično ali mikromehansko testiranje in testiranje lomnih ali lastnosti v povezavi z utrujanjem in to na vzorcih materiala s simulirano mikrostrukturom zvarov. Na ta način analiziramo občutljivost varjenega materiala na rast ali drobljenje zrna, na izoblikovanje lokalnih krhkih področij zaradi martenzitno/avstenitnih (M/A) sestavin in drugih škodljivih ali koristnih sestavin v zvarih.

Pri napovedovanju obnašanja realnih zvarov upoštevamo lastnosti specifičnih delov zvarov kot so enovarkovno in večvarkovno področje termičnega vpliva (grobozrnato, finozrnato, interkritično segreto, itd.) oziroma var (stebričasti, prekristalizirani, popuščeni, itd.) ter vpliv makro in mikro napak skupaj z zaostalimi napetostmi na makro in mikro ravni.

Študij metod karakterizacije metastabilnih stanj

V okviru programske skupine že dalj časa poteka razvoj neporušne merilne metode, ki omogoča sproten nadzor in kontrolo toplotne obdelave metastabilnih materialov s kovinsko osnovo. Osrednji del sistema predstavlja merilna celica, ki omogoča kontinuirano zasledovanje toplotne obdelave preizkušancev s sočasnimi meritvami spremembe njegove električne upornosti in temperature. Meritev električne upornosti poteka po principu štiritočkovne merilne metode, pri čemer je mogoče merilno metodo uporabljati v širokem temperaturnem območju (do maksimalne temperature 1100°C) tako v nevtralnem (vakuum, zaščitni plin) kot tudi reaktivni atmosferi (oksidativni, redukcijski) žarjenja. Razvoj merilne metode je neposredno usmerjen k reševanju aktualnih gospodarskih in družbenih vprašanj, v smislu optimalne izrabe energijskih in surovinskih virov ter zmanjšanju onesnaževanja okolja (manjši izpusti toplogrednih plinov).

V letu 2009 je bilo znanstveno-raziskovalno delo usmerjeno k implementaciji merilne metode za primer spremljanja procesa vakuumske cementacije jekel. Vakuumska cementacija je moderen in tehnološko napreden postopek cementacije jekel, pri katerem jeklo z malo ogljika površinsko naogljjičimo običajno do koncentracije 0,8 %C in nato zakalimo. Jekla cementiramo z namenom, da bi dosegli načrtovano mikrostrukturom ter predvsem optimalno kombinacijo mehanskih lastnosti. Končni rezultat cementacije sta z ogljikom obogatena površina, ki je po poboljšanju trda in jedro, ki ostane žilavo. V primerjavi s klasično plinsko cementacijo, kjer poteka ogličenje pri tlaku plina za cementacijo, ki je blizu atmosferskemu ali višji, poteka proces vakuumske cementacije v vakuumski peči pri nizkem parcialnem tlaku plina za cementacijo (do 20 mbar). Proces je običajno sestavljen iz več faz: (i) faza vakuumiranja (do 10^{-1} mbar-a), (ii) faza segrevanje do izotermne temperature žarjenja (med 900 in 1050°C – odvisno od sestave jekla), (iii) faza ogličenje ali aktivna faza, pri kateri dovajamo plin za cementacijo v komoro peči (do 20 mbar-ov), (iv) faza difuzije ali pasivna faza – v tej fazi poteka difuzija ogljika v obdelovanec v vakuumu (10^{-1} mbara) in (v) faza gašenja, ki običajno poteka v plinskem mediju: N₂, He ali H₂, redkeje v oljni kopeli.

Pri klasični plinski cementaciji, spremljamo globino cementirane plasti posredno z nadzorom atmosfere v peči s pomočjo kisikove sonde. Nasprotno za nadzor vakuumske cementacije ne moremo uporabiti kisikove sonde, saj poteka cementacija v vakuumu. Tako ob konstantnih procesnih parametrih (temperaturi cementacije in parcialnemu tlaku ogljikovodika v atmosferi) nadziramo globino cementirane plasti in koncentracijski gradient ogljika v njej s spreminjanjem dolžine trajanja aktivne in pasivne faze in s številom obeh faz. Za dosego ustreznega števila ciklov in časa trajanja aktivne in pasivne faze se običajno v industrijskem okolju uporabljajo računalniško-simulacijski programi s katerimi zmanjšamo število poskusnih serij proizvodnje. Računalniško-simulacijski program temelječ na empirično razviti bazi podatkov, na osnovi znanih procesnih parametrov (temperaturi cementacije in parcialnemu tlaku ogljikovodika v atmosferi) in sestavi jekla določi koncentracijo ogljika na površini obdelovanca in difuzijsko hitrost ogljika ter napove globino in koncentracijski gradient ogljika v naogljjičeni plasti.

Na Fakulteti za strojništvo, Inštitutu za tehnologijo materialov, se že dalj časa ukvarjamo z razvojem metode, ki bi omogočala sprotno in neporušno spremljanje procesa cementacije. Razvijamo merilno celico, ki omogoča spremljanje globine naogljjičene plasti med vakuumsko cementacijo. Metoda spremljanja procesa vakuumske cementacije temelji na osnovi sprotne meritve spremembe električne upornosti v preizkušancu med aktivno in pasivno fazo. S sprotnimi meritvami električne upornosti smo spremljali proces vakuumske cementacije nizkoogljicnega in legiranega (Buehler N360 Isoextra) jekla v temperaturnem območju med 800 in 1000°C ter pri parcialnem tlaku acetilena med 5 in 20 mbar-ov.

Iz rezultatov opravljene raziskave je mogoče zaključiti, da lahko iz dobljenih krivulj spremembe

električne upornosti, med vakuumsko cementacijo preizkušancev, enolično določimo aktivno in pasivno fazo procesa. Med aktivno fazo procesa, tako pri ogljikovih kot tudi legiranih jeklih, električna upornost narašča zaradi raztapljanja ogljika v kristalni rešetki avstenita vse dokler ne dosežemo prenasičenosti avstenita z ogljikom. Z dosegom prenasičenosti avstenita s ogljikom sledi padec električne upornosti, ki je posledica izločanja cementita (ogljikova jelka) oz. kompleksnih karbidov legiranih elementov (legirana jekla). V pasivni fazi procesa električna upornost ponovno narašča zaradi raztapljanja cementita (ogljikova jelka) oz. kompleksnih karbidov legiranih elementov (legirana jekla).

Na osnovi dobljenih spoznanj smo definirali algoritme preslikave izmerjene električne upornosti v kinetiko pojava, ki omogoča: (i) določitev globine cementirane plasti, (ii) napovedovanje pojava tvorbe cementitne plasti na površini vzorca in (iii) optimizacijo časa trajanja aktivne in pasivne faze procesa za doseg želene globine cementirane plasti.

V letu 2010 bo znanstveno-raziskovalno delo usmerjeno k dopolnitvi večnamenske laboratorijske naprave s konstrukcijo modula za gašenje preizkušancev v plinskem mediju (N_2 , He). Raziskave vakuumske cementacije pa bodo posvečene teoretičnemu in eksperimentalnemu študiju vakuumske cementacije visokolegiranih jekel, katerih klasična plinska cementacija zaradi tvorbe goste mreže karbidov legiranih elementov ni mogoča.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

Osnovni raziskovalni cilji programske skupne so bili v letu 2009 doseženi. Na področju raziskovanja tehnologij izdelave metastabilnih materialov smo uspešno izdelali orodje za izvedbo poskusov ekstremne plastične deformacije po metodi ECAP (Equal Channel Angular Pressing). Opravljeni so bili že prvi poskusi z zlitinami Cu-RZ in Au RZ (RZ-redkozemeljski elementi) in osnovna karakterizacija mikrostrukture z elektronsko mikroskopijo. Na osnovi rezultatov eksperimentalnega dela so bili postavljeni idejni modeli mehanizmov, procesov in pojavov, ki potekajo med procesom ECAP.

Na področju študija metod karakterizacije metastabilnih stanj z merjenjem električne upornosti je bilo znanstveno-raziskovalno delo usmerjeno k implementaciji merilne metode za spremljanje procesa vakuumske cementacije jekel. Na osnovi dobljenih spoznanj smo definirali algoritme preslikave izmerjene električne upornosti v kinetiko pojava, ki omogoča: (i) določitev globine cementirane plasti, (ii) napovedovanje pojava tvorbe cementitne plasti na površini vzorca in (iii) optimizacijo časa trajanja aktivne in pasivne faze procesa za doseg želene globine cementirane plasti.

Pri študiju kvazikristalnih zlitin so bili realizirani vsi zastavljeni cilji, načrtovani za leto 2009. Uspešno smo izvedli intezo zlitin Al-Mn-Be-X z vakuumskim taljenjem in litjem, pri čemer je bil kot najprimernejši zlitinski dodatek izbran Cu, ter manjše količine Si. Izvedeni so bili poskusi hitrega strjevanja preiskanih zlitin Al-Mn, Al-Mn-Be, Al-Mn-Be-Cu in Al-Mn-Be-B. Zlitine so bile hitro strjene z litjem na vrteče kolo (melt-spinning). V bakreno kokilo so bile ulite zlitine Al-Mn-Be, Al-Mn-Be-Cu in Al-Mn-Be-B, pri tem pa je bila posebna pozornost namenjena najperspektivnejšim zlitinam na osnovi kvaternega sistema Al-Mn-Be-Cu. V letu 2009 je bilo opravljeno tudi obsežno delo na razvoju enostavnih metod za ugotavljanje kvazikristalnih faz na podlagi globokega jedkanja in ekstrakcije delcev. Razvita je bila učinkovita metoda globokega jedkanja in ekstrakcije delcev, ki ni primerna zgolj za identifikacijo kvazikristalnih faz, temveč tudi številnih drugih faz v aluminijevih zlitinah.

Na področju študija metastabilnih stanj pri varjenju je bilo raziskovalno delo v letu 2009 usmerjeno na laboratorijske raziskave varivosti in vrednotenja primernosti dveh vrst tehničnih kovin za določeno vrsto aplikacije. Te podatke smo uporabili pri izbiranju optimalnih varilnih parametrov in ustrezne termične obdelave pred in po varjenju, istočasno pa smo jih vključili tudi kot vhodne podatke pri numeričnih simulacijah obnašanja varjenih konstrukcij pri ustreznih obremenitvah.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

Raziskovalno delo skupine je v letu 2009 potekalo popolnoma v skladu s planom raziskovalnega programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Sprotno spremljanje vakuumske cementacije
		<i>ANG</i> In situ monitoring of vacuum carburizing
Opis	<i>SLO</i>	V prispevku predstavljamo osnove vakuumske cementacije jekel ter razvoj neporušne merilne metode za sprotno spremljanje procesa, ki je zasnovana na meritvah električne upornosti obdelovanca. Metoda temelji na zasledovanju difuzije ogljika med vakuumsko cementacijo v obdelovancu s sportnimi meritvami električne upornosti. S to metodo smo spremljali spremembo električne upornosti med vakuumsko cementacijo obdelovanca iz čistega železa.
	<i>ANG</i>	The present article describes development and testing of a new measurement method that enables nondestructive and in situ monitoring of a vacuum carburizing process. The principle of the method is based on monitoring the carbon diffusion during vacuum carburizing by the in-situ measurement of electrical resistance changes in the carburizing sample. Using this method the electrical resistance changes during vacuum carburizing of pure iron were acquired and analyzed.
Objavljeno v	BRUNČKO, Mihael, KNEISL, Albert C., ANŽEL, Ivan. Mater. manuf. process., 2009, vol. 24, no. 7, str. 809-813,	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13139990	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Modeliranje meje plastičnosti preoblikovanega materiala z metodo evolucijskega računanja
		<i>ANG</i> Yield strength modelling of formed material using evolutionary computational method
Opis	<i>SLO</i>	V članku je predstavljen nekonvencionalen pristop določevanja natančnih modelov spremembe lastnosti hladno preoblikovanega materiala. Uporabljena je metoda genetskega programiranja, ki temelji na posnemanju evolucije v naravi in katere glavna značilnost je nedeterministični način računanja. Surovec iz bakrove zlitine je bil hladno preoblikovan z vlečenjem pri različnih parametrih. Na podlagi eksperimentalnih podatkov (testne množice) so bili z metodo genetskega programiranja razviti številni modeli za natančno napovedovanje spremembe meje plastičnosti v odvisnosti od vhodnih parametrov.
	<i>ANG</i>	In this paper we propose an evolutionary computation approach for the modelling of yield strength in formed material. One of the most general evolutionary computation methods is genetic programming, which was used in our research. Genetic programming is an automated method for creating a working computer program from a problem's high-level statement. During our research, material was cold formed by drawing using different process parameters. On the basis of a training data set, various different genetic models for yield strength distribution were developed during simulated evolution.
Objavljeno v	GUSEL, Leo, RUDOLF, Rebeka. Yield strength modelling of formed material using evolutionary computational method. Metalurgija, 2009, vol. 15, br. 1, str. 29-37.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13042966	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Razširitev Tanaka-Mura modela za iniciacijo utrujenostne razpoke v toplotno rezanem martenzitnem jeklu
		<i>ANG</i> Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels

Opis	<i>SLO</i>	Prikazan je multi-scale numerični model za modeliranje iniciacije in širjenja utrujenostne razpoke v toplotno rezanem robu z martenzitno mikrostrukturo. Simulacija temelji na uporabi Tanaka-Mura modela na mikro nivoju, z uporabo sintetične mikrostrukture, modelirane z Voronojevo tesalacijo. Model vključuje tri izboljšave (modeliranje večih drsnih ravnin, združevanje mikro razpok in segmentiranje mikro razpoke). Nadaljnjo širjenje razpoke je modelirano na makro nivoju. Rezultati numerične simulacije so pokazali zadovoljivo ujemanje z eksperimentalnimi rezultati.
	<i>ANG</i>	A multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation in thermally cut structural elements made of martensitic steel is presented. A numerical simulation of micro-crack initiation is based on the Tanaka-Mura micro-crack nucleation model, where individual grains of synthetic microstructure are simulated using the Voronoi tessellation. Three improvements are added to this model (multiple slip bands, micro-crack coalescence and segmented micro-crack) generation). Crack propagation is then solved on a macro scale model using LEFM.
Objavljeno v	KRAMBERGER, Janez, JEZERNIK, Niko, GÖNCZ, Péter, GLODEŽ, Srečko. Eng. fract. mech.. [Print ed.], Available online 22 December 2009., doi: 10.1016/j.engfracmech.2009.12.003.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13864982	
4. Naslov	<i>SLO</i>	Numerično modeliranje iniciacije utrujenostne razpoke v martenzitnem jeklu
	<i>ANG</i>	Numerical modelling of fatigue crack initiation of martensitic steel
Opis	<i>SLO</i>	V članku smo prikazali numerično simulacijo iniciacije mikro-razpoke z uporabo izboljšanega Tanaka-Mura modela. Numerično simulacijo smo izvedli s programom ABAQUS, za katerega smo pripravili ustrezne podprograme za modeliranje iniciacije in združevanja mikrorazpok. V modelu smo upoštevali tudi površinsko hrapavost toplotno rezanega roba in zaostale napetosti zaradi rezanja.
	<i>ANG</i>	Numerical simulation of micro-crack initiation that is based on improved Tanaka-Mura micro-crack nucleation model is presented. Numerical simulation of crack-initiation was performed with ABAQUS, using a plug-in that was written specially for handling micro-crack nucleation and coalescence. Since numerical model was directed at simulating fatigue properties of thermally cut steel with martensitic structure, edge properties of specimen were additionally inspected in terms of micro-structural properties, surface roughness and residual stresses.
Objavljeno v	GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, KRAMBERGER, Janez, LASSEN, Tom. Adv. eng. softw. (1992). [Print ed.], Available online 2 February 2010., doi: 10.1016/j.advengsoft.2010.01.002.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13864726	
5. Naslov	<i>SLO</i>	Karakterizacija livne zlitine Al86Mn3Be11
	<i>ANG</i>	Characterization of cast Al86Mn3Be11 alloy
Opis	<i>SLO</i>	Zlitina je ena izmed možnih aluminijevih zlitin, ki so utrjene s kvazikristali. Zato je bila posebna pozornost namenjena ikozaedrični kvazikristalni fazi, katere sestava ustreza Al52Mn18Be30. V glavnem je bila navzoča v obliki dendritov in paličaste eutektične faze. Njeno obliko lahko pojasnimo, če privzamemo, da je njena rast najhitrejša v trištevni oseh, ter da imajo petštevne ravnine najmanjšo površinsko energijo.
	<i>ANG</i>	The alloy that may be important as a quasicrystal strengthened aluminium alloy was characterised in details. Special attention was devoted to icosahedral quasicrystalline phase. The composition of the i-phase was approximately Al52Mn18Be30. The i-phase was present predominantly in the form of dendrites and a rodlike eutectic phase. The morphology of the i-phase was explained by the predominant growth in threefold directions and the lowest energy of the fivefold planes, leading to the faceting and adopting a pentagonal dodecahedron shape.
Objavljeno v	BONČINA, Tonica, MARKOLI, Boštjan, ZUPANIČ, Franc. J. Microsc. (Oxf.), Feb. 2009, vol. 233, no. 3, 364-371.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13052182	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

		Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	SLO	Utrujenostne lastnosti toplotno rezanih konstrukcijskih elementov
		ANG	Fatigue behaviour of thermal cutted steel structural elements
	Opis	SLO	Z vabljenim predavanjem na ugledni mednarodni konferenci smo predstavili širši strokovni javnosti model za numerično simulacijo dinamične trdnosti toplotno rezanih komponent. Prikazali smo izboljšave, ki smo jih vgradili v obstoječe modele. Prikazan je bil način reševanja problema na mikro in makro nivoju. Za verifikacijo modela je bila prikazana primerjava z eksperimentalnimi rezultati.
		ANG	At invited lecture at international konference a multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation of thermal cutted structural elements was presented. Some improvements, added to existing model, were presented. For verification of proposed model comparison with experimental results were shown.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	KRAMBERGER, Janez, JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko. Fatigue behaviour of thermal cutted steel structural element. V: International Conference on Crack Paths (CP 2009), Vicenza (Italy), 23 - 25 September, 2009. 2009, str. 261-272.	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)	
COBISS.SI-ID	13654038		
2.	Naslov	SLO	Naprava za določevanje parametrov malo-cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom
		ANG	Rotating bending test machine for determination of low cycle fatigue parameters
	Opis	SLO	V patentu je predstavljen osnovni koncept naprave za določevanje parametrov malo cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom.
		ANG	The basic concept of the specially designed testing machine and its characteristics are illustrated in the patent.
	Šifra	F.13 Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Objavljeno v	KNEZ, Marko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. Naprava za določevanje parametrov malo-cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom : patent št. 22766 z dne 2.11.2009, patentna prijava št. P-200800075, z dne 1. 4. 2008. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo, Urad RS za intelektualno lastnino, 2009. 1 mapa (loč. pag.)	
	Tipologija	2.24 Patent	
COBISS.SI-ID	13647638		
3.	Naslov	SLO	Uredništvo, Članstvo v uredniškem odboru revije RMZ – Materiali in geokolje
		ANG	Editorial, Membership in an editorial board of RMZ – Materials and Geoenvironment
	Opis	SLO	Član raziskovalne skupine (dr. Franc Zupanič) je član uredniškega odbora revije RMZ – Materiali in geokolje, ki izhaja že več kot 50 let in je vključena v številne sekundarne baze. Močno se trudimo, da bi dvignili kakovost revije. Eden od naših trenutnih ciljev je, da bi dosegli takšno kakovost revije, da bi bila vključena v Web of Science ter da bi pridobila primeren faktor vpliva. Da bi to dosegli, poskušamo pridobiti odlične članke od različnih raziskovalcev z vsega sveta
		ANG	The member of our research group is also a member of the Editorial board of RMZ – Materials and Geoenvironment, which is included in most of the secondary databases. We are struggling to rise the quality of the journal. Our immediate goal is to increase the quality of the journal to be included in Web of Science and to achieve an appropriate impact factor. With this respect we are trying to obtain quality articles from researchers all around the world.
	Šifra	C.05 Uredništvo nacionalne revije	
	Objavljeno v	RMZ- Materials and Geoenvironment, Aškerčeva cesta 12, p. p. 312, 1001 Ljubljana, Slovenija	
	Tipologija	2.15 Izvedensko mnenje, arbitražna odločba	

	COBISS.SI-ID	77096192
4.	Naslov	SLO Uredništvo, drugo uredništvo
		ANG Editorial
	Opis	SLO Priprava tematskega sklopa o uporabi fokusiranega ionskega snopa (FIB) pri karakterizacije in izdelavi delov za revijo IRT 3000, z namenom popularizacije metode in spodbujanje uporabe in razvoja novih tehnologij v Sloveniji.
		ANG Priprava tematskega sklopa o uporabi fokusiranega ionskega snopa (FIB) pri karakterizacije in izdelavi delov za revijo IRT 3000, z namenom popularizacije metode in spodbujanje uporabe in razvoja novih tehnologij v Sloveniji.
	Šifra	C.07 Drugo uredništvo
	Objavljeno v	ZUPANIČ, Franc. Fokusirani ionski curek pri mikroobdelavi in preiskavi materialov : uvodnik. IRT 3000, apr. 2009, letn. 4, 20 (2), str. 37.
	Tipologija	1.20 Predgovor, spremna beseda
	COBISS.SI-ID	13196822
5.	Naslov	SLO Karakterizacija metastabilne mikrostrukture zlitine Au-La
		ANG Characterisation of the metastable microstructure of Au-La alloy
	Opis	SLO V referatu je bila predstavljena metastabilna mikrostruktura mikrolegirane zlitine Au-La dosežena s hitrim strjevanjem. Mikrostruktura je sestavljena iz submikronskih zrn prenasočene trdne raztopine zlata in fine disperzije delcev intermetalne spojine Au ₆ La, ki omogoča disperzijsko utrjanje materiala.
		ANG In the paper a metastable microstructure of microalloyed Au-La obtained in rapid solidification process was presented. The microstructure consists of fine supersaturated and subnanometer sized grains of gold and fine dispersion of intermetallic particles Au ₆ La. Such microstructure is appropriate for dispersion strengthening.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	BÜHRIG-POLACZEK, Andreas (ur.), KNEISSEL, Albert C. (ur.). 43. Metallographie-Tagung, 16.-18. September 2009 in Aachen. Fortschritte in der Metallographie : [Vortragstexte der 43. Metallographie-Tagung, 16.-18. September 2009 in Aachen], (Sonderbände der Praktischen Metallographie, 41). Frankfurt: Werkstoff-Informationsgesellschaft MATINFO, cop. 2009, str. 277-282.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13450774

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

--

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	2	1
- doktorati	1	
- specializacije		
Skupaj:	3	1

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov

- univerze in javni raziskovalni zavodi		1	
- gospodarstvo	1	1	
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	1	2	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	0

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

Elettra, Sincrotrone Trieste, Italy, Project No. 20085042, Phase analysis of Al-Mn-Be-X alloys containing quasicrystals (izvedba rentgenske difrakcije XRD; projekt poteka v okviru VI Framework Program Transnational Access, RII3-CT-2004-506008: IA-SFS) in

ANNA Analytical Network for Nanotech, Transnational Access Scheme (ANNA_UC2_RP008, TA 2.2, TA 2.3, TA 2.6): izvedba preskusov z XPS, SIMS in ToF SIMS. Projekt poteka v okviru European Commission - Sixth Framework Programme, Research Infrastructures Action Project n. 026134(RII3)ANNA

Bilateralni projekt z Norveško (projekt SLO/NO BI/07-09-005, z naslovom: Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivosti varjenih konstrukcij). Vodja J. Kramberger [COBISS.SI-ID 13817878],

Bilateralni projekt s Češko Republiko (projekt SLO/CZ BI/08-09-014, z naslovom: Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla). Vodja J. Kramberger [COBISS.SI-ID 13866774].

Sveučilišče v Zagrebu, Stomatološka fakulteta, prof.dr. Vjekoslav Jerolimov, Klinika za protetiko
 University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Serbia
 Military Medical Academy, Belgrade, Serbia
 RWTH Aachen University, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Germany
 University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering
 University of Belgrade, Faculty of Stomatology
 University of Niš, Faculty of Medicine
 Institute of Physics Belgrade- Centre for Raman Spectroscopy
 ERA-NET project: NANO-MMC (2006/2009)
 Eureka BIO-SMA E!3971 (2007/2009)
 Eureka NANO-FOIL E!4213 (2008/2010)
 Eureka GONANO E!4953 (2009/20119)
 Eureka GALVACONT E!5009 (2009/2012)

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

Era net – Nano MCC; vodja: dr. Ivan Anžel

Magneti d.d.: Razvoj novih zlitinskih sistemov iz plemenitih kovin (2009)- 100 raziskovalnih ur
Zlatarna Celje d.d.: Mikrostrukturne raziskave in analize nastalih defektov na različnih izdelkih (2008/2009)- 150 ur
Maksim d.o.o.: Razvoj novih postopkov pocinkanja in tehnologij v kontejnerski tehniki – 2009 - 450 ur

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

/

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Glede na zastavljene rezultate smo v obdobju od 01. 01. 2009 do 31. 12. 2009 sredstva pridobljena na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja porabili za naslednje aktivnosti oziroma dejavnosti:

- Izdelava nanostrukturnega kompozita Au-La₂O₃ iz zlitinskega sistema Au-La z uporabo kombinacij hitrega strjevanja in notranje oksidacije, oziroma ekstremne plastične deformacije in notranje oksidacije;
- Površinska obdelava nanostrukturnih kompozitov Cu-Al₂O₃, Cu-ZrO₂ in Au-La₂O₃ s plazmo;
- Mikrostrukturna karakterizacija nanostrukturnih kompozitov in preiskava mehanskih, fizikalnih in kemijskih lastnosti njihovih polizdelkov v obliki žic in trakov.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

/

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Preiskave mehanskih, fizikalnih in drugih lastnosti materiala so osnova za načrtovanje tehnologije. Z eksperimenti in testiranjem dobimo veliko množico podatkov, ki jih želimo kar najbolj nazorno analizirati in prikazati. S pomočjo ne-determinističnih metod, s katerimi se ukvarjamo v sklopu programa, je možno natančno in hitro postaviti matematične modele za katerokoli lastnost materiala, če so na voljo eksperimentalni rezultati. Ker je metoda genetskega programiranja zelo splošna je njena implementacija v praksi možna in tudi priporočljiva na različnih področjih (proizvodne tehnologije, energetika, orodjarstvo, mehatronika, metalurgija...). Z nekonvencionalnim modeliranjem lahko določimo natančne modele, s pomočjo katerih je možno zelo zanesljivo napovedati spremembe določenih lastnosti materiala znotraj eksperimentalnega območja, kar vpliva na nižanje stroškov izdelave in izboljšanje kvalitete izdelka.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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	3027 Maks Oblak
Obseg raziskovalnih ur	skupaj: 8.034 od tega v letu 2009: 2.678
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2011
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

V letu 2009 smo izvedli raziskave nestacionarnih nihanj nelinearnih elektromehanskih sistemov z neidealnimi izvori energije s pomočjo razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode z več časovnimi skalami ter rezultate raziskav objavili v mednarodni znanstveni reviji *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*. Iz področja periodičnih, aperiodičnih in nestacionarnih nihanj nelinearnih mehanskih sistemov smo s pomočjo razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode izvedli tudi raziskavo upravljanja procesa izgorevanja v Rijkejevi cevi ter jo predstavili na 6th *International Conference of Croatian Society of Mechanics*. Razvili smo analitično verzijo metode harmonskega ravnovesja za obravnavo dinamike udarnih sistemov in predstavili na Kuhljevih dnevih '09. Na področju mehanike loma so bile opravljene začetne raziskave časovno odvisnega modela utrujenostne rasti razpoke v krhkih kot tudi v duktilnih materialih. Razvoj numerične metode predvideva več dimenzijskih skal, da bi zagotovili natančnejše modeliranje začetne oziroma lokalne rasti razpoke. Opravljene raziskave obsegajo generiranje mreže končnih elementov in numerično računanje $\sigma - \epsilon$ krivulje za enoosno napetostno stanje. Prav tako so bile opravljene začetne raziskave v okviru optimizacijskih metod modeliranja konstrukcij, kjer so posamezni parametri podvrženi slučajnim vplivom. Raziskava je obravnavala optimizacijo topologije zveznih konstrukcij z uporabo projektnega elementa za parametrizacijo nivojske funkcije v splošni formulaciji optimizacijske naloge, ki ni odvisna od posameznega primera.

ANG

In the year 2009 research of nonstationary oscillations appearing in nonlinear electromechanical systems with nonideal energy sources was conducted by applying the Extended Lindstedt-Poincare method with multiple time scales. The research results were published in *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*. In the field of periodic, aperiodic and nonstationary oscillations of nonlinear mechanical systems, the Extended Lindstedt-Poincare method was applied also for the control of the combustion process in the Rijke tube. The results of this research was presented at 6th *International Conference of Croatian Society of Mechanics*. The analytical version of the Harmonic Balance method for computation of the jerk dynamic systems was developed and presented at *Scientific Meeting "Kuhljevi dnevi '09"*. In the field of fracture mechanics, the beginning researches of the time dependent fatigue crack growth model in brittle as well as ductile materials were performed. The development of the numerical method forecast the use of multiple dimension scales to assure more accurate modelling of the initial crack and its local growth. Researches, which were performed until now, include a sophisticated finite element mesh generation and numerical computation of the $\sigma - \epsilon$ diagram for a one-dimensional stress state. The beginning research was conducted also in the field of optimization of structures, where several parameters are influenced by stochastic variations. Topology optimization of continuous structures was treated by using design elements for parametrization of level set function in the general optimization problem, which is independent on the particular case.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

V okviru raziskovalnega programa smo v letu 2009 izvedli raziskavo nestacionarnih nihanj in nestacionarnih prehodov osnovne resonance nelinearnih elektromehanskih sistemov, ki jih poganjajo neidealni izvori energije. Elektromehanske sisteme smo modelirali s pomočjo razširjenega Hamiltonovega principa in na njegovi osnovi razvili razširjeno Lindstedt-Poincarejevo metodo z več časovnimi skalami za izvedbo nestacionarne analize nelinearne dinamike sistemov v časovni in frekvenčni domeni. Raziskave so v odvisnosti od izbire parametrov odkrile obstoj fizikalnih pojavov resonančnega omahovanja elektromehanskih sistemov z neidealnimi izvori energije v okolici določene podkritične frekvence, pojav resonančne stagnacije pri določeni podkritični frekvenci in pojav resonančnega utripanja, kadar elektromehanski sistem v nestacionarnem prehodu prestopi kritično frekvenco. S pojavom omahovanja in stagnacije smo odkrili obstoj nestacionarnih prehodov, ki jih ni mogoče najti v elektromehanskih sistemih z idealnimi izvori energije, četudi so nelinearni. Ugotovili smo, da nestacionarni pojavi elektromehanskih sistemov z neidealnimi izvori energije bistveno odstopajo od nestacionarnih pojavov v idealiziranih sistemih, kjer ne upoštevamo vpliva mehanskega dela sistema na pogonski električni del sistema in dokazali, da idealizacija v nestacionarnem režimu ni dopustna. Rezultate raziskav smo objavili v vrhunski mednarodni znanstveni reviji *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, ki je z JCR IF = 8.479 razvrščena na prvo mesto v treh kategorijah (1/68 engineering, multidisciplinary; 1/175 mathematics, applied; 1/46 physics, mathematical) in v kategoriji (2/112 mechanics) na drugo mesto.

V letu 2009 smo v skladu z raziskovalnim programom razvili še posebno varianto razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode za avtonomne sisteme, ki z uporabo simboličnega računanja razširja uporabnost metode na področje nestacionarnega upravljanja nelinearnih dinamičnih sistemov. Ob tem smo metodo za izračun nestacionarnih aperiodičnih odzivov v časovni domeni razširili še na izračun limitnih ciklov avtonomnih nelinearnih dinamičnih sistemov. Rezultate raziskave smo predstavili na 6th International Conference of Croatian Society of Mechanics. Ker raziskava še ni zaključena, jo bomo nadaljevali v letu 2010 in razširili še z novimi spoznanji. V letu 2009 smo izvedli raziskavo nelinearne dinamike udarnih sistemov. Ker dinamike udarnih sistemov zaradi tretjih časovnih odvodov pomikov ne opišemo z variacijskimi principi, smo kot alternativo k razširjeni Lindstedt-Poincarejevi metodi razvili analitično verzijo metode harmonskega ravnovesja, ki omogoča izračun približkov periodičnih rešitev odzivnega nihanja v

analitični obliki. Čeprav so bili obravnavani udarni sistemi avtonomni, je razvita metoda že dovolj splošna, da omogoča obravnavo tudi neavtonomnih nelinearnih sistemov s periodičnim vzbujanjem, kar smo preizkusili pri Duffingovem nihalu.

V letu 2009 smo izvedli začetne raziskave časovno odvisnega modela utrujenostne rasti razpoke v krhkih kot tudi v duktilnih materialih. Raziskave temeljijo na numeričnih metodah z več dimenzijskimi skalami, ki omogočajo natančnejše modeliranje začetne oziroma lokalne rasti razpoke. Opravljene raziskave so omogočile numerično določevanje $\sigma - \epsilon$ diagrama za enosno napetostno stanje z generiranjem mreže končnih elementov za simulacijo začetne razpoke in njene dinamične rasti.

V letu 2009 so bile prav tako opravljene začetne raziskave v okviru optimizacijskih metod modeliranja konstrukcij, kjer so posamezni parametri podvrženi slučajnim vplivom. Raziskave so bile posvečene optimizaciji topologije zveznih konstrukcij z uporabo projektnega elementa za parametrizacijo nivojske funkcije ter splošna formulacija optimizacijske naloge, ki ni odvisna od obravnavanega primera.

ANG

In the frame of research program in the year 2009 we have performed the research of nonstationary oscillations and passages through fundamental resonance of nonlinear electromechanical systems, which are driven by nonideal energy sources. Electromechanical systems are modeled by extended Hamilton principle, which is used in the development of the Extended Lindstedt-Poincare method with multiple time scales to perform nonstationary analysis of nonlinear dynamics in the time and the frequency domain. Researches in dependence on the selected parameters revealed the existence of physical phenomena such as the resonance wavering of electromechanical systems with nonideal energy sources around the some undercritical frequency, the resonance stagnation at fixed undercritical frequency and the resonance beat phenomenon when the electromechanical system in nonstationary passage passes the critical frequency. Investigation of the resonance wavering and stagnation phenomena, respectively revealed the existence of nonstationary passages, which have no counterparts in electromechanical systems with ideal energy sources, although systems are nonlinear. We have ascertained, that nonstationary phenomena of electromechanical systems with nonideal energy sources in an essential way deviate from nonstationary phenomena in idealized systems, where the influence of mechanical part of the system on the driving electrical subsystem is not taken into account and that idealization in nonstationary operation is not admissible. The results of this research are shown in the paper published in International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation with JCR IF = 8.479 (1/68 engineering, multidisciplinary; 1/175 mathematics, applied; 2/112 mechanics; 1/46 physics, mathematical). The special variant of Extended Lindstedt-Poincare method with symbolic computation was developed in the year 2009 in accordance with the research program so that the applicability of the method is extended to the field of nonstationary control of nonlinear dynamical systems. In addition, the method for computing of nonstationary aperiodic response in the time domain is upgraded for computing limit cycles of autonomous dynamical systems. The research results were presented on the 6th International Conference of Croatian Society of Mechanics. Because the research is not concluded yet, it will be continued and expanded in year 2010.

In year 2009 the research of nonlinear dynamics of jerk systems was performed, too. Because the jerk dynamics is not described by using variational principles, we developed as alternative to the Extended Lindstedt-Poincare method the analytical version of the Harmonic Balance method, which makes possible, that approximate periodic solutions of the response can be obtained in an analytical form. Although treated jerk systems were autonomous, the developed method is generalized enough to treat nonautonomous nonlinear systems, such as the periodically driven Duffing oscillator.

In year 2009, the beginning research of the time dependent fatigue crack growth model in brittle as well as ductile materials was started. The research is based on numerical methods with multiple dimension scales, which permits more accurate modelling of the initial crack and its local growth. The results of the research are obtained in the form of numerical computation of the $\sigma - \epsilon$ diagram for a one-dimensional stress state with a sophisticated finite element mesh generation in the simulation process of the initial crack modelling and its dynamical growth.

In year 2009, the beginning research in the field of optimality criteria methods for modelling of structures with considering stochastic influence on some parameters was conducted, too. The research was devoted to optimization of topology of continuous structures by using level set function and design elements. A general formulation of optimization problem was derived, which is independent on particular case.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Izvedene raziskave nestacionarnih nihanj nelinearnih elektromehanskih sistemov z neidealnimi izvori energije omogočajo modeliranje elektromehanskih sistemov s simulacijo realnejših razmer, ki nastopijo v praksi zaradi časovno spremenljive vzbujevalne frekvenca (vrtilne hitrosti) ali drugih časovno spremenljivih parametrov upravljanja sistema. Ker razvita razširjena Lindstedt-Poincarejeva metoda dopušča spreminjanje sistemskih parametrov mehanskega in električnega podsistema, je mogoče poiskati optimalni režim delovanja celotnega sklopa. Izsledki raziskav imajo praktično uporabnost pri načrtovanju rotorskih sistemov s pogonskimi elektromotorji, kjer lahko s pravilno izbiro sistemskih parametrov zagotovimo obratovanje rotorjev v zanesljivem frekvenčnem območju, preprečevanje poškodb zaradi povečanih amplitud v resonančnem pojavu, z vidika optimalnosti pa tudi bolj smotrno izrabo energije. Izvedena raziskava nestacionarnega procesa izgorevanja v Rijkejevi cevi kaže, da je mogoče področje uporabnosti metode razširiti na področje upravljanja dinamičnih sistemov in v tem primeru tudi doseči zmanjšanje vplivov onesnaževanja z dušikovimi oksidi na okolje. Poglobljene raziskave na področju lomne mehanike krhkih in duktilnih materialov z različnimi dimenzijskimi skalami imajo izjemen pomen za zanesljivost delovanja in dobe trajanja klasičnih konstrukcijskih komponent in sklopov kot tudi za uporabo v nanotehnologijah. Raziskave optimizacijskih metod za določanje optimalne oblike in nosilnosti konstrukcije z upoštevanjem slučajnih vplivov na posamezne parametre imajo velik pomen za izračun zanesljivosti mehanskega sistema pa tudi velik pomen v prizadevanjih za večjo gospodarsko konkurenčnost.

ANG

Researches of nonstationary oscillations in nonlinear electromechanical systems with nonideal energy sources, which were accomplished in year 2009, permit greater reality of the electromechanical systems modelling due to the time changeable excitation frequency (rotational speed) or others time changeable control parameters of the system, which appear in practice. Because the developed Extended Lindstedt-Poincare method allows changing of parameters of the mechanical and electrical part of the system, the optimal operation mode of the complete system can be found. Research results have the practical applicability in design of rotor systems with electromotor drives, where the adequate choice of system parameters ensures the rotor operation in a reliable frequency range, prevents damages due to the increased amplitudes in the resonance phenomenon and enables more efficient energy consumption. The accomplished research of nonstationary combustion process in Rijke tube shows, that the applicability of the method can be expanded to the field of the control of dynamical systems and in this particular case the control makes possible that the environmental pollution with nitrogen oxydes can be lowered. The sound researches in fracture mechanics of brittle and ductile materials by using different dimension scales have exceptional meaning on the operational reliability and fatigue life of classical structural components as well as in nanotechnologies. Researches of optimality criteria methods for determination of the optimal shape and the load capacity of the structure have a great meaning not only for the computation of the reability of the mechanical system but also to reach a better competitive position in economy.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

Courier New

7

V okviru raziskovalnega programa smo v letu 2009 izvedli raziskavo nestacionarnih nihanj in nestacionarnih prehodov osnovne resonance nelinearnih elektromehanskih sistemov, ki jih poganjajo neidealni izvori energije. Obravnavali smo upogibni model rotorskega sistema z vrtečim diskom, montiranim na elastični osi in elektromehanski sistem z rotirajočo ekscentrično maso, ki je z dušilcem nihanj izoliran od podlage. V obeh sistemih poganjamo rotor z enosmernim elektromotorjem s paralelnim vzbujanjem s časovno spremenljivo vrtilno hitrostjo. Oba elektromehanska sistema smo modelirali s pomočjo razširjenega Hamiltonovega principa in izpeljali Euler-Lagrangeve enačbe, ki jih lahko ločimo na enačbe gibanja nihajočega dela ter na ravnovesno enačbo

vrtilnega momenta. Na osnovi Euler-Lagrangevih enačb smo razvili razširjeno Lindstedt-Poincarejevo metodo z več časovnimi skalami, kjer smo vpeljali dodatno počasno časovno skalo za opis nestacionarnega nihanja v časovni in frekvenčni domeni. Raziskave so v odvisnosti od vrednosti parametrov odkrile obstoj fizikalnih pojavov resonančnega omahovanja elektromehanskega sistema z rotirajočim diskom, montiranim na elastični osi, poganjanega z neidealnim izvorom energije v okolici določene podkritične frekvence, pojav resonančne stagnacije pri določeni podkritični frekvenci in pojav resonančnega utripanja, kadar elektromehanski sistem z rotirajočim diskom v nestacionarnem prehodu prestopi kritično frekvenco bodisi v motorskem, bodisi v zavornem režimu obratovanja. Pri elektromehanskem sistemu z rotirajočo ekscentrično maso in dušilcem nihanj pojava omahovanja nismo zaznali, vendar pa sistem lahko pri kritični vrednosti ekscentričnosti stagnira v subkritičnem območju oziroma v prehodu skozi osnovno resonanco utripa v motorskem ali zavornem režimu obratovanja. S pojavom omahovanja in stagnacije smo odkrili obstoj nestacionarnih prehodov, ki jih ni mogoče najti v elektromehanskih sistemih z idealnimi izvori energije, četudi so nelinearni. Ugotovili smo, da nestacionarni pojavi elektromehanskih sistemov z neidealnimi izvori energije bistveno odstopajo od nestacionarnih pojavov v idealiziranih sistemih, kjer ne upoštevamo vpliva mehanskega dela sistema na pogonski električni del sistema in dokazali, da idealizacija v nestacionarnem režimu ni dopustna.

V letu 2009 smo v skladu z raziskovalnim programom razvili še posebno varianto razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode s simboličnega računanja za avtonomne sisteme, ki razširja uporabnost metode na področje nelinearnega, nestacionarnega upravljanja dinamičnih procesov. Metodo smo uporabili pri upravljanju procesa izgorevanja v Rijkejevi cevi z namenom, da zadušimo samovzbujena nihanja zvočnega tlaka v ravnini zgorevanja in v tem primeru odpravimo onesnaževanje z dušikovimi oksidi. Nestabilnost procesa izgorevanja v Rijkejevi cevi smo modelirali s pozitivno povratno zvezo med procesom prestopanja toplote in širjenjem zvoka v izgorevalni komori. Pozitivna povratna zveza je vzrok nastanka nelinearnih limitnih ciklov. Pojav smo matematično opisali s pomočjo avtonomnega, sklopljenega van der Polovega nihala z dvema prostostnima stopnjama. Ob tem je metoda za izračun nestacionarnih aperiodičnih odzivov v časovni domeni dopolnjena še z izračunom limitnih ciklov avtonomnih nelinearnih dinamičnih sistemov. Upravljanje procesa pri dušenju samovzbujenih nihanj smo izvedli s pomočjo multiplikativne povratne zanke, ki ima v tem primeru bistvene prednosti pred običajnimi aditivnimi povratnimi zankami. Ker raziskava še ni zaključena, jo bomo nadaljevali v letu 2010 in razširili še z novimi spoznanji.

V letu 2009 smo izvedli raziskavo nelinearne dinamike udarnih sistemov, katerih vodilne enačbe vsebujejo časovne odvode pomikov tretjega reda, zaradi česar ne moremo uporabljati razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode z več časovnimi skalami. Da bi bilo mogoče analizirati dinamiko tako posebnih sistemov, smo razvili analitično verzijo metode harmonskega ravnovesja, s katero pa za sedaj lahko izračunamo le periodični odziv sistema. Metodo smo uporabili pri dveh

vrstah udarnih sistemov, ki vsebujejo tretje časovne odvode pomikov: prvi sistem je vseboval kubične nelinearnosti v pomikih, hitrostih in pospeških, drugi sistem pa linearni in kubični člen v hitrostih ter nelinearni ulomljeni člen s pomiki, hitrostmi in pospeški. Čeprav so bili obravnavani udarni sistemi avtonomni, je bila razvita metoda že dovolj splošna, da je omogočila obravnavo tudi neavtonomnih nelinearnih sistemov s periodičnim vzbujanjem, kar smo preizkusili pri Duffingovem nihalu.

V letu 2009 smo izvedli začetne raziskave časovno odvisnega modela utrujenostne rasti razpoke v krhkih kot tudi v duktilnih materialih. Raziskave temeljijo na numeričnih metodah z več dimenzijskimi skalami, ki omogočajo natančnejše modeliranje začetne oziroma lokalne rasti razpoke. Opravljene raziskave so omogočile numerično določevanje $\sigma - \epsilon$ diagrama za enoosno napetostno stanje z generiranjem mreže končnih elementov za simulacijo začetne razpoke in njene dinamične rasti. V letu 2009 so bile prav tako opravljene začetne raziskave v okviru optimizacijskih metod modeliranja konstrukcij, kjer so posamezni parametri podvrženi slučajnim vplivom. Raziskave so bile posvečene optimizaciji topologije zveznih konstrukcij z uporabo projektnega elementa za parametrizacijo nivojske funkcije s splošno formulacijo optimizacijske naloge, ki ni odvisna od posameznega primera konstrukcije.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

Na osnovi poročila o realizaciji raziskovalnega programa v letu 2009 ocenjujemo, da so bili zastavljeni raziskovalni cilji v celoti doseženi.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Nestacionarno nihanje in prehod skozi osnovno resonanco elektromehanskih sistemov, ki jih poganjajo neidealni izvori energije
		<i>ANG</i> Nonstationary vibration and transition through fundamental resonance of electromechanical systems forced by a nonideal energy source.
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava nestacionarna nihanja in prehod skozi osnovno resonanco v elektromehanskih sistemih z neidealnimi izvori energije. V odvisnosti od parametrov je ugotovljen obstoj resonančnega omahovanja elektromehanskega sistema rotorja z vrtečim diskom na elastični osi v podkritičnem frekvenčnem območju, pojava resonančne stagnacije pri določeni podkritični frekvenci v sistemu z vrtečim diskom na elastični osi in sistemu z rotirajočo ekscentrično maso in izolacijo nihanj od podlage ter pojava resonančnega utripanja pri prestopu kritične frekvence v motorskem ali zavornem režimu obratovanja.
		<i>ANG</i> The article treats nonstationary oscillations and passage through fundamental resonance of electromechanical systems with nonideal energy sources. In dependence on parameters the existence of resonance wavering of the system with rotating disc mounted on an elastic shaft in undercritical frequency range, resonance stagnation at some undercritical frequency in systems with rotating disc on the elastic shaft and system with rotating

		eccentric mass and vibration damper as well as beating phenomenon in the passage through critical frequency in motoring or braking mode, respectively are observed.
	Objavljeno v	PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks, TIČAR, Igor. Nonstationary vibration and transition through fundamental resonance of electromechanical systems forced by a nonideal energy source. Int. j. of nonlinear sci. & numer. simul., May 2009, vol. 10, no. 5, str. 637-660. [COBISS.SI-ID 13234454] JCR IF (2008): 8.479, SE (1/68), engineering, multidisciplinary, x: 1.044, SE (1/175), mathematics, applied, x: 0.946, SE (2/112), mechanics, x: 1.335, SE (1/46), physics, mathematical, x: 1.582
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	13234454
2.	Naslov	<i>SLO</i> Upravljanje procesa izgorevanja v Rijkejevi cevi. <i>ANG</i> Control of a combustion process in a Rijke tube.
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava nestacionarno upravljanje procesa izgorevanja v Rijkejevi cevi z uporabo razširjene Lindstedt-Poincarejeve metode z več časovnimi skalami. Brez upravljanja dotoka goriva nestacionarna, samovzbujena nihanja vodijo k nestabilnemu limitnemu ciklu. Z uporabo upravljanja dotoka goriva samovzbujena nihanja zadušimo in odpravimo onesnaževanje okolja z dušikovimi oksidi. <i>ANG</i> The article treats the nonstationary control of the combustion process in a Rijke tube by using Extended Lindstedt-Poincare method with multiple time scales. Without control of the fuel influx, the nonstationary self excited oscillations are unstable approaching limit cycle. By applying the fuel control, self excited oscillations are quenched by eliminating the Nitrogen-Oxygen pollution.
	Objavljeno v	PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks. Control of a combustion process in a Rijke tube. V: Proceedings of the 6th International Congress of Croatian Society of Mechanics Dubrovnik, Croatia, September 30 - October 2, 2009, (Besedilni podatki). Zagreb: Croatian Society of Mechanics, cop. 2009, 8 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 13562390]
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13562390
3.	Naslov	<i>SLO</i> Raziskava dinamike udarnih sistemov z metodo harmonskega ravnovesja. <i>ANG</i> Jerk Dynamics Researches by Harmonic Balance Method
	Opis	<i>SLO</i> V članku so predstavljene periodične rešitve nelinearnih udarnih dinamičnih sistemov, katerih vodilne enačbe vsebujejo časovne odvode tretjega reda, ki so dobljene z uporabo metode harmonskega ravnovesja (MHR). Za konstrukcijo natančnih analitičnih rešitev višjega reda je MHR prilagojena tako, da lahko poljubno povečujemo število vključenih harmoničnih členov. Uporabnost in učinkovitost predložene metode je prikazana v obravnavi dveh različnih tipov enačb udarnih sistemov. <i>ANG</i> Periodic solutions of nonlinear jerk dynamical systems, whose governing equations involve third order time-derivative are presented by applying harmonic balance (HB) method. To construct accurate higher order analytical solutions, the HB method is adapted so that additional harmonic terms can be arbitrarily added. The usefulness and effectiveness of the proposed method is illustrated on two different types of jerk equations.
	Objavljeno v	PUŠENJAK, Rudi, OBLAK, Maks. Raziskava dinamike udarnih sistemov z metodo harmonskega ravnovesja. V: BOLTEŽAR, Miha (ur.), SLAVIČ, Janko (ur.). Kuhljevi dnevi, 24. September 2009, Cerklje na Gorenjskem. Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2009, str. 156-163, ilustr. http://www.drustvozamehaniko.si/zbornik/ZbornikKD2009.pdf . [COBISS.SI-ID 13458198]
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13458198
4.	Naslov	<i>SLO</i> Optimizacija topologije z uporabo nivojske funkcije in projektnih elementov <i>ANG</i> Topology Optimization Using Level Set Function and Design Elements
	Opis	<i>SLO</i> Prispevek obravnava optimizacijo topologije zveznih konstrukcij z uporabo nivojske funkcije in projektnega elementa. Novosti v tem pristopu predstavljata uporaba projektnega elementa za parametrizacijo nivojske funkcije ter splošna formulacija optimizacijske

		naloge, ki ni odvisna od obravnavanega primera. Rezultate začetnih raziskav ilustrira numerični zgled optimiranja kratke konzole.
	ANG	This paper discusses topology optimization of continuous structures by using a level set function and a design element. The novelties of this approach are design element usage in order to parameterize the level set function and a general formulation of the optimization problem, which is independent of the considered problem. The results of our initial investigations are illustrated by a numerical example of optimizing a short cantilever.
	Objavljeno v	KEGL, Marko, HARL, Boštjan. Optimizacija topologije z uporabo nivojske funkcije in projektnih elementov. V: BOLTEŽAR, Miha (ur.), SLAVIČ, Janko (ur.). Kuhljevi dnevi, 24. September 2009, Cerklje na Gorenjskem. Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2009, str. 180-187, ilustr. http://www.drustvozamehaniko.si/zbornik/ZbornikKD2009.pdf . [COBISS.SI-ID 13457686]
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13457686
5.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	SLO Communications in Nonlinear Science & Numerical Simulation. Pušenjak, Rudolf (pisec recenzij 2009).
		ANG Communications in Nonlinear Science & Numerical Simulation. Pušenjak, Rudolf (reviewer 2009).
	Opis	SLO Izvedena recenzija izvirnega znanstvenega članka za mednarodno znanstveno revijo.
		ANG Review of an original scientific paper performed for international scientific journal.
	Šifra	C.07 Drugo uredništvo
	Objavljeno v	Communications in Nonlinear Science & Numerical Simulation. Pušenjak, Rudolf (pisec recenzij 2009). Beijing: Center for Nonlinear Science, Peking University. ISSN 1007-5704.
	Tipologija	1.19 Recenzija, prikaz knjige, kritika
	COBISS.SI-ID	1454101
2.	Naslov	SLO Journal of Sound and Vibration. Pušenjak, Rudolf (pisec recenzij 2009).
		ANG Journal of Sound and Vibration. Pušenjak, Rudolf (reviewer 2009).
	Opis	SLO Izvedene recenzije več izvirnih znanstvenih člankov za mednarodno znanstveno revijo.
		ANG Reviews of many original scientific papers performed for international scientific journal.
	Šifra	C.07 Drugo uredništvo

	Objavljeno v	Journal of Sound and Vibration. Pušenjak, Rudolf (pisec recenzij 2009). London; New York: Academic Press, 1964-. ISSN 0022-460X. [COBISS.SI-ID 540946]
	Tipologija	1.19 Recenzija, prikaz knjige, kritika
	COBISS.SI-ID	540946
3.	Naslov	<i>SLO</i> Journal of computational and nonlinear dynamics. Pušenjak, Rudolf (pisec recenzij 2009).
		<i>ANG</i> Journal of computational and nonlinear dynamics. Pušenjak, Rudolf (reviewer 2009).
	Opis	<i>SLO</i> Izvedena recenzija izvirnega znanstvenega članka za mednarodno znanstveno revijo.
		<i>ANG</i> Review of an original scientific paper performed for international scientific journal.
	Šifra	C.07 Drugo uredništvo
	Objavljeno v	Journal of computational and nonlinear dynamics. Pušenjak, Rudolf (pisec recenzij 2009). New York, N.Y.: American Society of Mechanical Engineers, 2006-. ISSN 1555-1415. [COBISS.SI-ID 9772054]
	Tipologija	1.19 Recenzija, prikaz knjige, kritika
	COBISS.SI-ID	9772054
4.	Naslov	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Opis	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
5.	Naslov	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Opis	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

--

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji		
- doktorati		
- specializacije		
Skupaj:	0	0

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi			
- gospodarstvo			
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	0	0	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	0

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

-

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

-

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

-

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

-

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

-

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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: 35.700 od tega v letu 2009: 5.950
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

Izvedena je bila študija adsorpcije biopolimerov na PET in modificirane PET površine z uporabo kvarčne mikrotehnice (QCM). Opravljena je bila študija vpliva pH, ionske jakosti in koncentracije polisaharida na spremembe frekvence in disipacije. Uvedli smo QCM metodo za spremljanje adsorpcije proteinov na površine biomaterialov z namenom in-vitro študija hemokompatibilnosti.

V drugem sklopu raziskav smo pripravili hitozanske nanodelce po emulzijskem postopku ter po postopku ionskega geliranja. Sintetizirane hitozanske nanodelce smo adsorbirali na površino tekstilij za doseg protimikrobnih lastnosti le-teh, s kontroliranim sproščanjem.

Raziskali smo še pogoje predobdelave in aktivacije vlaken; proučili smo vpliv vrste, in koncentracije predobdelovalne kopeli, časa, T, itd na mikrostrukturo regeneriranih celuloznih vlaken in na oblikovanje nanodelcev v in na vlaknih.

Polifunkcionalne in "host-guest" reagente smo vezali na različne tekstilne substrate ter jih naknadno obdelali z različnimi reagenti (prijeten vonj, repelent moljev) ter merili učinkovitost obdelave s pomočjo spektroskopije. Uspešno smo pripravili volnene izdelke ter tekstilne materiale mešanice volna/PES, ki so ščitili obdelan material pred molji.

Proučevali smo biorazgradljivost različnih tekstilnih materialov, za ta namen smo tekstilije obdelali v zemlji po standardnih testnih metodah in proučevali učinkovitis biorazgradljivosti z ATR-IR in raman spektroskopijo, morfološke spremembe smo proučevali s SEM. Pripravili smo modelne celulozne nano-filme in proučevali biorazgradljivost s pomočjo mikroskopa na atomsko silo in z elipsimetrijo.

Proučevali smo alternativne ekološke procese tiskanja (digitalni tisk tekstilij), nege

tekstilij in oblačil (obdelava z LCO₂, higiena tekstilij) in čiščenje pralnih vod z mebranskimi tehnologijami. Proučevanje reoloških in tehnoloških parametrov v procesu digitalnega tiska kot tudi mikrovalovno in UV-utrjevanje ter vrednotenje kakovosti odtisov.

Razvili, preučili in optimirali smo nov biotehnološki postopek redukcije indigoidnih barvil z oksidoreduktaznimi encimi *Bacillus subtilis*.

Za čiščenje odpadne realne kopeli iz barvarn smo uporabil postopek biološkega čiščenja s pritrjeno biomaso.

Proučevali smo tudi UV absorpcijo lignina in njegovih derivatov ekstrahiranih iz lesa ter razvoj metode aplikacije na različne vlakno-tvorne polimere.

Odpadne vode iz tekstilne industrije (izpusti po posameznih procesih in skupne odpadne vode) smo razbarvali s H₂O₂/UV postopkom in učinkovitost čiščenja ovrednotili z merjenem ekoloških parametrov, kot so absorbanca, TOC, prevodnost, pH, motnost.

Poglobljena analiza razbarvanja realnih vod s tem AOP postopkom je pokazala, da v primeru vod iz tovarn Svilanit in Tekstina zadošča 10 minutna obdelava odpadne vode z jakostjo žarnice od 1000-1600 W. Količina dodanega peroksida je odvisna od onesnaženosti izhodne odpadne vode. Merilo pa je absorbanca.

ANG

The study of biopolymer adsorption onto PET surfaces using quartz crystal microbalance (QCM) was performed. The influence of pH, ionic strength and polysaccharide concentration on the quartz crystal frequency and dissipation were analysed. The method for blood protein adsorption study on artificial surfaces using QCM was successfully introduced.

In the second group of research chitosan nanoparticles were prepared by ionic gelation and emulsification. Synthesised chitosan nanoparticles were adsorbed onto fibres surfaces in order to develop antimicrobial, medical textiles with controlled release. Interactions between chitosan nanoparticles and cellulose vehicle were studied.

Pre-treatment and fibre activation process was studied. The influence of pre-treatment conditions, i.e. type, concentration of pre-treatment solution, pre-treatment time, T, etc. on microstructure of regenerated cellulose fibres and nanoparticles formation process was determined.

Grafting of polyfunctional and host-guest reagents and further treatment with various reagents such as anti odour treatment, incorporation of bioactive molecules and adsorption of gases were carried out. The efficiency of the treatments were measured by using spectroscopic methods. We successfully prepared wool and wool blends with PES materials which was moth protected.

Biodegradability of textile materials was studied; treatments in soil was carried out, the effectiveness of biodegradation was examined by ATR-IR and Raman spectroscopy, morphologic changes with SEM. Model cellulosic nano-films were prepared and the biodegradability studied with AFM and elypsometry.

Research of alternative ecological textile printing processes (digital textile printing) and textile and garment care (LCO₂ treatment, hygiene. Study of rheological and technological parameters within the process of digital textile printing, microwave and UV-curing of prints, and evaluation of quality parameters.

Developed, studied and optimized was a new biotechnological reduction process of indigoid dyes with oxidoreductase enzymes from *Bacillus subtilis*.

Biotechnological process with attached biomass was used for cleaning wastewater from textile industry.

Studied was also UV absorption of lignin, its extracted derivatives from wood and methods of application onto different fiber-forming polymers.

Textile wastewaters (separate discharges from individual textile processes and common wastewater) were decolorized with H₂O₂/UV treatment. Decolouration efficiency was determined by measuring ecological parameters like absorbance, TOC, conductivity, pH, turbidity.

Detailed analyses of decolouration with AOP procedure indicated, that in the case of textile companies Svilanit and Tekstina, 10 min treatment of their wastewater with UV lamp of intensity between 1000 and 1600 W is sufficient. The quantity of added hydrogen peroxide is depends on pollution level. The criteria parameter is the absorbance.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Izvedene so bile obširne študije uporabe kvarčne mikrotehnice za in-vitro določanje hemokompatibilnosti s pomočjo analize adsorpcije proteinov na površine sintetičnih polimerov. To je pomemben prispevek k področju znanosti, ki se ukvarja z razvojem in-vitro metod za določanje hemokompatibilnosti biomaterialov.

Z raziskovalnega vidika so bila razvita nova znanja na področju funkcionalizacije vlaknotvornih polimernih materialov za pridobitev biološko aktivnih lastnosti. Razvit je bil preliminarni postopek za reverzibilno vezavo nanodelcev hitozana na površino celuloznega materiala ter preučeno kontrolirano sproščanje protimikrobnega sredstva.

Postopki aktivacije regeneriranih celuloznih vlaken zagotavljajo boljšo dostopnost in reaktivnost; spremenjena površinska morfologija in spremembe v nadmolekulski strukturi ter mikrostrukturi vlaken pa omogočajo kontrolirano sintezo delcev na površini in v notranjosti polimera.

Pomen raziskovalnih rezultatov PS za znanost je tudi na področju obdelave tekstilnih materialov z molekularnimi mikrokapsulami za sektor tehničnih tekstilij za specifično uporabo za industrijske filtre in kozmetotekstil.

Prispevali smo k razvoju področja priprav inkapsuliranih sistemov ter pri plemenitenju tekstilnih materialov za specifične uporabe.

Nova dognanja, znanja in veščine na področju ekologije plemenitilnih procesov, ter prispevek k razvoju mikrovalovne in UV tehnologije na področju digitalnega tiska tekstilij. Prispevek k razumevanju in kakovosti nege tekstilij in oblačil ter ekologije postopkov nege.

Preučevali smo realne kopeli iz barvarn na podlagi biološkega čiščenja s pritrjeno biomaso in nosilce biomase kot so lesne gobe, apnenec, zeolit in šotni granulati.

Razvili, preučili in optimirali smo nov biotehnološki postopek redukcije indigoidnih barvil z oksidoreduktaznimi encimi *Bacillus subtilis*. Dokazali smo zmožnosti ponovne uporabe bio-redukcijske kopeli ter preučili možnost regeneracije kofaktorja NADH z uporabo mravljične dehidrogenaze in mravljične kisline.

Naslednja raziskava zajema analizo UV absorpcije lignina, njegovih derivatov ekstrahiranih iz lesa, titanovega dioksida in cinkovega oksida ter barvil in razvoj metode aplikacije na vlaknotvorne polimere.

Na področju uporabe AOP postopkov za namene razbarvanja smo ugotovili, da uspemo skoraj 100% razbarvati srednje onesnažene odpadne vode tekstilne industrije že v 10 minutah z minimalno dodano količino vodikovega peroksida.

ANG

QCM technique was studied in order to its application for in-vitro determination of hemocompatibility with the protein adsorption onto synthetic polymers' surfaces. This is a large contribution to the scientific field, which deals with the development of in-vitro methods for hemocompatibility assessment of biomaterials.

The research work has significantly advanced our understanding of cellulose material modification control regarding physicochemical treatment in order to develop new functionalised medical materials.

The results of the proposed research led to an extended and new knowledge of interfaces between aqueous medium and chitosan, chitosan and cellulose, as well as chitosan/cellulose composites. Methods for reversible binding of chitosan nanoparticles onto cellulose material were developed, as well as for their control release.

Activation process of regenerated cellulose fibres assures better accessibility and reactivity, modified surface morphology and changes in microstructure and fibrillar fibre structure enable controlled synthesis of nanoparticles inside and on fibre surface.

We contributed to the knowledge and development in the area of application of moleculerencapsulation on textile materiale (technical textiles) for specific application (industrial filters, cosmetotextiles).

New findings, knowledge and skills on ecological acceptable textile finishing processes, and contribution to the development of microwave and UV-curing technologies on are of digitally printed textiles. Contribution to the knowledge of hygiene quality and development of eco-fiendly laundering procedures.

Attached biomass and carrier of biomass such as wood fungi, limestone, zeolite and peat granulate were studied as biotechnological cleaning wastewaters from dye works.

Developed, studied and optimized was a new biotechnological reduction process of indigoid dyes with oxidoreductase enzymes from *Bacillus subtilis*. Proofed was possibility of reusing bio-reduction bath and investigated regeneration of cofactor NADH, using formate dehydrogenase and formic acid.

Next research included study of UV absorption of lignin, its extracted derivates from wood, titan dioxide, zinc oxide, dyes and methods of application onto different fiber-forming polymers.

Regarding AOP treatment of textile waste waters for decolouration purposes we observed that we achieved almost 100 % of decolouration after 10 min of treatment with addition of minimum volume of hydrogen peroxide.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Uporaba v tem projektu modificiranih tehnik za in-vitro študij hemokompatibilnosti predstavlja pomemben prispevek k hitrejšemu razvoju biomaterialov in s tem implantatov. S tem bo potencialno bistveno bistveno prispevalo 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.

Razvoj tehnologije za adsorpcijo hitozanskih nanodelcev na površino tekstilij ter kontroliranega sproščanja protimikrobne učinkovine predstavlja platformo biološko aktivnih materialov, uporabnih v različnih segmentih uporabe, kot recimo gaze, obliži, vložki, itd. Raziskave bodo pripomogle k izboljšanju zdravja ljudi ter njihove kvalitete življenja.

Prispevek slovenski znanosti z novimi spoznanji na področju ekološko sprejemljivih postopkov plemenitenja tekstilij in nege tekstilij in oblačil. Prenos raziskovalnih dosežkov industrijsko prakso ter prispevek k varovanju okolja ter znižanju porabe energije. Obogatitev pedagoškega procesa z izsledki raziskovalnih projektov. Prepoznavnost v evropskem raziskovalnem prostoru. Novo pridobljena znanja na področju razvoja in raziskav UV absorberjev, ki izhajajo iz naravnih materialov, kot je les, predstavljajo pomemben potencial za razvoj realnih materialov, ki bodo omogočala izdelavo UV zaščitnih materialov.

Uporaba biotehnoloških postopkov čiščenja odpadnih vod iz barvarn kaže zaradi dobrih sposobnosti absorpcije na veliko možnost vključitve naravnih materialov v sisteme čiščenja odpadnih vod.

Biotehnološki postopek barvanja celuloznih in poliamidnih tekstilnih materialov z encimsko reduciranim indigo barvilo predstavlja ekološko, ekonomsko in tehnološko visoko učinkovito alternativo konvencionalnemu indigo barvanju, ki poteka v visoko alkalnem mediju ob prisotnosti kemičnega reducenta, najpogosteje toksičnega natrijevega ditionita.

Raziskave na področju uporabe AOP tehnik so pokazale, da se le-te lahko, kljub temu da so drage, uspešno vključijo v celotno kompozicijo čiščenja tekstilnih odpadnih vod z namenom ponovne uporabe odpadne vode v procesih plemenitenja in na ta način lahko tekstilna podjetja kot velik onesnaževalec okolja, prispevajo k okoljsko prijaznejši družbi, porabijo manj čiste vode in plačajo manj prispevka.

ANG

The application of the new techniques for in-vitro studies of hemocompatibility, represents significant contribution to the quicker biomaterials e.g. implants development. Such development influences on a decrease of post-surgical complications and consequently on the lowering of the time spent in the hospital and on the improvement of 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.

Development of technology for adsorption of chitosan nanoparticles onto fibre surfaces and controlled release of antimicrobial agent represent a platform of bioactive materials used in different application segments such as gausses, bandages, etc. In this way human health and quality of life will be improved.

Contribution to Slovenian science with new findings, knowledge in the area of eco-acceptable textile finishing and textile care and garment procedures. Transfer of research results into the Slovene SMEs, and contribution to the environment protection, and reduction of consumed energy. Enrichment of education process with research results. Recognition of Slovene science in European and world research area.

The new-obtained knowledge of naturally UV absorbers as wood present is important potential for development of functionally UV-protection materials.

Biotechnological approach for cleaning wastewaters from dye works is a promising method because of good absorption ability of natural materials.

Biotechnological process of dyeing cellulose and polyamide textile materials with enzyme reduced indigo present's ecological, economical and technological alternative to conventional indigo dyeing, which is carried out in high alkaline medium with toxic reducing agent sodium dithionite.

Research on the field of AOP treatments of textile waste water indicated that despite the problem of the high cost, it can be successfully implemented in the textile wastewater treatment train with the aim of re-use of treated water in finishing processes. In such a way textile industry as an important industry with high pollution level can contribute to the society effort to improve ecological issues, spent less fresh water and have opportunity to pay less taxes.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

S pomočjo kvarčne mikrotehtnice (QCM) smo analizirali adsorpcijo polisaharidov in proteinov na modificirane površine PET z namenom in-vitro vrednotenja hemokompatibilnosti. Resonančna frekvenca in disipacija kvarčnega 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. 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.

Hitozanski nanodelci (ireversibilno vezani) adsorbirani na površino celuloznih materialov omogočajo kontrolirano sproščanje protimikrobne učinkovine. Študij kinetike in termodinamike adsorpcije hitozanskih nanodelcev na površino vlaken, ob uporabi tehnik kot so titracije, spektrofotometrija, HPLC, elektrokinetične meritve omogoča modeliranje nanodelcev ter kontroliranost interakcij hitozanski nanodelci/celulozni material. Mikrobiološko testiranje površin vlaken dokazuje njihovo protimikrobno aktivnost.

Raziskava je zajemala študij vpliva postopkov predobdelave na strukturne spremembe vlaken in določitev povezav med pogoji predobdelave, nadmolekulske strukture, pornim sistemom, dostopnostjo in fizikalno-kemijskim vplivom teh sprememb na oblikovanje nanosov nano-delcev. Z malokotnim rentgenskim sipanjem SAXS smo ugotovili, da se s predobdelavo specifična notranja površina celuloznih viskoznih vlaken poveča na trikratno površino, kar pozitivno vpliva na oblikovanje različnih vrst nano-delcev, kot so magnetni, TiO₂ nanodelci, itd in s tem na funkcionalnost modificiranega materiala.

Na področju uporabe supramolekularne kemije za pripravo modernih/inteligenčnih tekstilnih sistemov smo uporabili supramolekularne reagente, ki so sposobni tvoriti komplekse z različnimi malimi molekulami. Pripravili smo tekstilne materiale, ki se odzovejo na dražljaje iz okolice, kot na primer, tekstilne izdelke iz volne ali njenih mešanic, ki imajo insekticidne lastnosti, istočasno pa so okolju (malim otrokom in živalim) prijazne. S tem smo prispevali k razvoju pametnih tekstilnih materialov od istočasni uporabi naravnih in okolju prijaznih materialov (volnenih preprog).

Proučevali smo biorazgradnjo različnih tekstilnih materialov; posebej smo se osredotočili na proučevanje biorazgradnje celuloznih nano filmov, ki smo jih pripravili v našem laboratoriju. Pripravljene nano-filme smo izpostavili učinkovanju različnih encimov ter proučili mehanizem razgradnje. Ugotovili smo, da pride do nabrekanja nanofilma ter do naknadne penetracije encimov v notranjost. Rezultati raziskav bodo pripomogli k boljšemu razumevanju procesa biorazgradnje celuloznih materialov.

Ločeno zbiranje ostankov tiskarskih barvnih gošč alternativno omogoča ustrezen postopek čiščenja le-teh in posledično recikliranje gostila. V raziskavi so za

pripravo ostankov tiskarskih barvnih gošč in odpadne vode po filmskem tisku bombaža z reaktivnimi barvili bile uporabljene natrijeve soli alginatnega, karboksimetiliranega guara in karboksimetiliranega celuloznega gostila. Polisharidnu gostila so bila oborjena iz ostankov tiskarskih barvnih gošč (pripravljenih z originalnimi in enkrat recikliranimi gostili) in iz koncentratov odpadnih voda (ločenih s tehniko membranske filtracije) v vodni raztopini etanola, očiščeni, posušeni ter zmleti. Osnovnim raztopinam gostil in tiskarskim barvnim goščam so bile določene reološke lastnosti z rotacijskim reometrom s kontrolirano strižno hitrostjo. Povprečja molekulskih mas in polidisperznost gostil so bila določena z metodo velikostno izključitvene kromatografije. Osnovna in reciklirana gostila so bila uporabljena kot reološki medij za filmski tisk bombaža z reaktivnimi barvili ter določeni kakovostni parametri tiskanja. Vpliv »čiščenja« gostil se izraža v zmernih spremembah reoloških lastnosti izmerjenih z rotacijskimi in oscilacijskimi meritvami. Vpliv primarnega in sekundarnega recikliranja na spremembe reoloških lastnosti so tesno povezane s spremembami v povprečju molekulskih mas in polidisperznosti gostil. Kakovostni parametri potiskanih vzorcev z uporabo recikliranih in osnovnih gostil so primerljivi, kar pomeni, da se »očiščena« gostila lahko uporabijo za filmski tisk bombaža z reaktivnimi barvili z upoštevanjem reološke omejitve viskoznosti (7 Pas pri strižni hitrosti 10 s^{-1}) za tiskarske barvne gošče v območju enostavnega striga.

Tekstilna industrija v svojih procesih plemenitenja tekstilij, barvanja in tiskanja, ustvari velike količine odpadne vode, ki vsebujejo biološko nerazgradljiva barvila, težke kovine, maščobe in olja, sulfidne komponente, anorganske soli in vlakna. V raziskavi so bile analizirane in obdelane tekstilne odpadne vode, ki so nastale v procesu barvanja bombažne pletenine z reaktivnimi barvili, z ustreznimi membranami za nanofiltracijo in reverzno osmozo. Po končanem procesu čiščenja je bil permeat ponovno uporabljen v procesu barvanja pletenine. Obarvani pletenini se je določala kvaliteta obarvanja ob uporabi reciklirane oz. destilirane vode. Na osnovi izvedene raziskave lahko zaključimo, da se je membranska filtracija izkazala za učinkovito metodo čiščenja tekstilnih odpadnih vod nastalih pri postopku barvanja z reaktivnimi barvili. Z uporabo RO membran se je doseglo zelo visoko zadrževanje organskih snovi ter barvil prisotnih v odpadni vodi, vendar istočasno tudi do 99% odstranitvev soli. Raziskava je pokazala, da se z uporabo NF membran v permeatu ohrani del prisotnega elektrolita, ki se lahko reciklira skupaj s permeatom, pri čemer barvne obstojnosti obarvane pletenine ostanejo enake kot pri uporabi destilirane vode.

Opravljen je bila študija kemičnih, mehanskih in biotehnoloških postopkov izolacije lignina iz izbranih lignoceluloznih vlaken z namenom pridobiti reprezentativne vzorce lignina za določitev funkcionalnih skupin na njihovi površini (z ATR-FTIR in XPS) ter kvalitativno in kvantitativno opredelitev nastanka lakazno-kataliziranih radikalov z EPR, novo metodo z lovilci spinov.

Razvili, preučili in optimirali smo nov biotehnološki postopek redukcije indigoidnih barvil z oksidoreduktaznimi encimi *Bacillus subtilis*. Po določitvi kinetike bio-redukcije reduktivnih barvil in elektrokemičnih lastnosti smo optimirali potopek barvanja (pH, temperaturna, čas, kofaktor in mediator) bombažnih in poliamidnih materialov na osnovi ovrednotenja barvnih vrednosti (K/S, CIELAB), barvnih obstojnosti in mehanskih lastnosti. Dokazali smo zmožnosti ponovne uporabe bio-redukcijske kopeli ter preučili možnost regeneracije kofaktorja NADH z uporabo dehidrogenaze in mravljične kisline.

Z raziskavo različnih UV absorberjev želimo izdelati UV zaščitne materiale na različnih vlaknotvornih polimerih. V ta namen raziskujemo lignin in posamezne

derivate ekstrahirane iz lesa, ki imajo visoke vrednosti absorpcije v UVB področju ter oksidirane hydroxymatairesinole kot je oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njihove derivate z visoko absorpcijo pri valovnih dolžinah med 200 in 350 nm. Pinosylvini z konjugiranimi dvojnimi vezmi pa so pomembni za UVA področje. Raziskava potekala na različnih celuloznih vlaknotvornih polimerih, kjer primerjalno izvajamo še raziskave z že poznanimi UV absorberji kot sta titanov dioksid in cinkov oksid. Poseben del raziskave je namenjen proučitvi različnim aplikacijam na standardne tkanine in pletenine, pri čemer skušamo izključiti vpliv mehanske strukture materialov in dodatno vključili vpliv barve in s tem kemijsko konstitucijo barvil, ki prav tako pomembno vpliva na UV absorpcijo in s tem na UV propustnost. Ugotovili smo visoko učinkovitost uporabljenih UV absorberjev, dobro zaščito pa nam dajejo barvila, ki so sposobna absorbirati preko 90% UV žarkov, kar dokazujemo s pomočjo merjenja UPF faktorja.

Iz obširne raziskave čiščenja odpadnih vod barvarn 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. Na začetku postopka čiščenja se razvijejo aerobni mikroorganizmi v zgornjih plasteh, po določenem času delovanja (zlasti pri daljših zadrževalnih časih odpadne vode v sistemu) pa se v spodnjih plasteh, ob prisotnosti zadostne količine hrane, začnejo razvijati in rasti anaerobni mikroorganizmi. Določeni anaerobni mikroorganizmi so sposobni razbarvati vrsto barvil, pri aerobnih pogojih pa lahko pride do razgradnje aromatskih aminov. Na osnovi rezultatov ugotavljamo, da so določeni nosilci biomase bolj primerni za čiščenje določenih odpadnih kopeli. Lesne gobe in šotni granulati sta primerna za čiščenje močno alkalnih odpadnih kopeli. Apnenec je lahko primeren za čiščenje odpadne kopeli, ki vsebuje kislino, medtem ko je zeolit primeren za čiščenje odpadne kopeli, ki vsebuje reaktivno barvilo.

Na področju uporabe AOP postopkov na realnih odpadnih vodah Tekstine in Svilanita smo se ukvarjali z optimiranjem jakosti UV žarnice, dodanega vodikovega peroksida in časa ter v primeru srednje obarvanih vod ($A < 1$) ugotovili, da je mogoče doseči razbarvanje $> 90\%$ že v 10 minutah.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

Uspešno smo uvedli novo metodo za spremljanje adsorpcije substanc in študij nastalih adsorpcijskih slojev z uporabo kvarčne mikrotehnice (QCM). Z namenom razvoja in uvedbe metod za in-vitro spremljanje biokompatibilnosti polimernih površin, smo izvedli analize občutljivost QCM metode za spremljanje adsorpcije proteinov na polimerne površine. Eden od vzrokov za težave pri razvoju

biomaterialov z ustreznimi hemokompatibilnimi lastnostmi so namreč 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. Rezultati naših analiz so prispevek k novemu znanju na tem področju. Uspešno smo izvedli funkcionalizacijo vlaken s hitozanskimi nanodelci kot protimikrobno učinkovino. Dana spoznanja so odlična izhodišča za razvoj biološkega sistema vlakno/nanodelec kot nosilec zdravilne učinkovine. Uspešno smo izvedli nanomodifikacijo predobdelanih celuloznih vlaken. Nanomodificirana vlakna imajo samočistilno sposobnost (modifikacija s TiO₂) in ščitijo pred elektromagnetnim sevanjem (modifikacija z nano-magnetnimi delci). Na področju ekologije so bili zastavljeni in raziskovalni cilji doseženi v celoti. Prav tako na področju inovativnih alternativnih plemenitilnih procesov ter barvne metrike in računalniškega receptiranja.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

--

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Določitev cenovno optimalnih operacijskih pogojev za razbarvanje in mineralizacijo C.I. reactive blue 268 z UV/H ₂ O ₂ postopkom.
		<i>ANG</i> Determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I. reactive blue 268 by UV/H ₂ O ₂ process.
	Opis	<i>SLO</i> V članku je predstavljena študija določitve cenovno optimalnih operacijskih pogojev za razbarvanje in mineralizacijo C. I. Reactive Blue 268 z UV/H ₂ O ₂ postopkom. Dobljeni rezultati kažejo, da je za zagotovitev učinkovitih in ekonomsko ugodnih operacijskih pogojev UV/H ₂ O ₂ postopek potrebno istočasno optimirati tako iz obratovalnega kot tudi ekonomskega vidika.

		ANG	This paper presents a study on determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I.Reactive Blue 268 by the UV/H ₂ O ₂ process. The results obtained clearly indicate that, in order to assure effective and economically efficient operation, the UV/H ₂ O ₂ process should be simultaneously optimized from the perspective of both operational and economic efficiency.
	Objavljeno v		NOVAK, Nina, MAJCEN LE MARECHAL, Alenka, BOGATAJ, Miloš Chem. eng. j. 1996. [Print ed.], 2009, vol. 151, iss. 1/3, str. 209-219, doi: 10.1016/j.cej.2009.02.025, JCR IF (2008)=2,813
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13047574
2.	Naslov	SLO	Voltametrično spremljanje encimsko-inducirane redukcije indiga v prisotnosti različnih vlaknastih materialov.
		ANG	Voltametric monitoring of enzyme-mediated indigo reduction in the presence of various fibre materials.
	Opis	SLO	Prikazana je uporaba ciklične voltometrije za preučevanje učinka 1,8-dihidroksi-9,10-atrakinona kot mediatorja v encimsko-katalizirani redukciji indiga brez in ob prisotnosti različnih tekstilnih materialov (PA6, PA6.6 in bombaža) ter primerjana s kemično reduciranim indigom. Ugotovljeno je, da je bio-katalitična formacija levko indiga in njegova absorpcija na substrate obratno proporcionalna s pH medijem v območju med 7-11 in da je obarvanost substrata (predvsem PA) močno odvisna od dodatka mediatorja.
		ANG	The effect of the mediator 1,8-dihydroxy-9,10-anthraquinone in enzymatic reduction was studied by means of voltammetry, both in the presence and absence of different textile materials (PA6, PA6.6, CEL) and compared to chemically reduced indigo. It was observed that bio-catalytic formation of leuco indigo and its exhaustion on substrates is inversely proportional to the pH within the range of 7–11, and that the substrate (especially PAs) coloration was strongly influenced by the mediator.
	Objavljeno v		BOŽIČ, Mojca, DÍAZ-GONZÁLEZ, María, TZANOV, Tzanko, GÜBITZ, Georg M., KOKOL, Vanja Enzyme microb. technol.. [Print ed.], Oct. 2009, vol. 45, iss. 4, str. 317-323, doi: 10.1016/j.enzmictec.2009.05.009, JCR IF (2008)=2.375
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		13199382	
3.	Naslov	SLO	Površinsko modificiranje PET vlaken z uporabo [beta]-ciklodekstrina.
		ANG	Surface modification of PET fibers with the use of [beta]-cyclodextrin.
	Opis	SLO	Namen raziskave je bil pripraviti nenoekapsuliran poliesterni material, ki ga je možno uporabiti kot nosilec vonja oz. absorbent smradu. Ciklodekstin smo vezali na poliester s pomočjo polifunkcionalnega reagenta 1,2,3,4-butantetrakarboksilne kisline. Pripravili smo nanoenkapsulirane poliesterne tekstilne substrate s povečano absorpcijsko kapaciteto in s podaljšanim sproščanjem hlapljivih oz. aktivnih komponent.
		ANG	The purpose of our research was to prepare nanoencapsulated PET textile materials, which would be used as odor carriers (underwear and bed sheets with aromatherapy activities) or would act as malodorous absorbers (absorption of cigarette smell). We grafted beta-cyclodextrin onto PET textile materials by using a polyfunctional reagent 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid. We prepared nanoencapsulated polyester textile materials with increased adsorption capacity and with delayed release of volatile or active compounds.
	Objavljeno v		VONČINA, Bojana, VIVOD, Vera, CHEN, Wen-Tung J. appl. polym. sci., 2009, vol. 113, iss. 6, str. 3891-3895, doi: 10.1002/app.30400, JCR(2008)= 1,187
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID		13229078	
4.	Naslov	SLO	Reološke lastnosti tiskarskih gošč in njihov vpliv na parametre kakovosti pri ploskem filmske tisku bombaža z reaktivnimi barvili.
		ANG	Rheological properties of printing pastes and their influence on quality-determining parameters in screen printing of cotton with reactive dyes

Opis	SLO	Reciklirana so bila polisaharidna gostila (alginat, karboksimetilirana guara, karboksimetilirana celuloza) iz tiskarskih barvnih gošč monoreaktivnih barvil in odpadnih vod (s tehniko membranske filtracije) rekativnega ploskega filmskega tiska celuloznih tekstilij. Raziskani so bile osnovne reološke in uporabne lastnosti tiskarskih barvnih gošč in njihovih reciklatov na osnovi različnih reoloških modelov (Crossov in Friedrich-Braunov model).
	ANG	Alginate, carboxymethylated guar gum and carboxymethylated cellulose, used as thickeners in printing pastes for monoreactive dyes, were recycled from wastewater concentrates (separated by ultrafiltration from wastewater after screen printing of cotton), and from printing paste residues (obtained from the cleaning of printing equipment and application systems in the printing machine). The printing performance, using original and recycled polymers, was studied via rheological properties of printing pastes and quality-determining parameters of printing.
Objavljeno v	FIJAN, Rebeka, BASILE, Michele, LAPASIN, Romano, ŠOSTAR-TURK, Sonja Carbohydr. polym.. [Print ed.], Available online 20 March 2009., doi: 10.1016/j.carbpol.2009.03.022, JCR(2008)= 1.143	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13134358	
5. Naslov	SLO	Analiza adsorpcija fukoidana in hitozan sulfata na PET površine modificirane s hitozanom z uporabo QCM-D.
	ANG	Adsorption of fucoidan and chitosan sulfate on chitosan modified PET films monitored by QCM-D.
Opis	SLO	S kvarčno mikrotehniko je bilo analizirano sdsorpcijsko obnašanje fukoidana in hitozan sulfata na polietilentereftalatne površine. Površinska kemija in morfoogija adsorbiranih slojev je bila analizirana s XPS in AFM. Ugotovljeno je bilo, da so bili filmi fukoidana na hitozanu bolj kompaktni, medtem ko so bili adsorbirani sloji hitozan sulfata na hitozansko plast debelejši, kar kaže na večje količine adsorbiranega hitozan sulfata v primerjavi s fukoidanom.
	ANG	The adsorption behavior of fucoidan as well as chitosan derivatives (chitosan sulfate) on poly(ethylene terephthalate) (PET) model film surface was studied using the quartz crystal microbalance technique. The surface chemistry and morphology of the chitosan/fucoidan or chitosan/chitosan sulfate coated PET-H films was analyzed using XPS and AFM. It was found that chitosan/fucoidan films were thinner and more compressed, while in the case of chitosan/chitosan sulfate, large amounts of chitosan sulfate were adsorbed, indicating a loose and thick adsorbed film.
Objavljeno v	INDEST, Tea, LAINE, Janne, JOHANSSON, Leena Sisko, STANA-KLEINSCHKEK, Karin, STRNAD, Simona, DWORCZAK, Renate, RIBITSCH, Volker Biomacromolecules, 2009, vol. 10, no. 3, str. 629-637. http://dx.doi.org/10.1021/bm801361f , doi: 10.1021/bm801361f, JCR(2008)=4,146	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13016086	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1. Naslov	SLO	Razbarvanje tekstilnih odpadnih vod.
	ANG	Decoloration of textile wastewaters.
Opis	SLO	Razvitih je veliko različnih postopkov za razgradnjo in razbarvanje tekstilnih odpadnih vod. Ampak glede na to, da je sestava tekstilne odpadne vode zelo kompleksna in raznolika, je skoraj ne mogoča uporaba univerzalnega postopka čiščenja. Tako je potrebno najti učinkovit in cenovno ugoden postopek razbarvanja tekstilne odpadne vode. V poglavju so predstavljene najbolj uporabljene in najbolj obetajoče metode razbarvanja tekstilnih odpadnih vod.
	ANG	For decoloration and degradation of textile wastewater many applicable methods have been developed, but because of the composition complexity of the textile wastewater the use of universal procedures seems to be impossible. So, there is a need to find an efficient and cost-effective wastewater treatment for the decoloration of textile wastewaters. In this chapter a survey of the most widely used and, according to many researches, the most promising textile wastewater decoloration methods are presented.

	Šifra	
	Objavljeno v	VOLMAJER VALH, Julija, MAJCEN LE MARECHAL, Alenka. LANG, Arnold R. (ur.). Dyes and pigments : new research. New York: Nova Science Publishers, cop. 2009, str. 175-199.
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
	COBISS.SI-ID	13149974
2.	Naslov	<i>SLO</i> Postopek barvanja poliamidnih tekstilnih materialov z encimsko reduciranim indigom.
		<i>ANG</i> Process of dyeing cellulose and polyamide textile materials with enzyme reduced indigo.
	Opis	<i>SLO</i> Patent opisuje ekološko prijazen proces indigo (C.I. Vat Blue 1) barvanja celuloze in poliamidnih tekstilnih materialov z možnostjo ponovne uporabe (trikrat ali več) encimske redukcijske kopeli. Postopek barvanja tekstilnih materialov z encimsko reduciranim indigo poteka po naslednje postopku: barvanje vzorcev v kopeli z indigom, reduktazo in ob prisotnosti redoks mediatorja (1,8-dihidroksi-9,10-antrakinon), po absorpciji levko indigo barvila sledi oksidacija na zraku ali z oksidazami (encimi) ali z oksidacijskimi reagenti (vodikov peroksid), in končno miljenje in pranje.
		<i>ANG</i> This invention concerns an ecologically friendly process of indigo (C.I. Vat Blue 1) dyeing of cellulose and polyamide-containing textile materials with possibility of reusing (three or more times) the enzyme reduction dyeing bath. Procedure of dyeing textile materials with enzymatically-reduced indigo comprising the step of subjecting the samples to the indigo dyebath containing reductases in the presence of a redox mediator, oxidation on air or oxidases enzyme or oxidizing agent (i.e. hydrogen peroxide) after diffusion leuko indigo into material and finally soaping and washing.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	BOŽIČ, Mojca, GÜBITZ, Georg M., KOKOL, Vanja Pub. No.: WO/2009/051569; International Application No.: PCT/SI2008/000054; Publication Date: 23.04.2009; International Filing Date: 17.10.2008. [S. I.]: World Intellectual Property Organisation: = WIPO, 2009. 1
Tipologija	2.24 Patent	
	COBISS.SI-ID	13233174
3.	Naslov	<i>SLO</i> Digitalni tisk svilenih tekstilij.
		<i>ANG</i> Digital printing of silk fabric.
	Opis	<i>SLO</i> V raziskavi so bili uporabljeni razviti reaktivni fludi (reaktivna barvila), svilene tkanine, digitalni tiskalnik, CAD/CAM/RIP programska orodja, sitem barvnega upravljanja CMS ter barvnometrična merilna oprema. Preizkušanje kakovosti utrjenih odtisov reaktivnih barvil na svileni tkanini je vključevalo določevanje barvnih karakteristik, stopnje utrjenih barvil ter stopnje različnih barvnih obstojnosti. Rezultati raziskave so pokazali, da novo razviti reaktivni fludi za digitalni DOD piezo tisk zagotavljajo kakovostne odtise na svileni tkanini.
		<i>ANG</i> During the current investigation, we used developed printing fluids (reactive inks), a silk fabric, textile digital printer, appropriate CAD/CAM software, colour management system, RIP, and colourmetric measurement equipment. The characteristics were evaluated for cured prints, such as colour properties, fixation degree, and colour fastness. The results of the present research project show that it is possible to achieve quality prints on silk fabric using newly-developed reactive inks, and DOD piezo printing technology.
	Šifra	
	Objavljeno v	NERAL, Branko. V: JEVŠNIK, Simona (ur.), MATIČIČ, Nada (ur.), ŠTERMAN, Sonja (ur.) 1st International Conference I Love Inter/National Fashion, April 2-4, 2009, Ljubljana, Slovenia. I love inter/national fashion : proceedings : 1st international conference, April 2-4, 2009, Ljubljana, Slovenia. In Ljubljana: Academy of Design, Independent Higher Education Institute, 2009, str. 47-50.
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
	COBISS.SI-ID	13141782
4.	Naslov	<i>SLO</i> Metoda in naprava za modifikacijo implantatov in umetnih žil iz PET polimera.

		ANG	Method and device for modification of prostheses and vascular grafts made from PET polymer.
Opis		SLO	S tem patentom ščitimo našo izvirni pristop k modifikaciji površinskih lastnosti implantatov, ki pridejo v stik s krvjo. Obsežne raziskave so pokazale, da s primerno plazemsko obdelavo, ki jo ščitimo s tem patentom, dosežemo optimalne razmere, ki preprečujejo adsorpcijo krvnih proteinov na implantate.
		ANG	The original method for modification of surface properties of products that come in contact with blood has been protected with this patent. Extensive research on modification of said products with gaseous plasma revealed optimized surface properties since the modified surface prevents adsorption of specific blood proteins.
Šifra	F.33 Patent v Sloveniji		
Objavljeno v	MOZETIČ, Miran, VESEL, Alenka, JUNKAR, Ita, CVELBAR, Uroš, STRNAD, Simona Patent SI 22608. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 30. apr. 2009.		
Tipologija	2.24 Patent		
COBISS.SI-ID	21212711		
5. Naslov		SLO	FAKIN, Darinka. Barvanje, Učbenik. Maribor, 2009
		ANG	FAKIN, Darinka. Dyeing
Opis		SLO	Delo zajema opis razvoja ter sistematike barvil, sledi nomenklatura, fizikalno kemijske osnove nastanka barve, kemijska konstitucija in lastnosti barvil, fizikalno kemijo barvalnih procesov in kakovostne karakteristike posameznih barvil. Posebna pozornost je namenjena razlagi vplivov posameznih dodatkov in pogojev obdelave na kakovostne karakteristike obarvanih materialov, na ekonomske učinke različnih postopkov in procesov, predvsem pa na ekološke posledice odpadnih vod, ki nastanejo pri barvanju.
		ANG	Work introduce dyes development and systematic, following nomenclature, physical and chemical basics of the dyes origin, chemical constitution and properties, physical chemistry of the dyeing processes and individual dye quality characteristics. Special attention is pointed to explanations of individual additive and process conditions influences on color quality characteristics, economical effects of different procedures and processes, and especially on ecological issues.
Šifra			
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, 2009		
Tipologija	2.03 Univerzitetni ali visokošolski učbenik z recenzijo		
COBISS.SI-ID	63177217		

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

--

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	2	
- doktorati	2	2
- specializacije		
Skupaj:	4	2

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število	Število	Število

	doktorjev	magistrov	specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi		1	
- gospodarstvo	2		
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	2	1	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	1
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	3
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	4

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

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; Improved LCO2 cleaning for pliable (textile and leathers) and hard surfaces (medical devices, implants and fine metal parts); Accept ; doc. dr. Branko Neral
- FP-7; FP7 SME-2007-2; Project Title: Sustainable measures for industrial laundry expansion strategies: Smart laundry-2015; Smiles; prof.dr. Sonja Šostar Turk
- FP-6; MTKD-CT-2005-029540; Project Title: Development of smart polymer surfaces ; POLYSURF; doc.dr. Vanja Kokol
- 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; doc.dr. Vanja Kokol
- MNT ERA-Net: 3211-07-000024 Vascular Graft Interfaces; prof.dr. Karin Stana Kleinschek
- MNT ERA-Net: 3211-08-000026 MANUNET – NANOWELL; doc.dr. Vanja Kokol
- COST D32/001/05; Hight-Energy Micro-Environments Applications in Textiles; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal
- COST 3311-07-837002; Molecular structure-performance relationships at the surface of functional materials; prof.dr. Karin Stana Kleinschek
- SLO-Avstrija, P-142/2007; Innovative, umweltfreundliche Nanobeschichtungen für technische Textilien; prof.dr. Karin Stana Kleinschek
- SLO-Avstrija 1536-09G400040; Knowledge for business in border regions; KBB ; dr. Zdenka Peršin
- SLO-Hrvaška; BI-HR/09-10-011; Obdelava tekstilnih substratov z ultrazvokom za multifunkcijsko zaščito; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal
- SLO-Turčija; BI-TR/06-09/01: The use of ultrasound and UV for the oxydative treatment of textile materials for the acceleration of processes and treatment of textile wastewaters.
- SLO-Danska; BI-DK/07-09-004: Hygiene and ecology of hospital textiles
- SLO-Norveška, BI-NO/07-09-006: Hygienic and ecological laundering procedures for textiles from the food-processing industry

- SLO-Romunija; Improving the environmental indicators using biotechnologies in textile processing

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

- Member in COST 868 (Biotechnical functionalisation of renewable polymeric materials) and COST FP0602 (Biotechnology for lignocellulose biorefineries) – Vanja Kokol

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

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

- MUDRA Learning Network: Projekt je bil pripravljen v okviru programa sodelovanja flamske vlade/podjetij/izobraževalnih ustanov (Belgija) z državami/regijami srednje in vzhodne Evrope. Gre za 18-mesečno učno mrežo – predvsem za prenos znanja in izkušenj v mala in srednje velika tekstilna podjetja v Sloveniji in na Hrvaškem. Sodelujejo partnerji iz flamske gospodarske zbornice, Univerze v Gentu (Dept. of Textiles), Hrvaške gospodarske zbornice (Županije Varaždin), Univerze v Zagrebu (TTF), Mariborske razvojne agencije – Euro Info Centra Maribor, Področne gospodarske zbornice Murska Sobota in, seveda UM – FS/OTMO.

- NERAL, Branko, WEHRL, Markus, ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina, FIJAN, Rebeka, ARNUŠ, Suzana, ALTENBAHER, Brigita, ŠTANC, Darko. Efficient cleaning of soils and pathogens with LCO₂ treatment : research report. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Engineering Materials and Design, Laboratory for Textile Printing and Textile Care; Krefeld (Germany): WFK Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie, 2009. 29 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 13655062]

- NERAL, Branko, SAITER, Manfred, ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina, FIJAN, Rebeka, ARNUŠ, Suzana, ALTENBAHER, Brigita, ŠTANC, Darko. Life-cycle assesment (LCA) of chemo-thermal laundering procedure : research report. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Engineering Materials and Design, Laboratory for Textile Printing and Textile Care;

Wiesbaden - Biebrich: Chemische Fabrik Kreussler, 2009. 16 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 13655318]
 - NERAL, Branko, ARNUŠ, Suzana, ALTENBAHER, Brigita, ŠTANC, Darko. Poročilo analize razkuževalnega učinka tekočin pralnih sredstev "System Protex 3" in "System Protex 4" z uporabo bioindikatorjev. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za inženirske materiale in oblikovanje, Center za nego tekstilij in oblačil, 2009. 7 f. [COBISS.SI-ID 13863190]
 - NERAL, Branko, ARNUŠ, Suzana, ALTENBAHER, Brigita, ŠTANC, Darko. Poročilo analize razkuževalnega učinka tekočin pralnih sredstev "System Protex 7", "Faks helizim aquamarine hygienic" in "Faks helizim compact aquamarine" z uporabo bioindikatorjev. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za inženirske materiale in oblikovanje, Center za nego tekstilij in oblačil, 2009. 8 f. [COBISS.SI-ID 13863446]
 - ŠOSTAR-TURK, Sonja. Projekt SMILES : Informativni dnevi & projektne borze, 2. september 2009, Gospodarska zbornica Slovenije, Dimičeva 13, Ljubljana. 2009. [COBISS.SI-ID 1535908]
 - ŠOSTAR-TURK, Sonja (ur.), LOPARNIK UČAKAR, Mateja (ur.). Posvetovanje o negi bolnišničnih tekstilij v okviru EU projekta SMILES : Terme Ptuj, 25. maj 2009. Ljubljana: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, 2009. 1 zv. (loč. pag.), [7] f. pril., ilustr. [COBISS.SI-ID 1479332]
 - ŠOSTAR-TURK, Sonja (ur.), LOPARNIK UČAKAR, Mateja (ur.), MLAKAR, Vid (ur.). Posvetovanje o negi tekstilij v domovih za ostarele v okviru EU projekta SMILES : Terme Ptuj, 5. oktober 2009. Ljubljana: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, 2009. 1 zv. (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 1534628]
 - ARNUŠ, Suzana (ur.), ŠOSTAR-TURK, Sonja (ur.). Strokovni seminar v okviru zagotavljanja higiene po RAL-GZ 992 : [zbornik predavanj]. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za inženirske materiale in oblikovanje, 2009. 26 str., ilustr. ISBN 978-961-248-175-9. [COBISS.SI-ID 63400961]
 - ŠOSTAR-TURK, Sonja (ur.), LOPARNIK UČAKAR, Mateja (ur.), MLAKAR, Vid (ur.). Zbornik predavanj. Ljubljana: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Sekcija vzdrževalcev tekstilij, 2009. 1 zv. (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 1552292]

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

Ker so sredstva prišla šele v mesecu novembru, jih v letu 2009 nismo mogli porabiti. Naredili smo načrt porabe in ta sredstva prenesli v leto 2010. Del prejetih finančnih sredstev je bil vezan na nadgradnjo HPLC sistema z avtomatskim vbrizgalnikom in UV detektorjem, uporabnih za analizo molekulskih mas reaktantov in rekacisjskih produktov, kakor tudi za nabavo precizne laboratorijske tehnice in laboratorijskega potrošnega materiala.

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Ker so sredstva prišla šele v mesecu januarju 2010, jih v letu 2009 nismo mogli porabiti. Naredili smo načrt porabe za leto 2010.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

Ker so sredstva prišla šele v mesecu januarju 2010, jih v letu 2009 nismo mogli porabiti. Naredili smo načrt porabe za leto 2010.

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Za širšo implementacijo rezultatov na osnovi tehnološke zrelosti je vsekakor še prezgodaj. Patent: Biotehnološki postopek barvanja celuloznih in poliamidnih tekstilnih materialov z encimsko reduciranim indigo barvilom (WO/2009/051569) predstavlja humano, ekološko,

ekonomsko in tehnološko visoko učinkovito alternativo konvencionalnemu indigo barvanju, ki poteka v visoko alkalnem mediju ob prisotnosti kemičnega reducenta, najpogosteje toksičnega natrijevega ditionita.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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: 8.840 od tega v letu 2009: 2.210
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
Izvajalci programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Povzetek¹

SLO

Raziskovalno delo programske skupine, ki je zasnovano kot nadgradnja teoretičnih in aplikativnih dosežkov dosedanjega raziskovalnega programa »Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali«, združuje tri med seboj tesno povezana področja, pomembna za razvoj oblačilne znanosti in tehnologije. To so:

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

V okviru prvega sklopa raziskav so bile izvedene raziskave kompleksnih deformacij tkanin in njihovega asimetričnega podajanja. Na podlagi obširne raziskave in proučevanja podajanja tkanin pri drapiranju je ugotovljeno, da posamezne tkanine izkazujejo kompleksno tridimenzionalno obliko in posedujejo različno število gub, ki je lahko parno ali neparno. Ta svojstvena oblika nastalih gub se lahko pripiše anizotropnim lastnostim materiala, ki so odvisne od vrste vlaken, vrste, strukture in konstrukcije preje, konstrukcijskih parametrov tkanine in načina plemenitenja ter mehanskih lastnosti, ki vplivajo na posamezne attribute drapiranja.

V okviru sklopa raziskav podajanja oblačil, njihovega pristajanja in 3D dinamičnih simulacij oblačil smo se osredotočili na raziskave kompleksnih deformacij pri dinamičnih pogojih, kjer smo proučevali vpliv učinkujočih zunanjih sil na spremembo geometrijske oblike deformacije, ki je povezana tako s spremembo potencialne energije, ki jo ima tkanina zaradi svoje deformirane oblike in kinetične energije, kot tudi s parametri, ki izhajajo iz anizotropnosti materiala in njegovega nelinearnega odziva.

Tretji sklop raziskav je bil usmerjen v študij odnosa med snovnimi lastnostmi in posameznimi parametri toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil s ciljem oblikovati ustrezno bazo podatkov o toplotno fiziološkem udobju uporabnika. V okviru tega sklopa smo na podlagi obširnih raziskav odnosa med snovnimi lastnostmi v oblačila vgrajenih materialov in spremembo fizioloških

parametrov testnih oseb pri nošenju analiziranih modelov v toplem okolju ugotovili, da snovne lastnosti tkanin neposredno vplivajo na toplotno-fiziološko udobje pri nošenju. Dobljena korelacija je statistično potrjena pri višjih temperaturah okolice (pri temperaturi okolice 35°C), in sicer v primeru nižjih hitrosti gibanja zraka, medtem ko pri višjih hitrostih gibanja zraka ne obstaja statistično zanesljiva korelacija. Nastala nihanja v vrednostih količine v oblačila akumuliranega znoja glede na količino evaporiranega znoja so posledica klimatsko odvisnega učinka snovnih lastnosti materialov od hitrosti gibanja zraka v toplem okolju in s tem pogojenega toplotno regulacijskega delovanja analiziranih modelov, kar neposredno vpliva na zagotavljanje toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil v toplem okolju.

ANG

The research work of the programme group, which is designed as an upgrade of theoretical and applied achievements of the earlier research program "clothing and textile materials engineering", combine three closely related areas of importance for the development of clothing science and technology. These areas are:

- a) study the draping behavior of woven fabrics,
- b) Survey of draping of garments, their fit and 3D dynamic clothing simulation,
- c) research and development of the model for evaluation of thermo-physiological comfort in wearing of apparel items.

Within the first area, the studies related to complex deformation of fabrics and their asymmetric draping behaviour have been carried out. Based on extensive research it was established that particular fabrics had complex three-dimensional shape and different number of folds that can be odd or even. This unique form of resulting folds can be attributed to anisotropic properties of textile materials depending on the fibre type, kind, structures and construction of the yarn, fabric construction parameters, as well as on finishing and mechanical properties that affect attributes of draping.

In the area of research related to draping of garments, their fit and 3D dynamic clothing simulation, we focused on the research of complex deformation at dynamic conditions, where we studied the influence of acting external forces on the change of geometry of the deformation, which is connected to the change of potential energy related to the fabric's deformed shape and kinetic energy, as well as to parameters derived from anisotropic properties of the material and its nonlinear response.

The third area of research has been directed to the study of the relationship between material properties and different physiological parameters of thermal comfort in wearing of clothing with the aim of creating a suitable database of thermo-physiological comfort of the wearer. On the basis of extensive research on the relationship between material properties of the materials built-in the clothing and change the physiological parameters of the test persons during wearing of analyzed models in a warm environment, we found out that the material properties of woven fabrics have a direct influence on the thermo-physiological wearing comfort. The resulting correlation is statistically confirmed in a higher ambient temperature, in the case of lower velocity of air movement, while at higher velocity of air movement, there is no statistically reliable correlation. The resulting variations in the levels of accumulated amounts of sweat in tested garments depending on the amount of evaporated sweat are the consequence of the effect of climate-dependent material properties of textile materials related to the velocity of air movement in a warm environment and thus connected heat-regulating activity of the analyzed models, which directly affects the assurance of thermo-physiological comfort in garment wearing in warm environment.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Raziskovalni rezultati programske skupine bodo služili za postavitve inženirskega koncepta na »znanju zasnovanih izdelkov«. Pri tem ne gre zgolj za rešitev problema, povezanega s simulacijo oblačil, ampak za razvoj znanosti, ki bo na visoki stopnji razumevanja omogočala realizacijo enega od najbolj tehnično iskanih področjih oblačilne znanosti in tehnologije.

Pomemben prispevek za razvoj znanosti se pričakuje tudi na podlagi dobljenih teoretičnih spoznanj s področja študija odnosa med snovnimi lastnostmi tekstilnih materialov ter izmenjavo toplote in toplotno fiziološkim in ergonomskim udobjem človeška pri nošenju oblačil ter iz tega razvitih teorij.

Dobljena znanstvena spoznanja bodo prispevala k razvoju temeljnega znanja na področju oblačilnega inženirstva in fiziologije oblačil in so pomembna za razvoj znanosti v svetu. Pridobljena fundamentalna znanja in spoznanja bodo prispevala k razvoju inovativnih tekstilnih materialov s funkcionalnimi zahtevami, ali t.i. na znanju zasnovanih izdelkov, skupaj z razvojem potrebnih tehnologij.

ANG

The results of research programme will serve for setting-up the engineering concept for "knowledge-based products". Realisation of the proposed research programme will result with new scientific cognitions, which will enable the numerical solution for predicting the fabric draping and its behaviour in a produced garment. Not only the solution of the problem, related to the garment simulation will be reached, but also further development of the textile science will be enabled. This will lead to the realisation of one of technically most wanted areas of clothing science and technology.

An important contribution to further development of the science is expected also from gained theoretical cognitions from the field related to the study of the relationship between the material properties of textile materials and heat transfer and thermo-physiological and ergonomic comfort of a human being wearing different kinds of garments and thereof developed theories.

Achieved scientific cognitions will contribute to the development of fundamental knowledge in the area of clothing engineering and physiology of garments. Therefore, they can be evaluated as significant for development of the science in the world. Gained fundamental knowledge and cognitions will contribute to the development of innovative textile materials with functional requirements, resp. knowledge-based products, together with development of required technologies.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Raziskovalni program, katerega vsebina raziskovanja je skoncentrirana na postavitve inženirskega koncepta projektiranja oblačil in/ali drugih tekstilnih izdelkov, ki zahtevajo definirane estetske, toplotne in fiziološke in/ali funkcijske lastnosti, tj. na znanju zasnovanih izdelkov, je pomemben tako za gospodarsko panogo, razvoj stroke kot inženirsko prakso. Prenos doseženih znanstvenih spoznanj v prakso bo omogočil inženirsko projektiranje in oblikovanje oblačilnega sistema ali drugih tekstilnih izdelkov kot sistemov, kot tudi projektiranje multifunkcionalnih in/ali t.i. inteligentnih oblačil in drugih tekstilnih izdelkov.

Tovrstna aplikacija bi lahko neposredno prispevala k inovativnosti in bi lahko na podlagi inženirskega koncepta projektiranja oblačil in/ali drugih tekstilnih izdelkov, ki zahtevajo definirane funkcije, ob uporabi razvitih ustreznih metod in orodij privedla do transformiranja konvencionalne tehnologije v visoko zahtevno tehnologijo, kar je izrednega pomena za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj slovenske oblačilne industrije.

Ker raziskovalni program vključuje definiranje vseh parametrov na področju oblačilnega inženirstva v globalnem pogledu, tj. od materiala kot vhodne surovine do oblačila ali drugega tekstilnega izdelka kot končnega izdelka skozi vse komponente sistema, vključujoč aspekt toplotno fiziološkega, mehanskega in ergonomskega udobja, je njegova realizacija neposrednega pomena tudi za širšo družbo in družbeno infrastrukturo.

ANG

The research programme, which research content is focused on setting-up the engineering concept for projection of garments and/or other textile products that require defined aesthetic, thermal and physiological and/or functional properties, i.e., knowledge-based products, is important for textile/clothing branch, development of the branch, as well as for the engineering praxis.

The transfer of achieved scientific cognitions into the praxis will enable engineered projection and design of the clothing system or other textile products as systems, as well as projection of multifunctional and/or intelligent/smart garments and other textile products. This kind of application will directly contribute to innovativeness. Engineered concept of projection of garments and/or other textile products that require defined functions will, using developed appropriate methods and tools, result with transformation of conventional to high-tech technologies, which is of extreme importance for sustainable socio-economic development of the Slovenian clothing industry.

The research programme includes the definition of all the parameters in the area of clothing engineering in a global sense, i.e., from input textile materials up to the garment or other textile product as a final good throughout all of the components of the system. Since it also includes the aspects of thermo-physiological, mechanical and ergonomic comfort, the research programme and its realisation are of direct importance for wider society and for social infrastructure.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

Raziskovalno delo v okviru raziskovalnega programa »*Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali*« je zasnovano na treh med seboj tesno povezanih področjih, 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.

Temeljni cilji tako zasnovanega programa so:

- 1) na podlagi poglobljenih teoretičnih raziskav kompleksnih deformacij tkanin pridobiti nova teoretična spoznanja, ki bodo kot znanstveno in inženirsko orodje služila za analizo in opis obnašanja tkanin pri podajanju in izvedbo realne simulacije njihovega obnašanja;
- 2) oblikovati ustrezno bazo podatkov o toplotno fiziološkem in psihološkem udobju uporabnika, ki bo služila za razvoj modela za vrednotenje toplotno fiziološkega in psihološkega udobja uporabnika pri nošenju oblačil.

Pri tem je potrebno poudariti, da je realizacija raziskovalnega programa potekala v skladu z zastavljenimi cilji, vendar v zmanjšanem obsegu, kar je posledica zmanjšane obsega dela zaradi 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 FTE).

Glede na zastavljene cilje so bile v okviru prvega sklopa raziskav izvedene raziskave kompleksnih deformacij tkanin in njihovega asimetričnega podajanja. Na podlagi obširne raziskave in proučevanja podajanja tkanin pri drapiranju je ugotovljeno, da posamezne tkanine izkazujejo kompleksno tridimenzionalno obliko in posedujejo različno število gub, ki je lahko parno ali neparno (tkanine v platno vezavi izkazujejo v večji meri neparno število gub, medtem ko je pri tkaninah v keper vezavi zaznana tendenca večjega parnega števila gub). Ta svojstvena oblika nastalih gub kot geometrijska oblika deformacije se lahko pripiše anizotropnim lastnostim materiala, ki so odvisne od vrste vlaken, vrste, strukture in konstrukcije preje, konstrukcijskih parametrov tkanine in načina plemenitenja ter mehanskih lastnosti, ki vplivajo na posamezne attribute drapiranja. Tkanine z neparnim številom gub izkazujejo višje vrednosti globine gub glede na tkanine s parnim številom. Istočasno je ugotovljeno, da se z naraščajočo globino gub zmanjšujejo vrednosti amplitude gub. Večja nihanja v vrednostih amplitude gub so zaznana pri večjih vrednostih globine gub, kar kaže na večjo ali manjšo izrazitost asimetričnega podajanja tkanin. Dalje smo na podlagi poglobljenega študija histereznega obnašanja mehanskih lastnosti tkanin v odvisnosti od strukturnih parametrov preje oziroma smeri vitja preje (študij je bil izveden na tkaninah, izdelanih iz preje enake finosti, vendar različne smeri vitja, in sicer za tkanine izdelane iz Z-vitih osnovnih in votkovnih niti, tkanine izdelane iz S-vitih osnovnih in votkovnih niti ter tkanine izdelane iz Z-vitih osnovnih in S-vitih votkovnih niti) prišli do zanimivih spoznanj, ki se zrcalijo tako v spremembi histereznih krivulj, kot v spremembi geometrijske oblike deformacije. Analiza rezultatov je pokazala, da tkanine izdelane iz Z-vite preje (osnovnih

in votkovnih niti) izkazujejo višje vrednosti upogibne in strižne togosti glede na tkanine, izdelane iz S-vite preje, medtem ko se vrednosti večina parametrov mehanskih lastnosti tkanin, izdelanih iz Z-vitih osnovnih in S-vitih votkovnih niti nahajajo vmes, razen parametrov strižnih lastnosti, ki pri tovrstnih tkaninah zavzemajo najnižje vrednosti. Na podlagi nadaljnjega proučevanja odnosa med parametri mehanskih lastnosti analiziranih tkanin in geometrijsko obliko deformacij je ugotovljeno, da tkanine, izdelane iz Z-vitih osnovnih in S-vitih votkovnih niti posedujejo najnižje vrednosti koeficienta drapiranja, istočasno pa izkazujejo izrazito asimetrično geometrijsko obliko deformacije.

V okviru sklopa raziskav podajanja oblačil, njihovega pristajanja in 3D dinamičnih simulacij oblačil smo se osredotočili na raziskave kompleksnih deformacij tkanin pri dinamičnih pogojih, kjer smo proučevali vpliv učinkujočih zunanjih sil na spremembo geometrijske oblike deformacije, ki je povezana tako s spremembo potencialne energije, ki jo ima tkanina zaradi svoje deformirane oblike in kinetične energije, kot tudi s parametri, ki izhajajo iz anizotropnih lastnosti materiala in njegovega nelinearnega odziva. Rezultati raziskave vpliva učinkujočih zunanjih sil na spremembo geometrijske oblike deformacije so pokazali, da učinek zunanjih sil kot dinamičen efekt pomembno vpliva na spremembo geometrijske oblike deformacije. Nastala sprememba, ki se kaže v zmanjšanju projekcije geometrijske oblike deformacije (drapirane oblike), se odraža v nižji vrednosti koeficienta drapiranja, v povečanem številu gub in enakomernejši obliki nastalih gub.

Tretji sklop raziskav je bil usmerjen v študij odnosa med snovnimi lastnostmi in posameznimi parametri toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil s ciljem oblikovati ustrezno bazo podatkov o toplotno fiziološkem udobju uporabnika. Za ta namen so bile izvedene obsežne eksperimentalne raziskave snovnih lastnosti tekstilnih materialov (konstrukcijskih parametrov, toplotnih lastnosti, sorpcijskih lastnosti oz. relativne vlažnosti tkanin, sposobnosti zadrževanja vode in zračne prepustnosti) in biofizikalne analize oblačil oziroma oblačilnih sistemov ter raziskave toplotno fiziološkega udobja pri nošenju. Vpliv snovnih lastnosti v oblačila vgrajenih materialov na toplotno fiziološko udobje uporabnika je bil eksperimentalno določen kot sprememba treh fizioloških parametrov: ponderirane temperature kože, srčne frekvence in količine evaporiranega znoja oziroma vlažnosti kože in količine akumuliranega znoja v oblačilih, medtem ko je bil vpliv posameznih toplotnih lastnosti oblačil na subjektivni občutek udobja določen s pomočjo ocenjevalnih skal v obliki vprašalnikov, na katere so testne osebe odgovarjale pred, med in po raziskavi. Na podlagi rezultatov raziskave fizikalnih, mehanskih, toplotnih in sorpcijskih lastnosti v oblačila vgrajenih tkanin ter rezultatov raziskane količine akumuliranega znoja v analiziranih modelih pri nošenju oblačil je ugotovljeno, da je količina akumuliranega znoja odvisna od snovnih lastnosti tkanin (površinske mase, relativne vlažnosti tkanin, zračne prepustnosti in sposobnosti zadrževanja vode). Dobljena korelacija je statistično potrjena pri višjih temperaturah okolice (pri temperaturi okolice 35°C) in sicer v primeru nižjih hitrosti gibanja zraka (pri hitrosti vetra 0,2 ms⁻¹), medtem ko pri višjih hitrostih gibanja zraka ne obstaja statistično zanesljiva korelacija. Nastala nihanja v vrednostih količine v oblačila akumuliranega znoja glede na količino evaporiranega znoja so posledica klimatsko odvisnega učinka snovnih lastnosti materialov od hitrosti gibanja zraka v toplem okolju in s tem pogojenega toplotno regulacijskega delovanja analiziranih modelov, kar neposredno vpliva na zagotavljanje toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil v toplem okolju.

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

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

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 (odobrenih 2.210 ur letno oz. 1.3 FTE) glede na načrtovano število raziskovalnih ur v prijavi raziskovalnega programa (3.967 FTE).

V okviru raziskovalnega programa so bili glede na terminski plan realizirani zastavljeni cilji prvega in tretjega sklopa raziskav v približno 80 odstotkih, medtem ko so bile aktivnosti v okviru drugega raziskovalnega sklopa realizirane v obsegu okoli 50 odstotkov glede na načrtovane aktivnosti, kar je skladno z zmanjšanim obsegom financiranja raziskovalnega programa.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

--

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Napovedovanje kakovosti videza oblačil
		<i>ANG</i> Predicting garment appearance quality
Opis	<i>SLO</i>	V prispevku je predstavljen koncept sistema za napoved kakovosti videza oblačil, zasnovan na rezultatih vrednotenja skupine priučenih ocenjevalcev in ekspertov. Razvit sistem dualnega vrednotenja in primerljivost dobljenih rezultatov so bili ključni dejavniki pri razvoju modela za napoved kakovosti videza oblačil s pomočjo metod strojnega učenja. Na podlagi oblikovanega modela in dobljenih spoznanj so ugotovljene korelacije med stopnjo kakovosti parcialnih dejavnikov videza oblačil in parametri mehanskih lastnosti v oblačila vgrajenih tkanin.
	<i>ANG</i>	Developing steps in designing a system for predicting garment appearance quality are presented which base on two groups of evaluators (semi-skilled evaluators and a group of experts). This system of dual evaluation and comparison of the grades obtained are key factors in the development of the predicting models using the method of machine learning. It is founded on previous knowledge of correlations among the quality grade of a particular factor of garment appearance quality and the parameters of mechanical and physical properties of the fabrics, incorporated into the garments.
Objavljeno v	Zavec Pavlinič, D., Geršak, J.: Predicting garment appearance quality. The open textile journal. [Online izd.], 2009, vol. 2, str. 29-38, doi: 10.2174/1876520300902010029.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13390102	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Toplotno fiziološko udobje pri nošenju poslovnih oblačil
		<i>ANG</i> Thermo-physiological comfort of business clothing
Opis	<i>SLO</i>	Prispevek obravnava raziskavo toplotno fiziološkega udobja različnih moških poslovnih oblačilnih sistemov iz konvencionalnih in fazno spremenljivih (PCMs) materialov. Rezultati raziskave so pokazali, da imajo klimatski pogoji in toplotne lastnosti poslovnih oblačilnih sistemov pomemben vpliv na toplotno fiziološko udobje uporabnika pri nošenju oblačil. Detajlnejša analiza je privedla do zaključkov, da oblačilni sistemi z vgrajenim fazno spremenljivim materialom kažejo kratkotrajni časovni učinek, ki se odraža v rahlem povišanju ali znižanju temperature kože.
	<i>ANG</i>	The contribution deals with study of thermo-physiological comfort of different male business clothing systems made of common textile materials, as well as male business clothing systems that contain phase-change materials. It was found that the environmental conditions and thermal properties of business clothing systems have a considerable impact on thermo-physiological comfort of the wearer. Furthermore, it was concluded that clothing systems in combination with phase-change materials indicate a temporary thermal effect

		that is reflected in a slight rising or lowering of skin temperature. _____
	Objavljeno v	Celcar, D., Geršak, J.: Thermo-physiological comfort of business clothing, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 22, (2010) (recenziran prispevek v tisku) _____
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	12304662
3.	Naslov	SLO Paramterična korelacija mernega signala iz konvencionalnega in avtomatskega KES-F _____
		ANG Parametric correlation of the measurement signals from automated and manual KES-F _____
	Opis	SLO Raziskava je zasnovana na primerjavi dobljenih signalov merjenja s konvencionalnim in avtomatskim KES-F sistemom z namenom odkriti sistematske derivacije med rokovanjem, pozicioniranjem in postopkom vpenjanja tkanin. Raziskave so pokazale, da manualne merilne naprave dajejo višje vrednosti, pri čemur so razlike v vrednostih med merjenji statistično signifikantne pri merjenju nateznih, upogibnih in kompresijskih lastnosti. Te razlike naraščajo z naraščajočo gostoto tkanin. _____
		ANG This study deals with the comparison between the manual and automated KES-F measurement signals to detect the systematic deviations during handling, positioning and clamping procedures. It was conducted that manual KES-F apparatus gives higher results and the difference between the measurements are statistically significant in terms of tensile, bending and compression parameters. On the other hand, this difference increases with an increasing fabric density. _____
	Objavljeno v	Çay, A., Vassiliadis, S., Geršak, J., Provatidis, C.: Parametric correlation of the measurement signals from automated and manual KES-F, Proceedings of the 9th Autex Conference. Izmir: Ege University, Engineering Faculty, Department of Textile Engineering, 2009, str. 1374-1377 _____
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	13241366	
4.	Naslov	SLO Priprava proizvodnje oblačil _____
		ANG Garment Manufacturing Preparation _____
	Opis	SLO Monografija, ki je zasnovana v osmih poglavjih, obravnava v uvodnih poglavjih tematiko tehnoloških področij izdelave oblačil in klasifikacije izdelkov, kronološki pregled razvoja velikostnih sistemov in razvoj izdelka, kar je podlaga za celovitost monografije, v zadnjih petih poglavjih pa pomen in teoretične osnove priprave proizvodnje glede na naj sodobnejše stanje tehnike na področju organizacijskih in tehnoloških ved. Posebna skrb je posvečena strokovnemu jeziku in oblikovanju terminologije za posamezne in povsem nove izraze, saj gre za prvo tovrstno delo v slovenski strokovni terminologiji. _____
		ANG The monograph, which consists of eight chapters, addresses in the opening chapters the garment manufacturing technology and product classification, a chronological overview of the size systems development and product development. These introductory chapters serve as the basis for the integrity of the monograph, while in the last five chapters, the meaning and theoretical background on the modern production preparation in organizational and technological fields are given. Special attention is given to appropriate professional language and terminology, particularly regarding completely new terms _____
	Objavljeno v	Geršak, J.: Priprava proizvodnje oblačil. 1. izd. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2009. XVI, 214 str., ilustr. ISBN 978-961-248-119-3. _____
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
COBISS.SI-ID	61463809	
5.	Naslov	SLO Inteligentni funkcionalni jopič za detekcijo poškodb s funkcijo delne zaščite proti preboju _____
		ANG Intelligent functional jacket for the detection of injuries featuring partial bullet protection _____
	Opis	SLO Inteligentni funkcionalni jopič za detekcijo poškodb s funkcijo delne zaščite proti preboju je trislojne izvedbe. Sestoji se iz vrhnjega, vmesnega in notranjega sloja. Vmesni sloj zagotavlja delno zaščito uporabnika proti vrezu ali vbodu hladnega orožja, medtem ko notranji sloj nudi antibakterijsko _____

		zaščito. Med notranjim in vmesnim slojem je vgrajen mrežni sistem vodnikov za detekcijo prebojev. Delovanje jopiča omogočata sklop senzorskega sistema in sklop merilnega sistema vhodnih parametrov, ki ob ustrezni programski podpori producirata značilne odzivno sporočilne parametre.
	ANG	The intelligent functional jacket for injury detection with function of partial protection against penetration has three layers. It consists of the top, intermediate and inner layer. The inner layer provides wearer with partial protection against cut, while internal layer assures antibacterial protection. Between inner and intermediate layer there is an integrated network system for detection of possible penetrations. The activity of jacket is enabled by sensor and measuring systems for detecting input parameters, which produce characteristic response message parameters using special software.
Objavljeno v		Geršak, J.: Inteligentni funkcionalni jopič za detekcijo poškodb s funkcijo delne zaščite proti preboju : odločba o podelitvi patenta : patent št. 22644, dne 30.04.2009; številka prijave P-200800294 z dne 01.12.2008. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2009. 14, 3 f. [COBISS.SI-ID 12870422]
Tipologija		2.24 Patent
COBISS.SI-ID		12870422

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Simulacija virtualnega oblačila
		ANG Virtual clothes' simulations
Opis	SLO	Simulacija oblačil za potrebe virtualnega prototipiranja v virtualnih okoljih pridobiva na pomenu v stroki in v vsakdanjem življenju. V prispevku so predstavljeni pristopi in metode za simulacijo obnašanja tekstilnih materialov, vgrajenih v tridimenzionalne izdelke, npr. v oblačila, avtomobilski sedež ali sedežno garnituro. Predstavljen je proces virtualnega prototipiranja oblačil in implementacija novih računalniških tehnologij za potrebe virtualnih modih revij in e-poslovanja z oblačili.
	ANG	Clothes simulation for virtual prototyping in a virtual environment is increasingly gaining recognition and becoming a part of everyday life. In this article, approaches and methods used for behaviour simulation of textile materials, once they have been joined in a three-dimensional object – piece of clothing, car seat or a seating element of interior – are presented in addition to virtual prototyping process of clothes and their implementation into virtual fashion shows and garment e-marketing.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v		Jevšnik, S., Stjepanovič, Z., Celcar, D.: Virtual clothes' simulations, 1st International Conference I Love Inter/National Fashion, April 2-4, 2009, Ljubljana, Proceedings : 1st international conference, Ljubljana, Academy of Design, Independent Higher Education Institute, 2009, str. 67-74
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		13143062
2.	Naslov	SLO Član znanstvenega programskega odbora AUTEX research journal
		ANG Member of Scientific Programming Board of AUTEX research journal
Opis	SLO	Član znanstvenega programskega odbora AUTEX znanstvenega časopisa, tj. mednarodnega četrtletnega časopisa, ki je namenjen publikacijam teoretičnih in empiričnih znanstvenih raziskav na vseh področjih tekstilne znanosti, tehnologije, ekonomije in industrijske dejavnosti.
	ANG	Member of Scientific Programming Board of AUTEX research journal : an international quarterly journal devoted to the publication of theoretical and empirical scientific research work in all areas of textile science, technology, economics and industrial policy
Šifra		C.06 Članstvo v uredniškem odboru
Objavljeno v		AUTEX research journal. Geršak, Jelka (član uredniškega odbora 2009, 2010). Łódź: AUTEX: Faculty of textile engineering and marketing, 1999-. ISSN 1470-9589. [COBISS.SI-ID 1433968]
Tipologija		2.07 Bibliografija

	COBISS.SI-ID	1433968	
3.	Naslov	SLO	Objektivno vrednovanje tekstila i odjeće
		ANG	Objective Evaluation of Textiles and Clothing
	Opis	SLO	Gostujoča predavanja, ki bila namenjena transferu specifičnih znanj iz mehanike tekstilij pri nižjih obremenitvah, katere so pomembne za obnašanje tkanin med procesi izdelave in uporabe, so obsegala tematiko mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin pri nižjih obremenitvah in njihovo vlogo pri inženirskem načrtovanju in oblikovanju tekstilnih izdelkov. Otip tekstilij kot kriterij kakovosti. Objektivno vrednotenje mehanskih in fizikalnih lastnosti tekstilij in usnja. Vpliv mehanskih lastnosti tkanin na transformacijo iz 2D v 3D obliko, zagotavljanje kakovosti in napovedovanje videza oblačil.
		ANG	Guest lectures can be treated as transfers of specific knowledge of textile mechanics at lower loads, which are important for behaviour of fabrics during manufacturing processes and use of garments. The topics included: Mechanical properties of fabrics and their role in engineering design and evaluation of textiles and clothing, Fabric handle as criterion of quality, Objective evaluation of mechanical and physical properties of textiles and leather, Influence of mechanical properties of fabrics on transformation from 2D to 3D shape and Quality assurance and prediction of garment appearance.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
	Objavljeno v	GERŠAK, Jelka. Objektivno vrednovanje tekstila i odjeće : CEEPUS II Mobility (1 month), Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno tehnološki fakultet, diplomski studij Tekstilna tehnologija i inženjerstvo, akademska godina 2009/.2010, redoviti kolegij modula Odjevno inženjerstvo - OI. Zagreb, 2009. [COBISS.SI-ID 14026006]	
	Tipologija	2.07 Bibliografija	
COBISS.SI-ID	14026006		
4.	Naslov	SLO	Modeliranje i optimizacija utjecajnih parametara na mehanička i fizikalna svojstva pletiva
		ANG	Modelling and optimization of the influential parameters on mechanical and physical properties of single jersey weft knitted fabrics
	Opis	SLO	V okviru disertacije so bile izvedene obširne teoretične in eksperimentalne raziskave vpliva parametrov pletenja in deleža elastomerne preje na mehanske in fizikalne lastnosti desno-levega pletiva kot kompleksne tekstilne strukture. Ugotovljeno je, da med procesnimi parametri pletenja in mehanskimi lastnostmi pletiva obstaja neposredna povezanost. Na podlagi matematičnega modeliranja in simulacije vpliva posameznih procesnih parametrov pletenja je ugotovljeno, da ima na spremembo deformacijske energije pletiva dominantni vpliv globina kuliranja, sledi vhodna napetost preje.
		ANG	Extensive theoretical and experimental research work related to influence of knitting process parameters and share of elastic yarn on mechanical and physical properties of knitted fabric was carried out. Direct relationship between knitting process parameters and mechanical properties of knitted fabric was established. Based on mathematical modelling and simulation of influence of various knitting process parameters, it was stated that loop length, resp. sinking depth, has dominant influence on change of deformational energy of knitted fabric; yarn delivery tension follows.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	FATKIĆ, Edin. Modeliranje i optimizacija utjecajnih parametara na mehanička i fizikalna svojstva pletiva : doktorska disertacija. Zagreb: [E. Fatkić], 2009. XXV, 280, VIII f., ilustr., tabele.	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
COBISS.SI-ID	13334038		
5.	Naslov	SLO	Vpliv snovnih lastnosti tkanin na toplotno fiziološko udobje oblačil
		ANG	Influence of fabric properties on thermal physiological comfort of clothing
	Opis	SLO	V disertaciji je obravnavan študij vpliva snovnih lastnosti tkanin za letna ženska oblačila na toplotno fiziološko udobje pri nošenju v toplem okolju, ki ustreza visokim letnim temperaturam. Na podlagi obširnih eksperimentalnih raziskav udobja pri nošenju je na podlagi spremembe treh fizioloških parametrov: ponderirane temperature kože, srčne frekvence in količine evaporiranega znoja oziroma vlažnosti kože in količine akumuliranega znoja v

	oblačilih ugotovljeno, da snovne lastnosti tkanin neposredno vplivajo na toplotno-fiziološko udobje pri nošenju.
ANG	Doctoral degree thesis deals with study of material properties of woven fabrics for summer women's clothing on thermo-physiological comfort in warm environment, which corresponds to high summer temperatures. Extensive experimental research on wearing comfort based on change of three physiological parameters: weighted skin temperature, heart rate frequency, quantity of evaporated sweat, resp. skin moisture and volume of sweat accumulated in clothing shown, that the material properties of textile fabrics built-in the clothing directly affected thermo-physiological comfort of wearer of garments.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	Grujić, Dragana. Vpliv snovnih lastnosti tkanin na toplotno fiziološko udobje oblačil = Uticaj svojstva materijala na toplotno fiziološko udobnost odjeće : doktorska disertacija. [Maribor: D. Grujić], 2010. XIV, 379 str., ilustr., tabele. 13.04.2010
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija
COBISS.SI-ID	250398720

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

STJEPANOVIĆ, Zoran. Components of human computer interaction : invited lecture in the frame of Human machine interfaces course f the programme FH-MagStG Systems Design at the Carinthia University of Applied Sciences, Villach, Austria in the summer semester 2009 (face-to face lectures and e-learning, together 34 learning units carried out in May and June 2009). Villach, 2009. [COBISS.SI-ID 13387286]

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji		
- doktorati	2	
- specializacije		
Skupaj:	2	0

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	2		
- gospodarstvo			
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	2	0	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
----------------------------------	---------

- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	2
Skupaj:	2

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

The research of asymmetric behavior of complex textile structures; slovensko-madžarski znanstveno raziskovalni projekt (BI-HU/08-09-005): vodja slovenskega raziskovalnega tima: red. prof. dr. Jelka Geršak

CEEPUS network »Intelligent Textile Products of New Generation – From Idea to Final Product«, CPNr.: CII-SI-0217; glavni koordinator: red. prof. dr. Jelka Geršak

MUDRA Learning Network, KRO/006/07, projekt flamske vlade, Gent, Belgija. Trajanje projekta: 18 mesecev; pričetek: 1. 02. 2008. Nosilec projekta: VOKA Chamber of Commerce, East Flanders, Gent. Koordinator slovenskega dela raziskovalnega tima:izr.prof. dr. Zoran Stjepanovič.

Innovation Transfer in Textiles, AGREEMENT n° 2006 UK/06/B/F/PP-162_534, Leonardo da Vinci Education and Culture Programme. Trajanje projekta: 24 mesecev; pričetek: 1. 10. 2008. Nosilec projekta: Klitra Ltd., Nottingham, UK. Koordinator slovenskega dela raziskovalnega tima:izr.prof. dr. Zoran Stjepanovič.

eLiTA (e-Learning in Textiles and Apparel), Leonardo da Vinci Community action programme on vocational training, št. projekta 2008-1-GB2-LEO05-00214, koordinator slovenskega dela raziskovalnega tima:izr.prof. dr. Zoran Stjepanovič

Social Return Practice Experience, LdV Partnership Programme, št. projekta 2008-5603-LdV, raziskovalec:izr.prof. dr. Zoran Stjepanovič

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

Prenova celostne grafične podobe Univerze v Mariboru; nosilec projekta: doc. dr. Gabrijela Fužir Bauer

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

Sredstva, pridobljena zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009, smo porabili v skladu s pogodbo št. 1000-09-240123/0795.

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

V letu 2009 niso bila pridobljena na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU nobena sredstva.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

V letu 2009 niso bila pridobljena na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu nobena sredstva.

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Dobljeni rezultati so glede na zastavljene cilje parcialnega značaja (saj gre za realizacijo enoletnega raziskovanja) in še ne dosegajo zrelosti in možnosti za njihovo implementacijo v praksi.

Glede na dosedanje rezultate se pričakuje, da bodo z realizacijo programa doseženi pogoji zrelosti rezultatov za njihovo implementacijo v prakso.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2009

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: 44.200	od tega v letu 2009: 8.840
Cenovni razred	D	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013	
Izvajalci 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
Družbeno-ekonomski cilj	13.	Splošni napredek znanja - RiR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

2. Povzetek¹

SLO

Raziskovalni program obsega preučevanje fizikalnih fenomenov pri nizkih energijah, začenši s sipanjem počasnih helijevih atomov na površinah, vzbujanjem raznolikih vzorcev z elektroni in sinhrotronsko svetlobo energije od nekaj eV do nekaj deset keV, pa do obstreljevanja tarč s protoni energije 3 MeV. Veliko pozornost namenjamo preučevanju fundamentalnih kvantnih mehanizmov pri posameznih reakcijah ter pridobivanju osnovnih spektroskopskih podatkov, s katerimi je potem mogoče na višjem nivoju izboljšati zanesljivost strukturnih analiz. Lep primer prvega je naše modeliranje večfotonskih procesov v močnih zunanjih poljih (FEL), drugi pristop pa dobro ilustrira naš poskus, pri katerem smo izmerili absorpcijo atomov joda v bližini pragu K: zaradi prekrivanja je poznavanje spektralnih prispevkov, ki izvirajo iz posamičnih atomov joda bistveno za doseganje zanesljivosti analiz, s katerimi potem določamo okolico atomov joda v realnih vzorcih. Pri naših raziskavah, ki jih izvajamo doma, v glavnem v Mikroanalitskem Centru IJS ter na tujem, v glavnem v različnih evropskih sinhrotronskih centrih (HASYLAB, ESRF, ELETTRA, BESSY, SOLEIL), uporabljamo moderne merilne tehnike in sodelujemo pri njihovem razvoju. Dve izmed posebnosti, kjer se zdaj kaže naša instrumentalna prednost, sta visokoločljiva spektrometrija rentgenskih žarkov ter mapiranje vzorcev z ionskim mikrožarkom. Prvo dokazuje naša vpetost v meritve na eni najsvetlejših rentgenskih žarkovnih linij na sinhrotronu ESRF v Grenoblu, ki smo jo dosegli kljub dejstvu, da Slovenija ni članica projekta ESRF, drugo pa tematski sklop konfokalnih mikro-PIXE meritev, za katere smo zadolženi v okviru evropske povezave ionskih pospeševalnikov SPIRIT. Naša ekspertiza zajema izdelavo posebnih absorpcijskih celic ter referenčno poznavanje strukturnih analiz XANES in EXAFS, ki so pomembno orodje pri preučevanju strukture materialov ter najrazličnejših drugih vzorcev. Ukvarjamo se tudi s fiziko površin, ki zahteva posebna znanja pri obvladovanju vzorcev ter implementaciji tehnik pri vzbujanju s sinhrotronsko svetlobo ter curkom helijevih atomov. Inovativnost pri gradnji instrumentacije kaže tudi naša dejavnost na področju spektroskopije vibracijskih stanj vodika, kjer smo razvili originalni spektrometer, katerega delovanje temelji na fenomenu disociativnega zajetja elektronov. Naš član je ekspert za Moessbauerjevo spektroskopijo in uspešno izvaja visokoločljive meritve na vzorcih, ki vsebujejo železo. Velik del naših raziskav ima interdisciplinaren značaj. Poudariti želimo našo vpetost v slovenski in mednarodni raziskovalni prostor: poleg tega, da izvajamo strukturne analize za plejado domačih uporabnikov (med drugim tudi za tiste iz centrov odličnosti) na domači in tuji infrastrukturi, kjer se zahteva pisanje kompetitivnih projektov, priteguje naš razvoj analitskih tehnik tudi tuje uporabnike, ki se v zadnjem času pogosteje zanimajo za meritve z ionskimi žarki na Mikroanalitskem Centru.

ANG

The research program deals with studies of physical phenomena at low energies, starting from helium atom scattering of surfaces at few meV, electron and photon excitation of various samples at energies ranging from few eV to a few tens of keV and target bombardment with proton energies up to 3 MeV. Our attention is directed towards fundamental quantum processes which drive the reactions and towards the accumulation of basic spectroscopic data which is needed on a higher level to improve accuracy of structural analysis in case of the real life samples. An example of the first is our modelling of multiphoton multielectron excitation processes occurring in the intense external fields (FEL) and the second is well illustrated by our experiment dealing with "atomic" absorption of iodine: due to an overlap the knowledge of spectral features pertaining to iodine atom is essential to claim the accuracy of structural analysis which aims to uncover local environment of the iodine atom in different substances. Our research is performed at home, mostly in Microanalytical Center of JSI, and abroad at different synchrotron centers across Europe (Dessy, Bessy, ESRF, Soleil, Elettra). We employ modern analytical techniques and contribute to their development. At the moment we have an instrumental advantage in high resolution x-ray spectroscopy and ion microbeam mapping. The first is shown by our often engagement at one of the brightest x-ray beamlines at ESRF in

Grenoble (despite the fact that Slovenia is not a member state of ESRF) and the other is proven by being held responsible for the confocal micro-PIXE measurements in the European ion beam accelerators association Spirit. Our expertise encompass elaboration of special absorption cells and we represent a reference for widely used structural analysis EXAFS and XANES. We also deal with surface physics which requires special knowledge about sample preparation and control as well as implementation of different techniques with synchrotron light and helium atom scattering. The innovative approach towards instrumentation is shown also by our original spectroscopic method for hydrogen vibrational states which is based on the phenomenon of dissociative attachment. Our member is an expert for Moessbauer spectroscopy and provides high resolution structural data for variety of Fe containing samples. A large part of our activity consists of interdisciplinary research. We wish to emphasize our strong connections with the Slovenian and international research environment: besides providing structural analysis for a plethora of domestic researchers at home and at foreign infrastructures, where submission of competitive projects is a must, our domestic development of ion beam analytical methods at accelerator facility is attracting also foreign researchers with their own projects.

3. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine²

3.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Pozornost posvečamo visokoločljivi spektroskopiji rentgenskih žarkov, še posebej raziskavam na področju resonantnega neelastičnega Ramanskega sipanja na "redkih" (plinastih) tarčah ter trdnih vzorcih, za katere vlada zmerom večje zanimanje s stališča naprednih strukturnih analiz. Metoda je relativno robustna in zahteva specifično modeliranje, po drugi strani pa omogoča depozicijo majhnih količin energije globoko v vzorcu ter snemanje spektrov z energijsko resolucijo, ki je manjša od naravne širine notranje vrzeli - značilnosti, še posebej pomembne za površinsko občutljive vzorce ter težje primere, pri katerih se strukturni odtisi močno prekrivajo. Ukvarjamo se tudi z natančnim modeliranjem osnovnih kvantnih procesov na preprostih sistemih. V letu 2009 smo uspešno pojasnili proces ionizacije helija, ki poteče iz fotovzbujenih metastabilnih stanj $1s2s$. S teorijo perturbacije smo obravnavali in pojasnili izmerjene pridelke pri večfotonski ionizaciji atomov ksenona z laserjem na proste elektrone v odvisnosti od jakosti vpadne svetlobe pri energiji 93 eV. Pri preučevanju sipanja rentgenske svetlobe na atomih smo pokazali, da je mogoče med seboj popolnoma ločiti različne tipe dvoelektronskih prehodov, opazovali pa smo tudi nelinearno disperzijo močno disociativnih resonanc pod robom K za žveplo in klor v preprostih molekulah. Zanimajo nas tudi skrajne možnosti analitičnih tehnik, ki se pomikajo z razvoje instrumentacije: sodelovali smo pri merjenju najnižje vsebnosti nečistoč v polvodniškem materialu (Si), ki bi jo bilo še mogoče določiti s svetlim sinhrotronskim izvorom pri pogojih totalnega odboja rentgenske svetlobe. Preučili smo Cooperjev minimum pri vzbujanju emisije rentgenskih žarkov s protoni, fenomen, ki je razpiten in dobro znan iz fotoionizacije. Nove metode, ki smo jih razvili uporabljamo za preučevanje interakcije v zanimivih sistemih: s spektrometrijo vibracijsko vzbujenih molekul vodika smo opazovali interakcijo segrete površine wolframa z atomi vodika ter z molekulami enostavnih ogljikovodikov. Izjemno aktualna tema je preučevanje organskih molekul na kovinskih površinah: študirali smo samoorganizacijo aminokislinskih molekul ter preučevali izvor hitrega prenosa naboja v tankih heterostrukturah z metodo resonantne fotoemisije. V sklop opazovanja osnovnih procesov v relativno preprostih sistemih sodi naša objava prvih spektrov resonantnih Augerjevih prehodov pri vzbujanju z elektroni - zaradi ohlapnejših izbirnih pravil pri sipanju elektronov metoda omogoča preučevanje izjemno pestrega nabora vzbujenih stanj. Konfokalno metodo PIXE, ki smo jo prvi uvedli, smo razvijali v smeri 3D rekonstrukcije objektov ter specifičnih plastovitih vzorcev z ionskim mikrožarkom. Z zahtevnimi meritvami smo izluščili atomsko absorpcijsko ozadje za jod. Pokazali smo, da je mogoče s primernim pristopom k vzorčevanju in elementno selektivni analizi aerosolov doseči vzdržno urno časovno ločljivost, ki na novo odkriva dinamiko onesnaževanja s prašnimi delci. S strukturnimi analizami smo bistveno prispevali k razumevanju obnašanja raznih vrst materialov, recimo piezoelektrikov in antiferomagnetov, kobalt-feritnih nanodelcev, novih materialov za baterije ter specifičnih bioloških in geoloških vzorcev, kot sta zemlja in vulkanske kamnine. Razvili smo tehniko za elementno selektivno mapiranje prvobitno zamrznjenih vzorcev z ionskim mikrožarkom in s tem omogočili večjo zanesljivosti analiz - pomembna pridobitev za študij bioloških tkiv.

AVG

Our attention is directed towards high resolution studies of resonant inelastic x-ray scattering (RIXS) on gaseous and especially solid targets where we lately observe an increased interest for the method from the point of view of the advanced structural analysis. This rather robust approach demands a specific modelling, but on the other hand, it allows a deposition of small amounts of energy rather deep into the sample offering at the same time the possibility to achieve a "subnatural" energy resolution (better than the natural linewidth of an inner hole) - it is therefore very interesting for applications where surface contamination is a problem and different structures result in strongly overlapping spectral contributions. We also deal with an accurate modelling of fundamental quantum processes in relatively simple systems. Recently we have successfully explained the first photoionization spectra ever recorded on metastable helium states $1s2s$. In the frame of multiphoton perturbation theory we have reconstructed experimental yield dependence on a free electron laser light intensity for multiphoton photoionization of xenon at energy of 93 eV. In case of Ar we have demonstrated for the first time the capability of high resolution x-ray spectroscopy to separate different types of two-electron excitation processes (shake-up, shake-off and resonant excitations) on the basis of their characteristic energy dependence and energy shifts. We have accurately measured a nondispersive character of emission from strongly dissociative states below the K edge of chlorine and sulfur in simple molecules and participated in measurements of detection limits for impurities in semiconductor materials (Si) at bright synchrotron beamline under the conditions of total x-ray reflection. We have analysed the suppression of proton induced x-ray emission in the region of the so called Cooper minimum, the phenomena well-known in photoionization, but much less in ion beam target excitation. We have employed vibrationally resolved spectrometry of hydrogen molecules to study interaction of hydrogen atoms and simple organic molecules with the heated tungsten surface. We have published results which describe selforganisation and control of amino acid molecules on metallic surfaces and as well as resonant x-ray photoemission studies related to fast charge transfers of thin heterostructure interfaces. After the demanding coincidence measurement we have reported the first spectra of resonant Auger process excited by electron impact - since the selection rules are relaxed with respect to photoexcitation much more excited states are available as intermediates in this process. We have been further developing the confocal micro-PIXE imaging method to exemplify the reconstruction of objects in 3D as well as an improved accuracy for layered samples. With specially designed absorption cell we were able to determine the atomic absorption in the K-edge region for iodine atoms. We have shown that one may reach hourly time resolution over extended time periods and keep the elemental sensitivity in aerosol studies by using a combination of small flowrate sampling and post ion beam analysis which opens the door to investigations of the air pollution dynamics on the higher level. with up-to-date reference structural analysis we have

substantially contributed to the understanding of behavior of different materials like piezoelectrics, antiferromagnets, cobalt-ferite nanoparticles, new materials for batteries and specific biological samples like humic acids and tuffs. We have developed a technique for an ion microbeam mapping of the first time shock-frozen slices of biological tissues which is expected to strengthen the case studies because it avoids all unnecessary manipulations with these samples.

3.2. Pomen za razvoj Slovenije⁴

SLO

Program skrbi za razvoj znanosti in naprednih metod ter njihovo implementacijo na pomembnem področju fizike nizkih energij, ki vključuje raziskave z VUV, rentgensko svetlobo ter elektronskimi in ionskimi žarki. Ta ekspertiza je na voljo za interdisciplinarne raziskave, ki jih izvajamo skupaj z mnogimi domačimi laboratoriji. Poleg tega, da so naši člani nosilci dela z ionskimi žarki v domačem Mikroanalitskem Centru, smo dobro povezani s tujimi laboratoriji, predvsem s sinhrotronskimi centri, kjer se opira veliko novih možnosti za implementacijo raziskovalnih idej, ki se porajajo doma. Ker smo že dokazali, da imamo realne možnosti za pridobitev merilnega časa v teh centrih s kompetitivno pripravljenimi projekti, praktično omogočamo domačim raziskovalcem dostop do tovrstne tuje raziskovalne infrastrukture. Izobražujemo mlade raziskovalce in vpeti smo tudi v pedagoške procese na naših fakultetah v Novi Gorici, Ljubljani in Mariboru. Pripravljamo javna predavanja ter publikacije za nestrokovnjake ter skrbimo za javno dostopno bazo s podatki iz strukturnih analiz. Aktivni smo pri raziskovanju okoljevarstvene problematike, predvsem na področju onesnaževanja zraka s prašnimi delci, študiju procesov, ki so jim podvržene toksične snovi v zemlji ter mehanizmov odzemanja le-teh s strani rastlin. Tu velja omeniti v zadnjem času predvsem študij fundamentalnega procesa prašenja premoga, železove rude in glinice, ki smo ga opravili skupaj s sodelavcem iz Luke Koper, opazovanje dinamike prašenja v notranjih delovnih prostorih (kemijski laboratorij ter mehanska delavnica), določitev vsebnosti 6-valentnega kroma v prsti ter meritev porazdelitve kadmija v rastlinskih hiperakumulatorjih. V letu 2009 smo sodelovali pri razvoju instrumentacije ter metod na področju digitalnega procesiranja, ki odpirajo možnosti bolj učinkovitega zajemanja podatkov iz detektorjev.

ANG

The programme takes care for developing basic science and advancing the methods and their implementation in an important field of low-energy physics where VUV and x-ray light as well as electron and ion beams interact with the matter. This expertise is available for interdisciplinary research which is a common point for collaboration with people from many different domestic institutions. Besides the fact that our members are the key persons working at only Slovenian accelerator center, we are very well connected with foreign labs, mainly with synchrotron centers across the Europe with their many possibilities for realisation of domestic research ideas. As we are proving, we are able to gain the beamtime in such centers by competitively written projects, which is then effectively used as a link inbetween domestic researchers from different fields of research and foreign research infrastructure. We are educating young researchers and actively participate in teaching activities on faculties in Nova Gorica, Ljubljana and Maribor. We disseminate the methods and principles of our field in public lectures or publications for non-experts and build public databases with structural analysis data. We are active in environmental research, especially in the field of air pollution by aerosol particles, studies of types and reactions involving toxic substances in soil as well as studies of their uptake by plants. Lately we have focused our research onto fundamental mechanism of dusting emitted from test surfaces of coal, iron ore and alumina, the project performed in collaboration with Port of Koper, we have been observing the dynamics of aerosol pollution in different types of inner working places (chemical lab and machine workshop), we have determined the content of hexavalent chromium in soil humic acids and studied the uptake of cadmium, zinc and lead by plant hyperaccumulators. In 2009 we were collaborating with one of the Slovenian high-tech companies in development of digital processing which promises a higher throughput in detector data acquisition. Two project in the Slovenian Fusion Association link our research with the EU framework programme Euroatom.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

4. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa⁵

Na področju raziskav z visokoločljivo rentgensko spektrometrijo smo objavili študijo o separaciji vzbuditev en foton - dva elektrona, kjer smo pokazali, da je v izmerjenih emisijskih spektralnih mapah v okolici roba KM v argonu mogoče ločiti različne vrste vzbujevalnih procesov (rezonance, shake-up ter shake-off procesi) na podlagi njihove karakteristične energijske odvisnosti (M. Kavčič et al., Phys. Rev. Lett. 2009). S tem presežemo topogledno omejitev absorpcijske spektrometrije in izboljšamo ločljivost zaradi Ranaskega efekta. Ker imajo plinaste tarče majhno gostoto zahteva pristop uporabo učinkovitega spektrometra za rentgenske žarke z ločljivostjo, ki je boljša od naravne širine K-alfa črte ter velik vpadni fluks rentgenske svetlobe. Na povabilo smo isto problematiko predstavili v publikaciji, ki povzema pomembnejše dosežke na sinhrotronu ESRF v Grenoblu. V tem letu je izšlo tudi primerjalno delo, kjer v sodelovanju z raziskovalci na žarkovni liniji ID26 (ESRF) preučujemo karakteristični spektralni premik črte S K α v odvisnosti od vrste materiala za veliko število različnih spojin, ki vsebujejo žveplo (A. Mori et al., Anal. Chem. 2009). V sodelovanju s skupino prof.dr. J.-Cl. Doussa na Univerzi v Fribourgu smo objavili raziskavo o generičnem poteku dvojne fotoionizacije lupine K v asimptotskem področju (J. Hozowska et al., Phys. Rev. Lett. 2009). Na področju rentgenske spektroskopije, vendar pri vzbujanju s protoni, leta 2009 poročamo o značilni odvisnosti relativne intenzitete satelitske črte v Pd in Ag - pojav je analogen razvpitemu Cooperjevemu minimumu pri fotoionizaciji, kjer doseže presek za fotoemisijo pri določeni energiji vrednost nič zaradi spremembe predznaka dipolnega matričnega elementa (M. Kavčič in Ž. Šmit, Phys. Rev. A 2009, M. Kavčič in Ž. Šmit, Phys. Rev. A 2009). Z analizo spektrov izmerjenih na sinhrotronu Elettra smo določili Coster-Kronigove razpadne koeficiente v Pd in s tem vpeljali novo metodo za določanje CK koeficientov (W. Cao et al., Phys. Rev. A 2009). Pristop temelji na dejstvu, da z visokoločljivo rentgensko spektrometrijo ločimo med spektralnimi črtami M-L, ki potечеjo v atomu z različnimi vrzelmi - hiter CK razpad vrzeli L2 in L1 namreč poveča število vrzeli za ena glede na osnovno vrzel pri direktni fotoionizaciji. Pri tem poskusu je bistvena tudi vzporedna meritev absorpcijskega spektra, ki določa L2 in L1 skok in na podlagi tega CK koeficiente. V letu 2009 smo poročali tudi o ekstremni občutljivosti rentgenske fluorescence pri skoraj pravokotnem vpadnem kotu - lastnost, ki bi jo bilo mogoče izkoriščati za kontrolo nečistoč v polprevodnikih (J. Szlachetko et al., J. Appl. Phys. 2009). Resonantno vzbujanje elektronske emisije v atomih z elektronskim žarkom zahteva zelo učinkovito koincidenčno meritev - tozadevno smo v sodelovanju s kolegi iz Univerze v Miškolcu objavili prvo študijo elektronsko inducirane resonančne Augerjevega razpada v Ar (M. Žitnik et al., NIM B 2009). Sledi podrobnejša analiza spektrov, ki so posneti pri pogojih, kjer je modeliranje procesa izjemno zapleteno (izmenjalna interakcija med sipanim in izbitim elektronom je primerljiva z direktno, pomembna je kotna porazdelitev).

V letu 2009 smo objavili teoretični prispevek na področju teorije večfotonskih vzbuditev, ki pojasnjuje ionizacijski pridelek ksenona pod vplivom svetlobe z energijo 93 eV iz laserja na proste elektrone (FLASH) z gostoto toka do 10^{16} W/cm² (M. G. Makris et al., Phys. Rev. Lett.

2009). Meritve smo pojasnili, vsaj do meje eksperimentalne negotovosti, v okviru večfotonske teorije perturbacij, pri čemer smo vzeli v obzir specifično časovno-prostorsko obliko vpadnega FEL pulza. Pri študiju dvojno vzbujenih stanj helija smo skupaj s kolegi iz žarkovne linije Gasphase Photoemission na sinhrotronu Elettra dosegli lep uspeh. Po več zaporednih neuspešnih poskusih smo prvič izmerili spektre fotoelektronov pri autoionizaciji resonančno vzbujenih atomov metastabilnega helija - relativna gostota tripletnih vzbujenih stanj $1s2s$ v plinski tarči, ki jo vzbujamo s sinhrotronsko svetlobo je kvečjemu 10^{-4} . Kljub relativno slabi ločljivosti vpadne curka fotonov se v kotno ločljivih meritvah izrazito pokaže razcep zaradi interakcije spin-tir, ki je velikostnega reda komaj $100 \mu\text{eV}$ (M. Alagia et al., Phys. Rev. Lett. 2009). Na ta način je mogoče posredno meriti majhne energijske razcepe, čeprav je dosegljiva eksperimentalna ločljivost (vpadne svetlobe) bistveno slabša in znaša več kot 1 meV .

Skupina za rentgensko absorpcijsko spektroskopijo je s predlaganimi projekti pridobila merilni čas v treh sinhrotronskih centrih. V okviru 3-letnega projekta II-20080058 EC "XAS analysis of transition metals in lead-free piezoelectric thin films and in catalysts based on porous silicates" v HASYLAB-u smo opravili strukturne analize EXAFS in XANES novih mezoporoznih katalizatorjev, dopiranih s prehodnimi kovinami Ti, Cr, Mn, Fe in Cu ter feroelektričnih materialov $\text{K}(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_3$ in kristalinične BiFeO_3 keramike skupaj z njihovimi prekursorji, v sodelovanju s skupinami iz Kemijskega inštituta in odseka K5 na IJS (A. Kodre et al., J. Appl. Phys. 2009). V sodelovanju z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani smo nadaljevali raziskave glede vezave Cd, Zn in Pb v delih rastlin, ki hiperakumulirajo te kovine. Posebej pa velja izpostaviti objavo študije interakcije ekotoksičnega heksavalentnega kroma s huminskimi kislinami v onesnaženi prsti, ki je bila izbrana kot ena izmed petnajst najpomembnejših objav v letu 2009 v okviru celotne raziskovalne produkcije sinhrotronskega laboratorija HASYLAB in je predstavljena v HASYLAB Highlights 2009 (L. Leita et al., Environ. Pollut. 2009). Na žarkovni postaji XAFS (ELETTRA) smo, na osebno povabilo znanstvenega vodje žarkovne linije XAFS dr. Giuliane Aquilanti, sodelovali pri projektu izboljšanja detekcijskih tehnik z rentgensko absorpcijsko spektrometrijo za potrebe študija večelektronskih sovzbuditev v atomih ob fotoefektu v notranjih lupinah K in L. Meritve so bile izvedene v sklopu merilnega časa, ki ga sinhrotron ELETTRA namenja razvoju novih merilnih tehnik na tej žarkovni liniji. Uspešno smo testirali našo merilno opremo za meritve viskoločljivostnih absorpcijskih spektrov enoatomnih plinov, s čimer smo odprli možnosti za pripravo novih raziskovalnih projektov povezanih s študijem kolektivnih pojavov v atomih, ki doslej na tej liniji še niso bili izvedljivi. Poleg tega smo ponovno izmerili absorpcijske spektre v območju absorpcijskih robov L Xe in roba K argona z izjemno dobrim razmerjem signal-šum, ki po kvaliteti presega vse dosedaj objavljene meritve vsaj za red velikosti. Spektri razkrivajo popolnoma nove podrobnosti o večelektronskih procesih v teh elementih in bodo prispevali dragocene informacije za razumevanje procesa večelektronskih sovzbuditev. Pokazali smo tudi, kje so omejitve žarkovne linije za take eksperimente in predlagali posodobitve optičnih elementov, ki bi bistveno izboljšale lastnosti žarkovne linije v nizkoenergijskem področju. V okviru projekta HD 370 na sinhrotronu ESRF (Grenoble) smo izvedli meritve atomske absorpcije na bariju v območju robov L. Poleg tega smo v tem letu z objavo zaključili podobno raziskavo večelektronskih sovzbuditev v enoatomni jodovi pari, z analizo termične disociacije molekul I_2 pri temperaturah do $950 \text{ }^\circ\text{C}$ (J. Padežnik-Gomilšek et al., Phys. Rev. A 2009).

V okviru meritev opravljenih na žarkovni liniji ALOISA tržaškega sinhrotrona Elettra (Lab.CNR TASC/INFM) smo proučevali mehanizme medmolekulskega prepoznavanja in formiranja dvodimenzionalnih nanostruktur v ultratankih filmih L-metionina in L-tyrosina na substratih Ag, Cu in Au (A. Schiffrin et al., J. Phys. Chem. 2009). Pokazali smo, da raznolikost ionskega značaja aminokislinskih molekul, ki se manifestira na različnih substratih, omogoča specifične interakcije kratkega dosega pri medmolekulske prepoznavanju in samourejevanju v nanostrukturirane bioarhitekture. Nadalje smo proučevali femtosekundno dinamiko prenosa naboja na sistemu samoformiranih nanocevk $\alpha\text{-MnO}_2$. Z metodo rentgenske resonančne fotoemisije (P. Vilmercati et al., Surf. Sci. 2009) smo izmerili dinamiko elektronske delokalizacije na nizkoležečih elektronskih orbitalah (e_g & t_{2g} Mn $3d^*$) ter identificirali ultra hitre transportne kanale, ki pojasnujejo opažene prevodne lastnosti $\alpha\text{-MnO}_2$ nanocevk.

V sodelovanju z Laboratorijem za fiziko plazme prof. dr. Milana Čerčka z Odseka za reaktorsko fiziko (F8) smo izvajali spektroskopske meritve vodikove plazme z dvokanalnim optičnim spektrometrom, predvsem na območju Fulcherjevega pasu - pri prehodu nevtralne molekule vodika med stanji $d^3\Pi_u$ in $a^3\Sigma_g^+$. Pas je zelo izrazit pri vodikovi plazmi, iz porazdelitve intenzitet pa je možno določiti porazdelitev po vibracijskih stanjih v osnovnem elektronskem stanju molekule vodika. Da bi določili vpliv vibracijsko vročih molekul vodika, ki se tvorijo na površinah blizu plazme in vplivajo nanjo, smo izvršili začetno serijo meritev, pri kateri se je izkazala nujnost natančne kalibracije spektrometra. V okviru programa raziskujemo tudi vpliv manjših ogljikovodikov na vibracijsko porazdelitev vodikovih molekul. V letu 2008 smo naredili začetne raziskave z metanom (CH_4), v letu 2009 pa smo se posvetili predvsem preučevanju procesov z etanom (C_2H_6) in etenom (C_2H_4). Pri tem smo odkrili, da lahko vibracijsko vzbujene molekule vodika nastanejo tudi kot posledica interakcije teh ogljikovodikov z vročo površino volframa. Pričeli smo izvajati eksperimente, ki nam bodo pokazali, ali te molekule nastanejo s sekundarno rekombinacijo atomov vodika ob termični disociaciji molekul na površini ali pa pri nastanku neposredno sodelujejo molekule ogljikovodika. Objavili smo študijo vibracijskih ekscitacij molekul H_2 in D_2 , ki jih oddaja površina volframa pri obstreljevanju s stalnim tokom delno disociiranega vodikovega plina (I. Čadež et al., NIMB 2009).

Raziskovali smo lastnosti materialov z meritvami notranjih magnetnih in električnih hiperfinih polj z Mössbauerjevo spektroskopijo. Posebno pozornost smo namenili lastnostim magnetnih nanodelcev, katodnim materialom za litijeve baterije in multiferoičnim materialom. Večina naših raziskav je bila usmerjena na elektronske in strukturne lastnosti nanodelcev in na študij interakcije med njimi. Pri materialih za litijeve baterije smo pripravili in-situ Mössbauerjev eksperiment in sledili elektrokemične spremembe v materialu v odvisnosti od stanja baterije na različnih materialih (R. Dominko et al., J. Power Sources 2009, M. Nadherna et al., J. Electrochem. Soc. 2009, M. Kuzma et al., J. Electrochem. Soc. 2009). V multi-feroičnih materialih smo raziskovali naravno magnetne ureditve z Mössbauerjevo spektroskopijo v zunanjem magnetnem polju (R. Blinc et al., J. Appl. Phys. 2009).

V letu 2009 smo na ionskem pospeševalniku »tandatron«³ nadaljevali z intenzivnim delom na področju aplikacij visokoenergijskih ionskih žarkov. Vgradili smo litijev izmenjalni kanal na ionskem izvoru »duoplazmatron«, ki je omogočil tvorbo stabilnega ionskega mikrožarka ^3He . Z jedrsko reakcijo $^2\text{D}(^3\text{He}, p)^4\text{He}$ in fokusiranjem ionskega žarka smo omogočili izotopsko in krajevno selektivno detekcijo devterija v materialih, izpostavljenih devterijevi plazmi v fuizijskih reaktorjih. V sodelovanju s CEA, Cadarache, smo izmerili lateralne porazdelitve devterija v ogljikovih kompozitih tokamaka »Tore Suprak«. Delo je potekalo v okviru EU projekta EURATOM, EFDA in Slovenske fuizijske asociacije. Nadaljevali smo z razvojem merilnih tehnik z ionskimi žarki. Na postaji z visokoenergijskim ionskim žarkom smo razvili nov detekcijski sistem za ionsko presevalno mikroskopijo (ang. Scanning Transmission Ion Microscopy, STIM), ki omogoča detekcijo izgube energije ionov v visokotokovnem režimu sočasno z meritvami mikro-PIXE. V sodelovanju z delavnicami IJS smo konstruirali vakuumski kriostat za manipulacijo vzorcev bioloških tkiv v zamrznjenem stanju. Z metodo mikro-PIXE smo izvajali meritve elementnih zemljevidov v bioloških tkivih za raziskovalce z biomedicinskega področja. Nadaljevali smo z razvojem konfokalne spektroskopije PIXE, ki smo jo skupaj s sodelavci in z Inštituta Demokritos, Atene, in s Tehniške Univerze v Berlinu kot prvi na svetu uvedli v letu 2007 (M. Žitnik et al., X-Ray Spectrometry 2009, D. Sokaras et al., J. Anal. At. Spectrom. 2009). V letu 2009 smo začeli z izvajanjem projekta 7. OP EU SPIRIT, v katerega smo vključeni skupaj z 10

evropskimi laboratoriji z ionskimi pospeševalniki (www.spirit-ion.eu). Uvrščeni smo med sedem izbranih instalacij, ki nudijo mednarodni dostop raziskovalcev z evropskega raziskovalnega prostora. V letu 2009 so se tako odvil trije projekti mednarodnega dostopa s področja biologije rastlin, pri katerih smo tesno sodelovali z Laboratorijem za fiziologijo rastlin Biotehnične fakultete UL. S skupino dr. Roser Tolra z Avtonomne univerze v Barceloni smo merili vnos aluminija v rastline čajevca z metodo mikro-PIXE. V sodelovanju z Dr. Nathalie Verbruggen z Univerze v Bruslju smo preučevali mehanizme privzema bakra v rastlini *Haumaniastrum katangense*. Skupaj z Dr. Lyudmilo Lyubenovo iz Helmholtzovega centra v Minnhu smo merili privzem težkih kovin v rastlino *Typha latifolia*.

Po zanimivih rezultatih pri vzorčenju zraka v notranjih prostorih v dveh različnih delovnih okoljih (Laboratorij za keramiko ter tipična mehanska delavnica), ki smo jih dosegli v sodelovanju z japonskimi raziskovalci (S. Matsuyama et al., Int. J. PIXE 2008), smo se na področju raziskav aerosolov v letu 2009 ukvarjali s podrobnejšim časovnim vzorčenjem delcev PM10 ter ostalih parametrov v zunanjem zraku.

V letu 2009 smo bili vključeni tudi v raziskavo, ki kaže potencial digitalnega procesiranja spektroskopskih pulzov pri odpravljanju negotovosti zaradi kopičenja sunkov (M. Vencelj et al., NIMA 2009). Na primeru razpada Cs¹³⁷, ki smo ga opazovali z detektorjem iz scintilatorja NaI ter fotopomnoževalke, se je pokazalo, da metoda učinkovito deluje še pri števnih hitrostih 1 M sunek na sekundo.

5. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁶

Na področju visokoločljive rentgenske spektroskopije smo v letu 2009 obdržali stik z raziskovalno infrastrukturo v tujini. Naš domači visokoločljivi spektrometer ostaja pomemben kos opreme na žarkovni liniji ID26 na ESRF. Tako smo v letu 2009 ustvarili povezavo s skupino francoskih raziskovalcev, ki nam nudijo podporo pri modeliranju serije visokoločljivih rentgenskih emisijskih spektrov za majhne molekule s Cl in/ali S. Kaže se povečan interes za uporabo spektrometra na Mikroanalitskem centru (MIC), predvsem je to naša pomembna ponudba instrumentacije potencialnim uporabnikom evropske povezave SPIRIT. Pomembna je tudi postaja z ionskim mikrožarkom, kjer smo v letu 2009 doživeli razmah raziskav bioloških vzorcev. V letu 2009 smo napredovali tudi pri postavitvi lastne konfokalne metode za 3D mapiranje vzorcev, ki prav tako predstavlja našo specifično ponudbo v povezavi SPIRIT, kjer je trenutno je povpraševanje (pa tudi realizacija) projektov na MIC nad našimi pričakovanji. V letu 2009 smo tudi izpopolnili metodo za izotopsko in krajevno ločljivo mapiranje H2 in D2. To je pomemben dosežek, ki pomeni vzpodbudo za naš obstoječi projekt v povezavi EUROATOM. Naša skupina za absorpcijsko spektrometrijo tudi v letu 2009 doživeli razmah raziskav (EXAFS, XANES) za domače in tuje uporabnike, katerim omogoča dostop do merilnega časa na sinhrotronih Elettra, Desy in ESRF, prav tako pa so uspešno izvedli nekaj meritev v zvezi s fundamentalno znanostjo na redkih "atomarnih" tarčah. S svojo ekspertizo je skupina v zadnjem času pomemben partner za raziskovalce na žarkovni liniji XAFS na sinhrotronu Elettra. Naš kolega, ki se edini pri nas ukvarja z Moessbauerjevo spektroskopijo, je pomembno prispeval pri karakterizaciji novih materialov za baterije ter novih feroelektrikov. Spektroskopija vibracijskih stanj vodika še zmerom odkriva zanimive raziskovalne problematike - lani je bila to evidenca o interakciji enostavnih ogljikovodikov s segretimi površinami. Uspešno je bilo tudi naše sodelovanje na žarkovni liniji ALOISA na Elettri, kjer smo s njihovimi domačimi raziskovalci nadaljevali s preučevanjem organskih molekul na kovinskih podlagah. Na nivoju osnovne fizike smo se po prvih meritvah resonančnega Augerjevega pojava pri vzbujanju z elektroni resno posvetili modeliranju tega procesa. V zadnjem času se poglobljeno ukvarjamo z modeliranjem večfotonskih procesov. Upamo, da se bomo udeležili tudi kakšnega poskusa, ko bo Slovenija članica XFEL v Hamburgu. Na področju razvoja naprednih meritev aerosolov nas je v letu 2009 zanimala problematika kvalitete zraka v notranjih prostorih.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa⁷

--

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁸

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	SLO "Separacija dvoelektronskih atomskih fotovzbuditev v bližini praga za ionizacijo notranje vrzeli".
		ANG "Separation of two-electron photoexcited atomic processes near the inner-shell threshold".
	Opis	SLO Z metodo visokoločljive spektroskopije neelastično sipanih rentgenskih žarkov smo prvič neposredno ločili različne tipe dvoelektronskih sovzbuditev v bližini praga za ionizacijo notranje lupine. Satelitske spektralne prispevke, ki izvirajo iz Ar KM-M2,3M shakeoff, shakeup in resonančnih 1s3p dvojnih vzbuditev smo izolirali na podlagi karakteristične energijske odvisnosti od vpadne energije fotonov na območju od praga za dvojne sovzbuditve do nasičenja. Pri uveljavljeni metodi s fotoabsorpcijo so omenjeni prispevki naloženi drug na drugega in jih je mogoče zgolj približno ločiti.
		ANG By means of a high resolution resonant inelastic x-ray scattering spectroscopy, we have for the first time separated spectral features pertaining to different two-electron atomic processes in the vicinity of an innershell threshold. Contributions of double excitations were extracted from the Ar KM-M2,3M x-ray satellite line intensity measured as a function of photon energy from 1s3p double excitation threshold to saturation. The isolated [1s3p]nln'l' excitation spectrum is critically compared to the outcome of the multiconfiguration Dirac-Fock model with relaxation.
	Objavljeno v	Physical Review Letters, 2009, vol. 102, no. 14, str. 143001-1-143001-4. (Predstavljeno tudi v ESRF Highlights 2009).
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	22543143	
2.	Naslov	SLO "Teorija večfotonske multielektronske ionizacije ksenona v močnem sevalnem polju z energijo 93 eV": M.G. Makris, P. Lambropoulos, A. Mihelič
		ANG "Theory of multiphoton multielectron ionization of xenon under strong 93-eV radiation": M.G. Makris, P. Lambropoulos, A. Mihelič
	Opis	SLO Predstavili smo teoretično interpretacijo novih eksperimentalnih podatkov o večfotonski večkratni ionizaciji ksenona z VUV fotoni energije 93 eV ter intenzitete do 10 ¹⁶ W/cm ² .

		Meritve smo pojasnili v okviru večfotonske teorije perturbacije, pri čemer smo upoštevali specifično časovno-prostorsko dimenzijo vpadnih pulzov svetlobe.
	ANG	We present a theoretical interpretation of recent experimental results on multiphoton multiple ionization of xenon by soft-x-ray radiation of photon energy 93 eV and intensity up to 10^{16} W/cm ² . The data are interpreted within multiphoton perturbation theory, taking into account the spatiotemporal distribution of the radiation.
	Objavljeno v	Physical Review Letters., 2009, vol. 102, no. 3, str. 033002-1-033002-4.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22642471
3.	Naslov	SLO "Fotonska vzbuditev metastabilnih 1S in 3S atomov v dvojno vzbujena stanja helija". ANG "Excitation of 1S and 3S metastable helium atoms to doubly excited states".
	Opis	SLO Prvič predstavimo spektre tripletnih ter singletnih metastabilnih atomov helija, ki jih s fotoni resonantno ekscitiramo v dvojno vzbujena stanja. Opazili smo najnižje ležeče člane treh dipolno dovoljenih $1,3^{\circ}P^{\circ}$ zaporedij ter določili njihove relativne sipalne preseke za fotoionizacijo obeh, tripletne (iz $1s2s\ 3^{\circ}S^{\circ}$) in singletne (iz $1s2s\ 1^{\circ}S^{\circ}$) skupine stanj. ANG We present spectra of triplet and singlet metastable helium atoms resonantly photoexcited to doubly excited states. The first members of three dipole-allowed $1,3^{\circ}P^{\circ}$ series have been observed and their relative photoionization cross sections determined, both in the triplet (from $1s2s\ 3^{\circ}S^{\circ}$) and singlet (from $1s2s\ 1^{\circ}S^{\circ}$) manifolds.
	Objavljeno v	Physical Review Letters, 2009, vol. 102, no. 15, str. 153001-1-153001-4.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22560039
4.	Naslov	SLO "Kvantitativna analiza konfokalne metode mikro-PIXE; splošni koncept za plastovite vzorce". ANG "Quantitative analysis in confocal micro-PIXE—general concept and layered materials".
	Opis	SLO V delu predstavimo teoretični model, ki opisuje odvisnost intenzitete emisijskih spektrov v odvisnosti od konfokalne geometrije za plastovite vzorce ali bolj splošno za vzorce, kjer so koncentracijski gradienti elementov usmerjeni pravokotno na ravno površino. S simulacijo PIXE preučujemo vpliv raznih eksperimentalnih parametrov na pričakovano odvisnost emisijskega pridelka: energija vpadnega žarka, prostorska ločljivost rentgenske optike ter ionskega mikrožarka, odvisnost od vpadnega in emisijskega kota, vključimo pa tudi vpliv strukturnih parametrov. ANG The aim of this work is to present a theoretical model that describes the micro-PIXE intensities in confocal geometry in the case of either layered structured materials or materials composed of major-minor elements exhibiting concentration gradients within depth. The influence of various experimental parameters such as the beam energy, spatial resolution of the X-ray lens, micro-beam dimensions, irradiation and detection angles, as well as the structure (thickness, composition) of the individual layers that compose the analyzed sample, is investigated by means of simulations.
	Objavljeno v	J. Anal. At. Spectrom., 2009, vol. 24, no. 5, str. 611-621
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22579495
5.	Naslov	SLO "X-ray absorpcija atomarnega joda na območju robu K". ANG "X-ray absorption in atomic iodine in the K-edge region".
	Opis	SLO Določili smo absorpcijski koeficient jodovih atomov za rentgensko svetlobo v okolici robu K, tako da smo opazovali absorpcijo jodovih par pri temperaturah do 1000 °C, kjer je velik delež molekul joda disociiran. Atomske signal dobimo kot linearno kombinacijo absorpcijskega spektra izmerjenega pri najvišji temperaturi ter pri dveh različnih parnih tlakih joda, pri čemer smo uteži kombinacije določili iz EXAFS analize molekulskega signala. V okolici roba K opazimo odprtje različnih fotoekscitacijskih kanalov ter spektralne strukture, ki so posledica vecelektronskih vzbuditev. ANG X-ray atomic absorption of iodine in the energy region of the K edge is determined from the absorption of iodine vapor at temperatures up to 1000 °C with appreciable dissociation of the molecular species. The atomic signal is obtained as a linear combination of the highest-temperature absorption spectra at two vapor densities; the coefficients of the combination are determined from extended x-ray absorption fine structure (EXAFS) analysis of the molecular signal.
	Objavljeno v	Physical Review A, 2009, vol. 79, no. 3, str. 032514-1-032514-7.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	1075195

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁹

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	SLO "Huminske kisline podpirajo trajno prisotnost 6-valentnega kroma v prsti". ANG "Soil humic acids may favour the persistence of hexavalent chromium in soil".
	Opis	SLO Študirali interakcijo med 6-valentnim kromom Cr(VI) v K ₂ CrO ₄ , raztopljenim v standardni huminski kislini (HAs). Meritve so pokazale, da HAs ni privedel do redukcije kroma v 3-valentno stanje - interakcija je privedla do nastanka skupkov Cr(VI)-HAs preko supramolekularnih

		procesov. Ti rezultati nakazujejo vzroke za relativno stabilnost ekotoksičnega 6-valentnega kroma v prsti.
	ANG	The interaction between hexavalent chromium Cr(VI), as K ₂ CrO ₄ , and standard humic acids (HAs) in bulk solution was studied. The observed UV-Vis and X-ray absorption spectra showed that, under our experimental conditions, HAs did not induce reduction of Cr(VI) to its trivalent chemical form. The interaction between Cr(VI) and HAs has rather led to the formation of Cr(VI)-HAs micelles via supramolecular chemical processes. The reported results could contribute towards explaining the relative persistence of ecotoxic hexavalent chromium in soils.
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
Objavljeno v	Environ. pollut. (1987). [Print ed.], jun. 2009, vol. 157, no. 6, str. 1862-1866 ter povzetek v HASYLAB Highlights 2009	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	1068539	
2.	Naslov	SLO SPIRIT - "Podpora javnim in industrijskim raziskavam s tehnologijo ionskih žarkov" (www.spirit-ion.eu)
	ANG	SPIRIT - Support of Public and Industrial Research using Ion Beam Technology.
	Opis	SLO Uspešen začetek našega sodelovanja v evropski povezavi ionskih pospeševalnikov. JSI z Mikroanalitskim Centrom, kjer člani programa vodijo delo s pospeševalnikom Tandetron, se je uvrstil med 7 laboratorijev v povezavi SPIRIT (skupaj s SUR (Anglija), CEA (Francija), CENBG (Francija), KUL (Belgija), FZD (Nemčija), UBW (Nemčija)), ki sprejemajo eksperimente z transnacionalnim dostopom (naše specialne tehnike: visokoločljiva rentgenska spektrometrija z ionskimi žarki ter konfokalna metoda PIXE - glej referenco).
	ANG	Our successful start in EU network of ion beam accelerators SPIRIT. JSI with MIC, where the programme members run ion beam accelerator Tandetron has become one of 7 Laboratories across EU (with SUR (UK), CEA (France), CENBG (France), KUL (Belgium), FZD (Germany), UBW (Germany)) which offer a transnational access with our two specialties: high resolution x-ray spectroscopy and confocal PIXE (look at the reference). Other members of the network are UPMC (France), ETHZ (Switzerland), RBI (Croatia) and ITN Lisbon (Portugal). More info on www.spirit-ion.eu
Šifra	D.08 Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela	
Objavljeno v	X-ray Spectrometry., 2009, vol. 38, no. 6, str. 526-539.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	23149607	
3.	Naslov	SLO "Analiza odnašanja prahu iz deponije premoga v Luki Koper"
	ANG	"An analysis of fugitive dust emission from coal stockpile in the Port of Koper"
	Opis	SLO Na EET v Luki Koper vsako leto preložijo okrog šest milijonov ton premoga. Za zanesljivo oceno količine in sestave prahu, ki ga oddaja uskladiščen material pri različnih vremenskih pogojih, je potrebno karakterizirati osnovni proces prašenja. V tem delu poročamo o količini odnešenega materiala in koncentraciji prahu, ki ga odda testna površina pri različnih lokalnih hitrostih vetra v odvisnosti od vrste materiala, njegove granulacije in navlaženosti. Ti podatki tvorijo osnovo za simulacijo odnašanja prahu iz realne deponije ter mogočajo postavitev učinkovitih strategij močenja.
	ANG	At EET at the Port of Koper a dust arises through activities such as loading, unloading, storage and transport of the six million tonnes of coal each year. To estimate reliably the quantity and composition of dust emitted by stored material upon different wind conditions, a characterisation of the basic dusting processes is required. We measured quantity of the material lost and concentration of dust emitted by prepared surface at different local wind velocities as a function of material type, granule size and moisture.
Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
Objavljeno v	TOPIČ, Nebojša. An analysis of fugitive dust emission from coal stockpile in the Port of Koper : master thesis = Analiza odnašanja praha iz deponije premoga v Luki Koper : magistrsko delo. Ljubljana: [N. Topič], 2009. IX, 59 str., ilustr. (barv.). : Mednarodna Podiplomska Šola Jožefa Stefana.	
Tipologija	2.09 Magistrsko delo	
COBISS.SI-ID	22864935	
4.	Naslov	SLO "Študij elektronske strukture žvepla z rentgensko absorpcijo ter emisijsko spektroskopijo"
	ANG	"Electronic structure of sulfur studied by X-ray absorption and emission spectroscopy"
	Opis	SLO Poročamo o eksperimentalni ter teoretični študiji različnih mineralov, ki vsebujejo žveplo. Izmerili smo njihove absorpcijske ter emisijske spektre rentgenske ter jih primerjali z ab initio kvantnimi računi. Modelsko zasedbo žveplovih orbital s pripadajočimi valenčnimi vezmi smo povezali s pozicijo spektralne črte Ka. Pokažemo, da je mogoče merjenje premika ter oblike emisijske spektralne črte žvepla uporabiti za kvantitativno določanje vrste ter razmerja med najrazličnimi žveplovimi spojinami v heterogenih vzorcih.
	ANG	An X-ray spectroscopy and theoretical study of the chemical state of several sulfur bearing minerals was performed. X-ray absorption and high-resolution Ka X-ray emission spectra were recorded and compared to ab initio quantum chemical calculations. An analysis of the theoretical sulfur orbital population and valence bond is in agreement with the fluorescence energy position of the Ka lines. It is shown that the Ka energy shifts can be used for a quantitative determination of the proportion of different sulfur species in heterogeneous samples.
	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	

	Šifra	
	Objavljeno v	Anal. Chem. (Wash.). [Print ed.], 2009, vol. 81, no. 15, str. 6516-6525. (Predstavljeno tudi v ESRF Highlights 2009).
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22809639
5.	Naslov	SLO "Uporaba totalnega odboja rentgenskih žarkov v kombinaciji s kemometričnimi metodami za določanje botaničnega izvora slovenskega medu"
		ANG "Application of total reflection X-ray spectrometry in combination with chemometric methods for determination of botanical origin of Slovenian honey"
Opis	SLO Slovenija je majhna po površini vendar podlošk ter klimatsko aznolika dežela in zato ponuja izvrstno možnost študija teh raznolikosti na elementno sestavo naravnih produktov. Z metodami statistične analize (PCA, RDA) pokažemo, da zadoščajo 4 katarakteristični elementi, Cl, K, Mn in Rb da ločimo med seboj različne vrste medu. Ugotovili smo, da je kombinacijo multielementne TXRF ter kemometrične metode mogoče relativno hitro, preprosto in poceni uporabiti za preučevanje botaničnega izvira raznih vrst medu.	
	ANG By employing statistical methods it was established that from all of the measured elements only the four characteristic key elements Cl, K, Mn, and Rb could be used to best discriminate the types of honey. It was established that the employed combination of a simple, fast, and inexpensive multielement TXRF analytical approach and the evaluation of data by chemometric methods has the potential to discriminate the botanical origins of various types of honey.	
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v	J. Agric. Food Chem., 2009, vol. 57, no. 10, str. 4409-4414
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22578215

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine¹⁰

V letu 2009 s kompetitivno napisanimi projekti izborili okrog 1920 ur merilnega časa na evropskih sinhrotronih. Čeprav se merilni čas na večini sinhrotronov financira z denarjem EU (razen sinhrotrona ESRF), trenutno ARRS žal nima mehanizma, da bi kvantitativno vrednotil tako pridobljen (in porabljen) denar EU. Topogledno je situacija za Slovenijo še bolj ugodna na sinhrotronu ESRF: delovanje sinhrotrona ESRF vzdržujejo države članice (Slovenija ni članica ESRF in torej niti plačnica), tako da gre pri vsakem našem uspešnem predlogu na ESRF za pridobivanje dodatnega denarja za raziskave slovenskih znanstvenikov. Znano je, da stane ura žarka v takih centrih okrog 200 EUR, tako da smo v letu 2009 kot predlagatelji (ali sopredlagatelji) in izvajalci (ali soizvajalci) pridobili za okrog 380.000 EUR žarkovnega časa, od tega 384 ur oziroma 76.000 EUR na sinhrotronu ESRF. Upamo, da se bo v prihodnosti uradni pogled ustavil na tej anomaliji in bodo tudi takšni uspehi primerno vrednoteni, če že mislimo pošteno s sistemom finančnih vzpodbud.

Še eno pojasnilo smo dolžni bralcu tega poročila - tiče se točke 12., pri kateri naš program izkazuje ničlen rezultat. Narava našega dela je taka, da izvajamo razmeroma kratke poskuse in zato gostimo tuje raziskovalce tipično le nekaj dni. Da bo slika o gostovanju bolj verodostojna ARRS predlagamo, da se pod to točko zahteva bolj natančne podatke in upošteva tudi krajše obiske.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov¹¹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	1	
- doktorati		
- specializacije		
Skupaj:	1	0

11. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi			
- gospodarstvo			
- javna uprava			
- drugo		1	
Skupaj:	0	1	0

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

--	--

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	0

13. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2009¹²

Vključenost v raziskovalne programe EU:

- SPIRIT - Support of Public and Industrial Research using Ion Beam Technology,
- Application of Ion Beam Analytical Methods to the Studies of Plasma Wall Interaction in tokamaks 1.4.3.- FU,
- Application of Ion Beam Analytical Methods to the Studies of PWI - Mobility 1.4.3. - FU,
- Distribution of retained Deuterium accessed by Micro-NRA, WP-10-PWI-01-02/MHEST/PS-b
- Processes with Neutral Hydrogen Atoms and Molecules, 1.4.1. - FU,
- H2-D2 Molecule Wall Interaction - Mobility, 1.4.1. - FU
- Fusion Expo Activities under an EFDA, Fusion Expo

Spodaj so naštetih projekti na sinhrotronih, pri katerih so predlagatelji ali sopedlagatelji člani raziskovalnega programa P1-0112 in so bili izvedeni v letu 2009. Žarkovni čas financira EU ali države članice (velja le za ESRF):

- ELETTRA v Trstu (žarkovna postaja XAFS), In situ XAS studies of high energy density cathode materials for Li-ion batteries (20085196), 2.4. do 7.4. 2009,
- ESRF, Grenoble, HD 370 "Atomic x-ray absorption in Ba and Sr", 23. 6. do 30. 6. 2009,
- HASYLAB, DESY v Hamburgu (žarkovne linije A1 in C), II-20080058 EC "XAS analysis of transition metals in lead-free piezoelectric thin films and in catalysts based on porous silicates", 13. 5 do 20. 5. 2009,
- ELETTRA v Trstu (žarkovna postaja XAFS), Multielectron photoexcitations in noble gases Xe and Ar (posebno povabilo na "in house" merilni čas), 14. 9. do 18. 9. 2009,
- HASYLAB, DESY v Hamburgu (žarkovne linije A1 in C), II-20080058 EC "XAS analysis of transition metals in lead-free piezoelectric thin films and in catalysts based on porous silicates", 19. 10 do 26. 10. 2009
- ELETTRA (Nanospectroscopy), Electronic structure of graphene single layer (20085306), 2.2.2009, 15 x 8 ur,
- ELETTRA (ALOISA), Cysteamine mediated charge transport at organo-metallic interfaces (20085385), 12.1.2009, 15 x 8 ur,
- ELETTRA (ALOISA), Local Structure of Cobalt-Tetraphenylporphyrin on Ag(111) and Au(111) surfaces (20085221), 9.2.2009, 20 x 8 ur,
- ELETTRA (ALOISA), Structural and chemical transformation of L-methionine biomolecular self-assembly, (20085345), 12.5.2009, 15 x 8 ur,
- ELETTRA (ALOISA), Understanding of 4,4'-Diamino-azo-benzene on Gold: Looking for the Evidence of a Fano Resonance (20085048), 23.6.2009, 18 x 8 ur,
- ELETTRA (ALOISA), Comparison of Pyridine and Amine Binding to Au Surfaces (20090091), 28.7.2009, 18 x 8 ur,
- ESRF v Grenoblu (ID21), Two-electron one-photon x-ray transitions in Al and Si following double K-shell photoionization (HE-3194), 20.10.2009, 12 x 8 ur,
- ESRF v Grenoblu (ID26), RIXS and XES studies of isolated atoms, molecules, and novel (nano)materials in the intermediate x-ray energy range (HE-3098), 28.9.2009, 18 x 8 ur,
- ELETTRA (GasPhase Photoemission), Helium metastable quenching (20090382), 14.9.2009, 21 x 8 ur,

Spodaj so naštetih nosilci TNA projektov, na osnovi katerih so tuji raziskovalci v letu 2009 izvajali meritve z ionskimi žarki v Mikroanalitskem centru (MIC) v okviru EU povezave SPIRIT:

- MIC (Ion microbeam), Prof. Charlotte Poschenrieder, Bioscience Faculty, Autonomous University of Barcelona, PIXE localization of aluminium in tea (TNA001), maj 2009, 40 ur,
- MIC (Ion microbeam), Prof. Nathalie Verbruggen, Department de Biologie Vegetale, Universite Libre de Bruxelles, Micro-PIXE Analysis of Haumaniastrum katangense and Nicotiana plumbaginifolia (TNA002), 27. - 29. 07.2009, 30 ur,
- MIC (Ion microbeam), Prof. Flavia Navari Izzo, University of Pisa, Italy, Micro-PIXE Analysis of Brassica carinata (TNA005), 27. - 29. 07.2009,
- MIC (Ion microbeam), Prof. Peter Schröder, Helmholtz Zentrum München, Abteilung Mikrogen-Pflanzen Interaktionen Localization and quantification of cadmium and lead in Typha latifolia plants. Effects of individual and mixed pollution (TNA008), 10. - 14. 08.2009, 30 ur.

COST Action CM0702 "Chemistry with Ultrashort Pulses and Free-Electron Lasers: Looking for Control Strategies Through Exact Computations" (CUSPFEL):

- 1) Short-term scientific mission (STSM): 1. 2. - 30. 4. 2009 (dr. A. Mhelič).
- 2) Workshop, Dresden, Nemcija (23. - 27. 11. 2009): "Ultra-fast dynamics in finite atomic and molecular systems probed with novel light sources" (dr. Andrej Mihelič).

Mednarodni bilateralni projekti:

- BI-AL/08-09-003 "Optimizacija prenosnega rentgensko fluorescenčnega analizatorja...", Slovenija-Albanija (dr. Peter Kump).
- BI-RS/08-09-028 "Fragmentacija organskih molekul...", Slovenija-Srbija (dr. Iztok Čadež).
- BI-JPN/07-09-02 "Uporaba protonskega mikrožarka...", Slovenija-Japonska (doc.dr. Primož Pelicon).

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2009 potekali izven financiranja ARRS¹³

- 1) Primorski Institut za Naravoslovne in Tehnične vede (UP-PINT). Analiza aerosolnih vzorcev po pogodbi (U1-BL-F2-58/09).
- 2) Instrumentation Technologies, Solkan. Sodelovanje pri razvoju digitalnega procesiranja elektronskih signalov iz polvodniških detektorjev (U1-BL-F2-75/08).
- 3) Industrijske raziskave za firmo Pankl Engine Systems GmbH & Co. KG (0854343-2, 0950981-2).

15. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanje v projektih okvirnih programov EU) v letu 2009¹⁴

Sofinancerska sredstva, namenjena programu P1-0112 je v celoti dobil Institut "Jožef Stefan", ker so bila ta sredstva pridobljena na osnovi njihovega aktivnega vključevanja v okvirne programe EU. Sredstva smo porabili za dejavnosti, ki potekajo na naših projektih povezanih z mednarodnim sodelovanjem in za izboljšanje naše raziskovalne infrastrukture - posebej za izdelavo zasnovne in delov kriotata na eksperimentalni postaji z ionskim žarkom, za izdelavo mehanizma za premikanje tarč v visokoločljivem rentgenskem spektrometru in izdelavo grelnega mehanizma na spektrometru za vibracijsko ekscitirana stanja molekul vodika.

16. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi povečane raziskovalne aktivnosti v Republiki Sloveniji in EU v letu 2009¹⁵

Pridobljena sredstva smo porabili tako, da smo dodatnih 241 ur v letu 2009 razporedili med tiste raziskovalce na Institutu "Jožef Stefan", ki jih potrebujemo za izvajanje raziskav, pa se dosedaj zaradi premajhne pokritosti vanje niso mogli vključiti v zadostni meri.

17. Opisno poročilo o porabi sredstev, pridobljenih na podlagi dodatnega letnega sofinanciranja zaradi sodelovanja v pedagoškem procesu v letu 2009¹⁶

Tovrstna sredstva programa so se v letu 2009 delila med Institut "Jožef Stefan" (IJS) ter Fakulteto za Matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani (FMF).

Na IJS smo pedagoška sredstva namenili za aktivnosti v zvezi z organizacijo in vodenjem študentskih projektov kot so seminarji, diplomske raziskave, študentsko delo ter s tem povezano delo zunanjih sodelavcev.

Na FMF smo pedagoška sredstva namenili za financiranje dopolnilne in pogodbene pedagoške zaposlitve članov raziskovalnega programa ter za drobne materialne stroške in potne stroške tistih zaposlenih na FMF, ki delajo na raziskavah programa P1-0112.

18. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi¹⁷

Glede na to, da delovanje programa v veliki meri temelji na večji domači in tuji raziskovalni infrastrukturi, kjer se uporabljajo specifične metode, je težko govoriti o tehnološki zrelosti, ki implicira samozadostnost in lastno kontrolo proizvodnje. Možnosti, ki jih vseeno vidimo, so v glavnem povezane z raziskavami na ionskem pospeševalniku. Poleg specialnih tehnik, ki jih tu gojimo (rentgenska spektrometrija), bi bilo mogoče z dodatnim vložkom nadaljevati z razvojem izdelave mikrostruktur z ionskim mikrožarkom (micromachining) - problematika, za katero smo nekatere od možnosti raziskali v okviru doktorske naloge našega kolega, z njegovim odhodom pa se je projekt žal moral zaustaviti. Drugo resno možnost vidimo v izdelavi prenosnih rentgenskih analizatorjev, ki bi jih bilo mogoče uporabljati za raznovrstne namene (recimo sortiranje odpadnih kovin, hitre in-situ analize prsti, merjenje sestave prašnih delcev v zraku). Tu imamo na voljo vsoto potrebno ekspertizo. Tretja možnost je uporaba našega detektorskega poola za razvoj digitalnega procesiranja, vendar na tem področju zaradi pomanjkanja specialnih znanj mi zaenkrat ne moremo prevzeti nosilne vloge.

Možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Potrební finančni vložek	<input type="text"/>
Ocena potrebne infrastrukture in opreme¹⁸	Dostop do opreme Mikroanalitskega Centra.

Matjaž Žitnik		Institut "Jožef Stefan"

Kraj in datum:

**ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU
RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2008**

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-7096
Naslov projekta	Razvoj nove dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au
Vodja projekta	1375 Janez Kramberger
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	2.040
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	01.2006 - 12.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1555 Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
Družbeno-ekonomski cilj	07 Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	Zlatarna Celje d.d., Celje
	Naslov	Kersnikova 19, 3000 Celje
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

1. Za eksperimentalna testiranja izdelave nove dentalne zlitine v Zlatarni Celje je bila izbrana kemijska sestava z okoli 87 m.% Au, 11 m.% Pt, z 1 m.% Zn ter z 1 m.% vsebnostjo različnih mikro-legirnih elementov (Ir, In, Rh, idr.), brez Pd, Ag in Cu. Nova dentalna zlitina z visoko vsebnostjo Au temelji na ternarnem sistemu Au-Pt-Zn. Utrjevanje te zlitine lahko pripišemo postopku homogenizacije mikrostrukture in pravilni izbiri legirnih elementov, ki v nadaljevanju na ustrezni temperaturi žarjenja precipitirajo v fine delčke in predstavljajo ovire pri drsenju dislokacij. Rezultati raziskav so pokazali, da je odlite zobne nadomestke potrebno toplotno obdelati, saj na ta način izboljšamo procesne lastnosti zlitine med nadaljnjim postopkom zapeke keramike v zobnem laboratoriju.

2. Pretaljevanje komponent je bilo izvedeno v novi vakuumski peči (v Zlatarni Celje) ($p =$

10^{-2} mbar in pri $T = 1300^{\circ}\text{C}$), pri čemer je odlivanje staljene zlitine potekalo pri nadtlaku argona 1,03 bar v kovinsko kokilo s premerom 8 mm. Temu je sledila naknadna termomehanska obdelava odlitka (postopki profilnega in polirnega valjanja, toplotna obdelava) in razrez dobljenega traku, s čimer smo dentalno zlitino oblikovali v predpisano obliko (ploščice z debelino 2 mm). Pri ulitih predoblikah s $f = 16$ mm iz Au dentalne zlitine je bilo v prvi stopnji potrebno izvajati profilno valjanje na valjalnem stroju. To profilno valjanje se izvaja s koraki 0.25-0.3 mm do žice premera 5.3 mm. Temu sledi razrez žice na dolžino 500 mm. Zaradi nastalih visokih notranjih napetosti in previsoke utrditve žice iz Au dentalne zlitine je bilo potrebno izvesti vmesno rekristalizacijsko izotermno žarjenje v pretočni peči pri temperaturi 1093 K, s hitrostjo pretoka 200 mm/min v zaščitni atmosferi ($\text{H}_2:\text{N}_2=80:20$). Po končanem žarjenju smo pustili žico ohlajati počasi na zraku do sobne temperature. Pred nadaljnjo termo-mehansko obdelavo je bilo potrebno žico še očistiti. Od te dimenzije kvadratnega profila naprej je potrebno izvajati ploščato valjanje na valjalni napravi. To ploščato valjanje se izvaja iz premera 5.3 mm s koraki 0.2 mm v trak debeline 2.8 mm. Zaradi ponovnega nastanka visokih notranjih napetosti in previsoke utrditve traku iz Au dentalne zlitine je potrebno izvesti ponovno vmesno rekristalizacijsko izotermno žarjenje trakov v pretočni peči pri temperaturi 1093 K s hitrostjo pretoka 200 mm/min v zaščitni atmosferi ($\text{H}_2:\text{N}_2=80:20$). Po končanem žarjenju smo pustili trakove ohlajati počasi na zraku do sobne temperature. Pred nadaljnjo termo-mehansko obdelavo je bilo potrebno trakove še očistiti, kar predstavlja izpiranje in krtačenje odlitkov z mešanico vode in detergenta ter končno sušenje s komprimiranim zrakom. Temu je sledilo ploščato valjanje trakov z $d = 2.8$ mm v trak z $d = 1.8$ mm in širino 7 mm s koraki 0.25 mm. Zaključni postopek preoblikovanja predstavlja polirno valjanje. Valjamo na valjalni napravi, ki ima polirna delovna valja s premerom okoli 120 mm in katerih trdota mora primerjalno ustrezati trdoti karbidne trdnine (1000 HV). To zahtevo je v tej stopnji preoblikovanja potrebno upoštevati zato, da ne bi med postopkom valjanja zaradi nezadostno trdih valjev prišlo do nastanka velike hrapavosti valjanca iz Au dentalne zlitine. Postopek valjanja poteka z dvema korakoma $d = 0.2$ mm v trak z debelino 1.40 mm (+0,05/-0) in širino 7 mm. Po končanem valjanju trakove iz dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au razrežemo s pomočjo obojestranskih škarij na ploščice: $7\text{mm} (\pm 0,3) \times 7\text{mm} (\pm 0,3) \times 7\text{mm} (\pm 0,3)$.

Rezultat: Izdelan tehnološki list in shema izdelave nove Au dentalne zlitine- prijava patenta.

3. Testiranje lastnosti nove Au dentalne zlitine je vključevalo testiranje izhodnega stanja zlitine, t.i. stanja poboljšanje in »mehkega« stanja nove zlitine. Meritve trdot smo naredili po standardu 6507-1:1998. Povprečna vrednost dobljenih rezultatov meritev trdot HV5 znaša: (i) za izhodno stanje 170, (ii) za mehko stanje 160 in (iii) za poboljšano stanje 210. Za določitev mehanskih lastnosti je bil uporabljen statični natezni preizkus, pogoji preizkusa kakor tudi oblika in dimenzije natezних epruvet so bili skladni s predpisanim standardom SIST EN 1562:2000 (poglavje 6.2). Izmerjene vrednosti meje tečenja so: izhodno stanje: $630 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, poboljšano $[710 \text{ N/mm}^2]$ in mehko stanje $620 \text{ [N/mm}^2\text{]}$; natezna trdnost: izhodno stanje $710 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, poboljšano $[830 \text{ N/mm}^2]$ in mehko stanje $[700 \text{ N/mm}^2]$ ter vrednosti raztezka ob porušitvi: 9 [%] izhodno stanje, 8 [%] poboljšano in 12 [%] za mehko stanje. Vsi rezultati kažejo, da nova Au dentalna zlitina ustreza predpisanim zahtevam standarda glede mehanskih lastnosti in trdote. Povprečna vrednost dobljenih izmerjenih rezultatov koeficienta temperaturnega raztezanja je okoli $14,55 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. V nadaljevanju smo novo dentalno zlitino z visoko vsebnostjo Au preiskali s postopki rentgenske strukturne analize. Pri tem je bilo uporabljeno rentgensko karakteristično obsevanje K_{α} - sevanje anodnega materiala. Rentgensko uklonsko sliko smo diagramsko registrirali z gostoto impulzov v uklonskem kotu (difraktometrijski postopek). Pri tej metodi je pomembno, da lahko celotno število možnih uklonskih maksimumov od v vzorcu prisotnih mikrostrukturnih sestavin oziroma faz zajamemo le v primeru, ko so vse prostorsko presevalne smeri pri dani kristalni mreži obsevane z monokromatsko rentgensko svetlobo. To pomeni, da morajo imeti posamezni kristaliti v vzorcu neurejeno naključno usmeritev. V našem primeru smo za analizo faz uporabili detektorje intenzitete uklona v odvisnosti od kota 2θ . Pri tem je nastal uklonski diagram oz. difraktogram, v katerem je registrirana gostota impulzov kot funkcija

uklonskega kota 2θ . Vrhovi (piki) na difraktogramu ustrezajo refleksom mrežnih ravnin vzorca, ki so vzporedne njegovi raziskovalni površini, od katere prihajajo informacije z interferenčnimi pojavi, nastalimi s selektivnim odbojem rentgenskih žarkov od ustreznih mrežnih ravnin.

V zaključni fazi smo določili še lastnosti nove dentalne zlitine v odvisnosti od temperature. Le-te smo ovrednotili s skupino preiskovalnih metod, ki jih imenujemo termična analiza. Te preiskovalne metode so bile: ohlajevalna krivulja (odvisnost temperature od časa, ki služi za določevanje ohlajanja materiala predvsem pri prehodu iz tekočega v trdno stanje), diferenčna termična analiza (kjer merimo razliko temperature med preiskovanim vzorcem in inertnim primerjalnim vzorcem pri ogrevanju in ohlajanju ter je namenjena za določanje energetskih procesov v vzorcu), termogravimetrija (meritev mase pri ogrevanju in ohlajanju). Analiza STA krivulj nam omogoča določitev premenskih temperatur (tališče, vrelišče, alotropske modifikacije), toplotnih efektov (talilna/strjevalna entalpija, toplota zgorevanja,...), specifične toplote c_p , izgube ali prirastka mase itd.

Optična mikroskopija je odkrila dve fazi – večinsko – temnejše barve in manjšinsko – svetlejšo barvo. Z EDX analizo je bilo ugotovljeno, da je večinska faza bogata na Au, manjšinska pa na Pt. Izmerjene vrednosti mikro-trdot na teh fazah, so pokazale, da ima a_2 faza skoraj 3×višjo trdoto (340 HV) kot a_1 faza. Posledično je le-ta odgovorna za mehanizem utrjanja v novi dentalni zlitini. Na podlagi tega smo prišli do ugotovitve, da je za mehanske lastnosti in trdoto nove dentalne zlitine odgovorna a_2 faza, njena enakomerna razporejenost znotraj in na mejah zrn.

Taljenje nove dentalne zlitine je dokaj enostavno. Na ohlajevalni krivulji sledi strjevanje (verjetna likvidus temperatura) pri 1412.2 K. Pri tej temperaturi začnejo iz taline precipitirati delci a_2 faze. Nadalje se pojavita dva eksotermna pika. Manjši je povezan s strjevanjem a_2 faze in večji s strjevanjem a_1 faze. Precipitacija a_1 faze se začne pri 1390 K. Površina pod eksotermnim pikom in ekstrapolacija tega področja predstavlja možnost za izračun masnega deleža posamezne faze. Ker je površina pod pikom za a_2 fazo bistveno manjša kot za a_1 fazo, ti rezultati posredno potrjujejo izračunan masni delež posamezne faze s XRD analizo. Nadalje se pojavi pri približno 1073 K eksotermni vrh izločanja v trdnem, kar je posledica izločanja nižje temperaturnih faz, ki pa jih je po vsej verjetno zelo malo novi dentalni zlitini (pod 0.1 m.%).

Rezultat: Pridobitev CE znaka za novo dentalno zlitino v Zlatarni Celje d.d..

4. Iz izdelanih ploščic nove Au dentalne zlitine je bil v Zobotehničnem laboratoriju Wisil M Beograd centrifugalno ulit testni štiri členkovni zobni mostiček (pretaljevanje v keramični retorti v VF indukcijskem ulivalniku pri $T = 1290^\circ\text{C}$). Pri samem litju zobnega mostička ni prihajalo do večjih težav. Temu je sledila mehanska obdelava odlitka s fazo peskanja (Al_2O_3). Makro-pregled zobnega odlitka je pokazal, da nima poroznosti in da ustreza dimenzijskim zahtevam. Z mikro-pregledom pa smo ugotovili prisotnost poroznosti, ki je nastala zaradi krčenja kovine pri strjevanju in površinsko hrapavost ulitka, kot verjetna posledica grobe ali nehomogene mavčno vložne mase. V nadaljevanju smo izvedli na zobnem mostičku oksidacijo (zapeko keramike). Čiščenje morebitnih oksidov s površine je bilo opravljeno s peskanjem in z Neacidom. Za oksidacijo je bila uporabljena keramika proizvajalca Ivoclar, delovna temperatura oksidacije je bila 980°C . Za ocenitev kvalitete površine keramičnega sistema pri več-členkovnem zobnem mostičku smo uporabili metode svetlobne mikroskopije (NIKON Epiphot 300), vrstične elektronske mikroskopije (SEM- Jeol JSM 840A, Quanta in Sirion) z elektronsko EDX-mikroanalizo. Zaradi osnove zahteve, da morajo biti vzorci za opazovanje z vrstično elektronsko mikroskopijo prevodni, je bilo potrebno površino več-členkovnega mostička za opazovanje keramične obloge napršiti z zlatom (JEOL – Ion Sputter, $t = 4$ min, $WD = 15$ mm, $p = 10^{-2}$ mbar). Pri natančnem pregledu zunanje površine zob smo ugotovili, da sta prisotni dve vrsti t.i. mehurjavosti – večja z izrazitimi luknjami (I) in manjša z izrazito porozno mikrostrukturo (II). Mehurjavost I. tipa je vidna s prostim očesom. Natančnejši pregled te mehurjavosti pokaže, da le-ta predstavlja tako imenovano luknjičavost oz. jamničavost. Luknje imajo zunanjo lupino zaprto, v njih se nahajajo različni delci. V okolici lukenj ni opaziti razpok, so pa prisotne manjše pore. Vzrok za nastanek te mehurjavosti lahko pripišemo različnima koeficientoma temperaturnega

raztezanja (CTE) dentalne zlitine in uporabljenega porcelana. Zaradi navedenega vzroka so po vsej verjetnosti nastale visoke notranje napetosti med ohlajanjem zobnega objekta s temperature peke do sobne temperature, še posebej v zunanji - svetli površini porcelanske zapeke. Visoke notranje napetosti na tej površini so namreč izredno neugodne, saj lahko ob visokih lokalnih pritiskih pride do takojšnje porušitve porcelanske prevleke (kar je razvidno tudi iz opazovanj obravnavanega zobnega mostička). Pri tem je potrebno omeniti, da smo v posameznih mehurčkih opazili tudi svetle delce velikosti nekaj 10 mm. Delci niso okrogle oblike, povečini so ostrorobi in se nahajajo na zunanjem obodu lukenj oziroma jamic. Glede na EDX analizo lahko sklepamo, da gre za karbide in okside.

V nadaljevanju smo detajlno pregledali tudi mehurjavost tipa II, ki ni bila vidna s prostim očesom. Pore so velike okoli 100 nm in imajo drevesno razvejano strukturo. Pregled je pokazal, da se po vsej verjetnosti razprostirajo čez celotno debelino keramične obloge in da je področje nahajanja te mehurjavosti predvsem na površini zgornje čelne strani zob. Pri tem gre za tipično porozno mikrostrukturo, ki je po vsej verjetnosti nastala zaradi izstopanja plinov skozi kristalno rešetko keramičnega sistema. Analiza mikrostrukture tudi pokaže, da je trajno plastično deformacijo keramike povzročilo izhajanje plina. Na podlagi teh raziskav in na podlagi dejstva, da okside tvorijo predvsem mikroelementi, lahko zaključimo, da je temperaturni režim oksidacije zelo pomembna faza v zobnem laboratoriju. Raziskave nastale keramične obloge so pokazale, da je njena kvaliteta odvisna od predhodne mehanske obdelave površine dentalnega odlitka, temperaturnega režima zapeke keramike in od samih pogojev poteka oksidacije.

Rezultat: Osvojena tehnologija precizijskega litja nove dentalne zlitine v zobnem laboratoriju.

5. Na novi dentalni zlitini smo izvedli kompleksne teste biokompatibilnosti: test apoptoze in nekroze na limfocitih, test proliferacije na vlaknasti celični kulturi F929 ter test proliferacije na limfocitih. Cilj raziskav je bil testiranje citotoksičnosti nove Au dentalne zlitine na primeru standardnih in novih "in vitro" analiz. Za potrebe testov biokompatibilnosti so bili izdelani vzorci - diski iz nove dentalne zlitine v dveh velikostih. Veliki diski so bili izpostavljeni celični kulturi (RPMI medij + 10% serum telečjega zarodka) 8 dni. Na ta način smo testirali toksični vpliv tistih elementov, ki se raztapljajo v mediju (sistem zlitina-medij). Mali diski so bili namenjeni za testiranje direktnega cito-toksičnega vpliva. Standardne citotoksične analize so bile narejene na vlaknastih celicah L929 po standardu ISO: ISO 10993-5; 1992(E) in ISO 7405; 1997(E). Raziskovanje je vključevalo morfološki pregled celic, ki so bile gojene na testnih diskih 24h, in spremljanje izumiranja celic s pomočjo izključitve TP sistema. Optimizacija teh analiz je vključevala študijo kombinacije direktnih oziroma indirektnih vplivov (zlitina-medij). Standardni testi niso pokazali citotoksičnosti nove Au-dentalne zlitine po relativno kratki periodi inkubacije L929 celic (24h). V primeru prolongirane inkubacije celic na novi dentalni zlitini pa je analiza v primerjavi s kontrolnim materialom pokazala zmanjšano aktivnost SDH v L929 celicah za 15.1 +/- 6.2%. Podobne rezultate smo dobili za sistem kombinacije zlitina in zlitina-medij. Dentalna zlitina tudi ni povzročila apoptoze timocitov in splenocitov jeter v 24-urni analizi. Raziskave so pokazale, da je inhibicija prvenstveno odvisna od koncentracije zlitine v mediju. Au-medij je v splošnem zelo malo zmanjšal proliferacijo celic v primerjavi s kontrolnim sistemom medij-steklo. Raziskave apoptoze v kulturi Con A-stimuliranih splenocitov pa so tudi pokazale, da je prišlo do zmanjšanja deleža apoptoičnih celic inkubiranih z Au-medijem.

Rezultat: Pridobitev NIOM certifikata za novo dentalno zlitino (NIOM- Nordic Institute of Dental Materials, Oslo Norveška). Ta certifikat predstavlja na področju dentalnih in medicinskih izdelkov najzahtevnejšo testiranje, ki ob pridobitvi omogoča prodajo izdelkov po celotnem svetovnem tržišču.

6. Raziskave optičnih lastnosti nove dentalne zlitine so bile usmerjene v določitev refleksije nove dentalne zlitine. Ker tovrstne raziskave zahtevajo primerjalni vzorec, ki je osnova za izvedbo vseh analiz, smo za primerjalni vzorec izbrali dentalno zlitino Bioker ZC. Rezultati raziskav optičnih lastnosti so pokazali, da je nova dentalna zlitina rumena v primerjavi s staro zlitino. Študija vpliva kemijske sestave dentalne zlitine na barvo pa je pokazala, da je verjetna posledica bolj rumene barve nove dentalne zlitine višja vsebnost Au. Razlika v

kemijski sestavi 2.6 m.% Au (nova Au-Pt-Zn dentalna zlitina vsebuje več Au) je namreč povzročila spremembo barvnega parametra DE* za okoli 8.1. Pri tem je potrebno opozoriti, da je vrednost DE* v višini 1.0 komaj opazna za človeške oči, medtem, ko vse višje vrednosti izzovejo takojšnje zaznavanje razlike. To pa pomeni, da je bila izmerjena vrednost DE* tako visoka, da je bila razlika v barvi očitna in da se posledično nova dentalna zlitina bistveno razlikuje od starih zlitin. Z analizo spektra refleksijske krivulje za obe zlitini – nova in Bioker je bilo še izmerjeno, da ima nova Au-Pt-Zn dentalna zlitina za okoli 10% višjo odbojnost (odbojni koeficient) v območju valovne dolžine 400 do 700 nm (slika 1). Na drugi strani pa so rezultati izmerjenih CIE L*a*b* koeficientov pokazali, da sta zlitini za koeficient a* primerljivi, medtem ko je vrednost koeficienta b* za novo zlitino višja za 4 enote glede na vrednost b* pri stari zlitini. To pa je posledično vzrok, da je nova dentalna zlitina bolj rumena od ostalih. Rumena barva ima izredno pomembno vlogo pri zobni estetiki. Površina zobnega nadomestka je namreč pokrita s plastjo porcelana, skozi katerega potuje svetloba, ki se v naslednji reflektira nazaj skozi to plast. Površina zobnega nadomestka je vidna v področju bele barve. V primeru, da je površina dentalne zlitine srebrna (kovinski sijaj barve), se celoten spekter odbije. Le-ta se nahaja v vidnem polju valovnih dolžin značilnih za modro področje. Zato v primeru zobnega nadomestka z vidnim poljem srebrne površine, ki je posledica nenatančno nanesene plasti porcelana v predelu okoli dlesni, prihaja do nevšečnega odboja modre svetlobe. Na podlagi navedenega dejstva lahko zaključimo: V primeru nove dentalne zlitine je bila izmerjena refleksija v rdečo-rumenem vidnem spektru, zato ima nova Au dentalna zlitina rumen odboj svetlobe, ki je sprejemljivejši za oko.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev in dejansko opravljenega raziskovalnega dela v okviru navedenega projekta je odlična. Rezultati raziskav tega projekta so omogočili razširitev temeljnih spoznanj na področjih razvoja novih tehnologij, karakterizacije in testiranja biokompatibilnosti Au dentalnih zlitin. Realizacija zastavljenih ciljev se tako kaže v izdelavi Au dentalne zlitine v Zlatarni Celje, v raziskanih mehanskih lastnostih, trdote, izmerjenem CTE koeficientu te nove zlitine, v odlihtih modelih zobnih nadomestkov iz nove Au dentalne zlitine in v izdelavi zobnega nadomestka s porcelansko prevleko ter v karakterizaciji vseh tipov mikrostruktur. Z modelnimi preskusi - izdelava zobnih nadomestkov so bile na makro nivoju pregledane napake, ki se pojavljajo pri precizijskem litju. Za izvedbo raziskav je bila uporabljena najsodobnejša raziskovalna oprema. Na podlagi pridobljenih znanj v okviru tega projekta so bili postavljeni temelji tehnologije izdelave Au dentalnih zlitin za porcelansko tehniko v Zlatarni Celje d.d., kar posredno predstavlja prenos znanja na industrijski nivo. Realizacija zastavljenih ciljev se kaže tudi v določeni stopnji biokompatibilnosti nove dentalne zlitine, kakor tudi na področju uvajanja novih senzibilnejših "in vitro" testov biokompatibilnosti za visoko plemenite dentalne zlitine. Na podlagi uspešnega dela v okviru tega projekta je raziskovalka dr. Rebeka Rudolf 20.3.2006 prevzela vodenje razvoja v raziskovalni skupini Razvojna skupina Zlatarne Celje d.d. s šifro: 1716-001.

V okviru projekta je bilo izdelano tudi magistrsko delo: PAVLIN, Martin. Evaluacija kvalitete sveže umjetnog zuba i polimerske baze mobilne proteze : [magistarski rad]. Zagreb: [M. Pavlin], 2006, v sodelovanju s Stomatološko fakulteto Zagreb (dr. Rebeka Rudolf je bila član komisije za zagovor).

Na osnovi rezultatov v okviru tega raziskovalnega projekta je v letu 2008 bila prijavljena tudi doktorska disertacija mlade raziskovalke iz gospodarstva (Tjaše Zupančič Hartner iz Zlatarne Celje d.d.), ki se vsebinsko navezuje na ta projekt.

Rezultate dosedanjega raziskovalnega dela smo v letu (2007) ovrednotili tudi s prijavo patenta "Tehnologija izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au".

Pozitivno oceno o stopnji realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev je podal tudi sofinancer projekta t.j. Zlatarna Celje d.d., Kersnikova 19, 3000 Celje.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Pri izvajanju projekta ni prišlo do sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni rezultat
1.	Naslov	<i>SLO</i> Taljenje in litje dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au
		<i>ANG</i> Melting and casting of dental alloys with high Au-content
	Opis	<i>SLO</i> V tem delu so predstavljeni rezultati, ki smo jih dobili pri raziskavi vpliva dveh različnih mavčno –vložnih mas oziroma kvalitete posamezne šarže Au dentalne zlitine na kvaliteto zobnega ulitka. Le-ti kažejo, da je vpliv različnih vrst mavčno-vložnih mas na kvaliteto zobnega ulitka velik; zobni ulitki imajo ob uporabi različnih mavčno-vložnih mas drugačen odtenek zlato rumene barve; velikost nastalega stožca zobnega ulitka je odvisna od vrste mavčno-vložne mase, ki je bila uporabljena za izdelavo kivete; kakovost zobnega odlitka pa je zelo odvisna od izhodne kemijske sestave dentalne zlitine.
		<i>ANG</i> In this work we present some results of investigations, dealing with the monitoring of the influence of the different kind of plaster and the quality of individual dental alloy charge on the quality of the tooth casting. The following conclusions can be summarized: the influence of the different type of plaster on quality of the tooth casting is important; with the using of different type of plaster the tooth casting have various gold colour and the size of casting cone depends on the type of plaster using for the production of the cuvette.
	Objavljeno v	KRIŽMAN, Alojz, RUDOLF, Rebeka, ALBREHT, Bojan. Taljenje in litje dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au = Melting and casting of dental alloys with high Au-content. Livar. vestn., 2006, letn. 53, št. 1, str. 19-31.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10111510
2.	Naslov	<i>SLO</i> Karakterizacija nove dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au
		<i>ANG</i> Characterisation of a new dental alloy with high Au content
	Opis	<i>SLO</i> Testiranje nove dentalne zlitine je vključevalo določitev mehanskih, fizikalnih in drugih lastnosti ter testiranje biokompatibilnosti. Mikroskopska analiza dentalne zlitine je vključevala pregled polirane površine, medtem, ko so optične lastnosti dentalne zlitine bile raziskane s spektro-fotometrično kolorimetrijo. Spektralno-odbojni rezultati so bili izmerjeni na polirani površini vzorcev nove Au dentalne zlitine skladno s standardom Illuminant D65. Na novi Au dentalni zlitini so bili narejeni še testi citotoksičnosti z uporabo standarda in vitro analize za testiranje biokompatibilnosti.
		<i>ANG</i> Testing of the new Au dental alloy included examining the initial cast, and the different heat- treated conditions of the Au alloy. The optical properties of Au-dental alloy were investigated by means of spectro-photometric colourimetry. Spectral reflectance data from the mirror-polished flat samples of initial Au dental alloy were collected under the CIE standard illuminant D65. Finally the test of cytotoxicity of new Au based dental alloys using standard in vitro assays for testing the biocompatibility.
	Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, ZUPANČIČ HARTNER, Tjaša, ANŽEL, Ivan, MRVAR, Primož, MEDVED, Jože, STAMENKOVIČ, Dragoslav. Characterisation of a new dental alloy with high Au content. RMZ-mater. geoenviron., 2007, vol. 54, no. 3, str. 303-318.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	12059926
3.	Naslov	<i>SLO</i> Mehanske in mikrostrukturne lastnosti zlitine Au-Pt
		<i>ANG</i> Mechanical properties and microstructure characterisation of Au-Pt dental alloy

	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen razvoj nove dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au, ki temelji na ternernem zlitinskem sistemu Au-Pt-Zn z nominalno sestavo 86.9Au-9.9Pt-1.5Zn in z vsebnostjo mikro-elementov okoli 1.5 m. % (In, Ir, Rh). Študija toplotne obdelave je pokazala, da ima Au-Pt-Zn zlitina v primeru žarjenja 30 minut pri 1223 K in po gašenju v vodi optimalne mehanske lastnosti in trdoto, potem ko je bila raztopinsko žarjena 20 min pri 720°C in počasi hlajena do sobne temperature.
		ANG	Development of a dental alloy with high Au content is based on the ternary system of Au-Pt-Zn with a nominal composition of 86,9Au-9,9Pt-1,5Zn, and about 1,5 wt.% micro-alloying elements (In, Ir, Rh). The results analyses of different heat-treated states showed that the optimal mechanical properties and hardness of an Au-Pt-Zn alloy can be reached with combinations of heat treatment for 20 minutes at 723 K and then slowly cooling, if the alloy was annealed at 1223 K for 30 minutes and the water quenched.
	Objavljeno v		RUDOLF, Rebeka, ZUPANČIČ HARTNER, Tjaša, KOSEC, Ladislav, TODOROVIĆ, Aleksandar, KOSEC, Borut, ANŽEL, Ivan. Mechanical properties and microstructure characterisation of Au-Pt dental alloy. Metalurgija (Sisak), 2008, vol. 47, br. 4, str. 317-323. JCR IF (2007): 0.196, SE (53/66), metallurgy & metallurgical engineering, x: 0.661
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		827487
4.	Naslov	SLO	Vpliv mikrostrukture visokoplemenite Au-Pt dentalne zlitine na njeno korozijsko obstojnost in in-vitro biokompatibilnost
		ANG	The Influence of the Microstructure of High Noble Gold-Platinum Dental Alloys on their Corrosion and Biocompatibility in Vitro
	Opis	SLO	V članku so predstavljene primerjave mikrostruktur, korozijske obstojnosti ter in vitro biokompatibilnost dveh Au-Pt zlitin s podobno kemijsko sestavo. Au-Pt II zlitina sestavljena iz 87.3 m.% Au, 9.9 m.% Pt, 1.7 m.% Zn in 0.5 m.% Ir + Rh + In ima po eni strani boljše mehanske lastnosti kot Au-Pt I zlitina (86.9 m.% Au, 10.4 m. % Pt, 1.5 m.% Zn in 0.5 m.% Ir + Rh + In), po drugi strani pa izkazuje višji negativen efekt na viabilnost L929 celic in ukinja funkcije podganjih timocitov kot so npr. profileracijska aktivnost, produkcija Interleukina-2 (IL-2) in ekspresija IL-2 receptorjev.
		ANG	The aim of this work was to compare the microstructures of two high noble experimental Au-Pt alloys with similar composition with their corrosion and biocompatibility in vitro. We showed that Au-Pt II alloy, composed of 87.3 wt.% Au, 9.9 wt.% Pt, 1.7 wt.% Zn and 0.5 wt.% Ir + Rh + In, although possessing better mechanical properties than the Au-Pt I alloy (86.9 wt.% Au, 10.4 wt.% Pt, 1.5 wt.% Zn and 0.5 wt.% Ir + Rh + In), exerted higher adverse effects on the viability of L929 cells and the suppression of rat thymocyte functions, such as proliferation activity and the production of IL-2.
	Objavljeno v		M Colic, D Stamenkovic, I Anzel, G Lojen, R Rudolf. The Influence of the Microstructure of High Noble Gold-Platinum Dental Alloys on their Corrosion and Biocompatibility in Vitro. Gold bull. (1996), 2009, vol. 42, no. 1, str. 34-47. JCR IF (2007): 1.45, SE (21/43), chemistry, inorganic & nuclear, x: 1.847, SE (62/189), materials science, multidisciplinary, x: 1.682, SE (7/66), metallurgy & metallurgical engineering, x: 0.661
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID		13045782	
5.	Naslov	SLO	Dentalni materiali- izziv in uporaba zadnjih novosti
		ANG	Dental materials - challenge and usage of the latest inventions.
	Opis		V preglednem članku je predstavljena zgodovina razvoja različnih materialov, ki se uporabljajo v dentalni tehniki s poudarkom na izzivih in običajni praksi ter z upoštevanjem zadnjih novostih na področju dentalnih materialov. Posebna pozornost je namenjena dentalnim zlitinam na osnovi zlata, kjer je opisana vloga Au v obnovitveni in preventivni dentalni tehniki primerjalno glede na druge alternativne materiale. Znanost o dentalnih materialih se namreč danes v splošnem ukvarja z analizo lastnosti naravnega oralnega tkiva in sintetičnih materialov, ki se uporabljajo za preventivo in obnovo zob.
		ANG	Review paper describes a short overview of the history and classification of different materials used in dentistry, and represents the challenge and usage of the latest inventions in the field of dental materials, with special focus on gold-based alloys. Moreover, the future role of Au in restorative and conservative dentistry is discussed compared to alternative materials. Namely, today the science of dental materials generally encompasses some

	of the properties of natural oral tissues compared to the synthetic materials used for prevention and restoration in dentistry.
Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, ANŽEL, Ivan, STAMENKOVIC, Dragoslav. Dental materials - challenge and usage of the latest inventions. Metalurgija, 2008, vol. 14, br. 2, str. 135-142.
Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	12388374

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Nova dentalna zlitina za porcelansko tehniko
		<i>ANG</i> New dental alloy for porcelain technique
Opis	<i>SLO</i>	V prispevku je predstavljena osnova razvoja nove dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au, ki vključuje določitev primerne kemijske sestave in tehnologije izdelave. Zahteve, ki jih je bilo treba doseči z razvojem nove dentalne zlitine Au, so bile povezane s predvidenimi pogoji uporabe te zlitine za porcelansko tehniko. Med pomembnejše, ki smo jih upoštevali pri določitvi kemijske sestave dentalne zlitine, spadajo doseganje potrebnih mehanskih lastnosti (napetost tečenja, natezna trdnost, razteznost), trdote, koeficienta temperaturnega raztezanja (CTE) in biokompatibilnosti.
	<i>ANG</i>	Paper describes the development of new dental alloys with high Au content. The basis for developing a new dental alloy with high Au content is appropriate chemical composition and manufacturing technology. The demands which have to be achieved were connected with the necessary applications conditions for porcelain technique. The main conditions were: mechanical properties (yield strength, tensile strength, elongation), hardness, a coefficient of thermal expansion (CTE) and biocompatibility.
Šifra	B.06 Drugo	
Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, ZUPANČIČ HARTNER, Tjaša. Nova dentalna zlitina za porcelansko tehniko. IRT 3000, avg. 2006, leto 1, 4, str. 40-41.	
Tipologija	1.04 Strokovni članek	
COBISS.SI-ID	10637334	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Metode za preiskovanje biokompatibilnosti stomatoloških materialov
		<i>ANG</i> Methods for biocompatibility testing of stomatological materials
Opis	<i>SLO</i>	V prispevku so predstavljeni sodobni koncepti preizkuševanja biokompatibilnosti stomatoloških materialov, ki temeljijo na obstoječih ISO standardih in so rezultat multidisciplinarnih raziskovanj. Kombinacije večjega števila „in vivo“ in „in vitro“ testov omogočajo realno ocenjevanje negativnih učinkov stomatoloških materialov, še posebno tistih, ki so v kontaktu z živim tkivom v daljši časovni periodi.
	<i>ANG</i>	Paper describes the contemporary concepts of biocompatibility testing for stomatological materials. These tests have the base in existing ISO standards and are results of multidisciplinary investigations. The combinations of greater numbers "in vivo" and "in vitro" tests enable the real estimation of stomatological material's negative effects, especially those which are in longer contacts with alive tissue for longer period.
Šifra	B.06 Drugo	
Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, ČOLIĆ, Miodrag, ZUPANČIČ HARTNER, Tjaša. Metode za preiskovanje biokompatibilnosti stomatoloških materialov. IRT 3000, dec. 2007, letn. 2, 12, str. 78-80.	
Tipologija	1.04 Strokovni članek	
COBISS.SI-ID	11990294	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv dodatka Zn na nastanek mikrostrukture visoko-plemenite zlato-platinaste dentalne zlitine
		<i>ANG</i> The influence of Zn addition on the high noble gold - platinum dental alloys microstructure formation

Opis	SLO	Namen raziskovalnega dela je bil primerjati mikrostrukture Au-Pt-Zn I in Au-Pt-Zn II zlitin v smislu identifikacije vpliva Zn na nastalo mikrostrukturo, ki je posledično odgovorna za končne lastnosti tovrstnih plemenitih dentalnih zlitin. Malo višja vsebnost Zn za 0.2 ut.% v Au-Pt-Zn II zlitini je pomembna za ustvarjanje boljše vezavne trdnosti med porcelanom in zlitino ter za boljše mehanske lastnosti samega zobnega nadomestka. Zlitina Au-Pt-Zn II ima bolj rumeno barvo, ki igra odločilno vlogo v estetiki za izdelavo keramičnih zobnih nadomestkov.
	ANG	We have prepared two experimental Au-Pt-Zn high noble alloys with the aim of Zn influence determination on the formatted microstructure which is consequently responsible for the final properties such noble dental alloys. A slightly higher Zn content for 0.2 w.% in Au-Pt-Zn II alloy is important for better bonding strength between porcelain and alloy and better mechanical properties for the tooth`s metallic substitute. The Au-Pt-Zn II alloy produces a richer yellow colour, which plays an important role in aesthetics when used for PFM (porcelain-fused-to-metal) restorations.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, ANŽEL, Ivan, LAZIĆ, Vojkan, STAMENKOVIĆ, Dragoslav. The influence of Zn addition on the high noble gold - platinum dental alloys microstructure formation. Mednarodno 48. livarsko posvetovanje = International 48th Foundry conference, 10.-12. september 2008, Portorož, Slovenia. Zbornik referatov, (Zbornik referatov - Livarsko strokovno posvetovanje). [Ljubljana]: Društvo livarjev Slovenije, [2008], 15 f.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	12590102	
4. Naslov	SLO	Staranje stomatoloških materialov - dentalne zlitine
	ANG	Ageing of stomatological materials - dental alloys
Opis	SLO	Prispevek obravnava proces staranja dentalnih zlitin, ki predstavljajo eno izmed številnih vrst stomatoloških materialov. V prvem delu prispevka so podane osnove in najpomembnejše karakteristike procesa staranja. V drugem delu so na kratko predstavljene dentalne zlitine (plemenite in bazne), ki se primarno uporabljajo za izdelavo različnih zobnih nadomestkov. V nadaljevanju je na podlagi številnih referenc opisana simulacija staranja zobnih nadomestkov, ki po vsej verjetnosti poteka v ustni votlini pri temperaturi 37°C, potem ko so nadomestki vgrajeni in predani v funkcijo uporabe.
	ANG	Paper describes the ageing process of dental alloys, which are one of the numerous types of stomatological materials. In the first part the basis and the important characteristics of ageing process are introduced. In the second part the dental alloys (noble and base) are presented. These alloys are primary aimed for different tooth constructions. In continuation on the base of numerous references the ageing process is described. This process occurs in mouth at 37°C, after that the tooth substitute is incorporated into mouth.
Šifra	B.06 Drugo	
Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, STAMENKOVIĆ, Dragoslav. Starenje gradivnih stomatoloških materialov - dentalnih legura. V: STAMENKOVIĆ, Dragoslav (ur.). Gradivni stomatološki materiali : dostignuća i perspektive. 1. izd. Beograd: Stomatološki fakultet, 2007, str. 109-130.	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
COBISS.SI-ID	11323414	
5. Naslov	SLO	Postopek izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au
	ANG	The production technology for dental alloy with Au content
Opis	SLO	Predmet izuma je postopek izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au. Tehnični problem, ki ga rešuje izum je izdelava dentalne zlitine s kemijsko sestavo 77 m.% Au, 1.2 m.% Pd, 4.5 m.% Pt, 10 m.% Ag, 6 m.% Cu, 1.3 Zn. V navedem postopku izdelave je z izvedenim primerom podano natančno zaporedje tehnoloških postopkov, s katerimi je mogoče izdelati ploščice Au dentalne zlitine zahtevanih dimenzij in lastnosti. Postopek izdelave Au dentalne zlitine je sestavljen iz taljenja in litja v kovinsko kokilo ter iz postopkov hladnega preoblikovanja ulitih predoblik.

	ANG	The subject of the invention is a process of manufacturing dental alloy with high Au content. Technical problem, which solves the invention is the production of dental alloys with the chemical composition of 77 m.% Au, 1.2% Pd m., 4.5 m.% Pt, 10% Ag m., 6 m.% Cu, 1.3 Zn. The process of manufacture is carried out by the case delivered a precise sequence of the processes, in which plates of Au dental alloys, the required dimensions and properties, can be made. The process of producing Au dental alloy consists of a melting, casting and procedures of the cold-forming of casted preform.
Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	RUDOLF, Rebeka, ALBREHT, Bojan, ZUPANČIČ HARTNER, Tjaša, STAMENKOVIČ, Dragoslav. Postopek izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au. Objava UL RS: prijava patenta Uradu Republike Slovenije za intelektualno lastnino št. P-200700270, dne 23.10.2007. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2007. 2 f. _____	
Tipologija	2.23	Patentna prijava
COBISS.SI-ID	11798550	

8. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁷

8.1. Pomen za razvoj znanosti⁸

SLO

Rezultati raziskav so omogočili razširitev temeljnih spoznanj na področjih:

- razvoja novega izdelka in nove tehnologije izdelave: izdelava nove dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au – nov izdelek z znano tehnologijo (prijava SLO patenta);
- odkritje temeljnih znanstvenih zakonov: fizikalni model optimalnega mehanizma utrjanja za visoko-karatno Au dentalno zlitino;
- odkritij novih znanstvenih spoznanj: določitev vplivnih lastnosti in stopnje biokompatibilnosti Au- dentalnih zlitin; fizikalna metalurgija in kristalizacija dentalnih zlitin; določitev korelacije med izdelavo, mikrostrukturo in končnimi lastnostmi dentalnih zlitin; določitev omočljivosti med Au dentalno zlitino in porcelanom.

ANG

Research results enable the broadening of fundamental knowledge in the fields of:

- the development of a new product and production technology: the production of a new Au dental alloy – new products with known technology (declaration of SLO patent),
- a new scientific law: physical model of optimal strengthening mechanism for high carat Au dental material;
- a new scientific knowledge: Determination of the important properties and biocompatibility of Au- dental alloys, physical metallurgy of dental alloy crystallisation, correlations between the processing, microstructure and properties of dental alloys, determination of wettability between basic Au dental alloy and porcelain.

8.2. Pomen za razvoj Slovenije⁹

SLO

Industrija:
(neposredno): Zlatarna Celje d.d. – Dental

Za slovenski tehnološki razvoj:

- ustvarjanje industrijskih pogojev za izdelavo Au dentalnih zlitin s posebnimi oziroma

specialnimi lastnostmi, oziroma prenos tehnologije (znanja know-how) v industrijsko prakso;
 - razvoj sodobnih postopkov izdelave (izdelava Au dentalnih zlitin), ki bi se lahko uporabile tudi za izdelavo drugih modernih materialov;
 - razvoj metod za testiranje biokompatibilnosti visoko-karatnih Au-dentalnih zlitin
 - možnosti uporabe razvitih in eksperimentalno potrjenih fizikalnih modelov obravnavanih postopkov izdelave (tehnologij) pri reševanju problemov na sorodnih področjih.

ANG

Industry:
 (directly): Zlatarna Celje d.d.- Dental

For Slovenian technological development:

- To create fundamentals for the future production of Au dental alloys with special and improved properties, as well as the transfer of know-how to industrial praxis;
- Development of advanced technologies (production of Au dental alloys, that can be used for the production of other advanced materials);
- Development of methods for testing biocompatibility of high nobel Au- dental alloys
- The possibility of transferring the developed and experimentally-verified physical models of studied technological processes (technologies) on other research problems.

9. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹⁰

1.	Sofinancer	Zlatarna Celje d.d., Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	43.865,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	39,71	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	M Čolic at al. The influence of the microstructure of high noble gold-platinum dental alloys on their corrosion and biocompatibility in vitro, Gold Bulletin, Vol.42, No.1,pp.34-42.(2009) JCR IF: 1.45	A.01
	2.	Rudolf Rebeka at al. Mechanical properties and microstructure characterisation of Au-Pt dental alloy. Metalurgija (Sisak), 2008, vol. 47, br. 4, str. 317-323. JCR IF (2007): 0.196	A.01
	3.	Anžel Ivan at al. Plemenite dentalne legure. V: Gradivni stomatološki materijali: dostignuća i perspektive. 1. izd. Beograd: Stomatološki fakultet, 2007, str. 151-170.	A.06
	4.	Rudolf Rebeka at al. Characterisation of a new dental alloy with high Au content. RMZ-mater. geoenviron., 2007, vol. 54, no. 3, str. 303-318	A.01
	5.	Rudolf Rebeka at al. Postopek izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au: prijava patenta Uradu RS za intelektualno lastnino št. P-200700270, dne 23.10.2007. Ljubljana.	F.33
	Komentar	V članku v Gold Bulletin smo predstavili nove teste biokompatibilnosti: test apoptoze in nekroze na limfocitih, test proliferacije na vlaknasti celični kulturi F929 ter test proliferacije na limfocitih. Standardne citotoksične analize so bile narejene na vlaknastih celicah L929 po standardu ISO: ISO 10993-5; 1992(E) in ISO 7405; 1997(E). Raziskovanje je vključevalo morfološki pregled celic, ki so bile gojene na testnih diskih 24h, in spremljanje izumiranja celic s pomočjo izključitve TP sistema. Optimizacija teh analiz je vključevala študijo kombinacije direktnih oziroma indirektnih vplivov (zlitina-medij). Standardni testi niso pokazali citotoksičnosti nove Au-dentalne zlitine po relativno kratki periodi inkubacije L929 celic (24h). V primeru prolongirane inkubacije celic na novi dentalni zlitini pa je analiza v	

	<p>primerjavi s kontrolnim materialom pokazala zmanjšano aktivnost SDH v L929 celicah za 15.1 +/- 6.2%. Podobne rezultate smo dobili za sistem kombinacije zlitina in zlitina-medij. Dentalna zlitina tudi ni povzročila apoptoze timocitov in splenocitov jeter v 24-urni analizi. Raziskave so pokazale, da je inhibicija prvenstveno odvisna od koncentracije zlitine v mediju. Au-medij je v splošnem zelo malo zmanjšal proliferacijo celic v primerjavi s kontrolnim sistemom medij-steklo. Raziskave apoptoze v kulturi Con A-stimuliranih splenocitov pa so tudi pokazale, da je prišlo do zmanjšanja deleža apoptoičnih celic inkubiranih z Au-medijem.</p> <p>V okviru projekta smo prijavili patent - postopek izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo zlata (Au) – v nadaljevanju Au dentalne zlitine. Inertnost, preoblikovalnost in rumena barva zlata predstavljajo elemente, ki uvrščajo Au dentalne zlitine med t.i. naravne materiale za dentalno okolje. Dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au so tiste, kjer znaša masni delež Au nad 77 % in imajo vsled tega odlično biokompatibilnost. Tehnični problem, ki ga rešuje postopek izdelave Au dentalnih zlitin, je izdelovanje teh zlitin z zahtevanim doseganjem lastnosti. Le-te morajo poleg zahtevane kemijske sestave, imeti še ustrezen talilni interval (okoli 100°C) in temperaturo litja (nad 1290°C), trdoto nad 170 HV, raztezek nad 6%, natezno trdnost Rm nad 680 N/mm² in mejo plastičnosti nad 550 N/mm². Zahtevana kemijska sestava lahko niha +/- 2% v posamezni komponenti, talilni interval +/- 10°C, temperatura litja +/- 30°C, trdota +/- 10 HV, raztezek +/- 2%, medtem ko lahko natezna trdnost in meja plastičnosti padeta le za 10 N/mm² glede na potrebne vrednosti.</p>
<p>Ocena</p>	<p>Potrjujemo, da je projekt št. L2-7096-0795, z naslovom "Razvoj nove dentalne zlitine z visoko vsebnostjo Au" v obdobju 1.1.2006- 31.12.2008 potekal v skladu s predvidenimi aktivnostmi in nalogami.</p> <p>Rezultate raziskovalnega dela smo v letu 2007 ovrednotili s prijavo patenta "Tehnologija izdelave dentalnih zlitin z visoko vsebnostjo Au", kar posredno predstavlja direkten prenos znanja pridobljenega v okvirih tega projekta na industrijski nivo Zlatarne Celje d.d..</p> <p>Rezultati raziskav tega projekta so omogočili razširitev temeljnih spoznanj na področjih karakterizacije teh materialov in testiranj njihove biokompatibilnosti. Realizacija zastavljenih ciljev se tako kaže v določeni stopnji biokompatibilnosti nove dentalne zlitine, kakor tudi na področju uvajanja novih senzibilnejših "in vitro" testov biokompatibilnosti za visoko plemenite dentalne zlitine.</p> <p>Razvoj Au-dentalnih zlitin je potekal v Zlatarni Celje d.d. delno tudi v okviru mednarodnega raziskovalnega projekta programa Eureka E!3555 DEN-MAT, pri katerem so sodelovali poleg slovenskih partnerjev: Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru, Naravoslovno-tehniške fakultete in Zlatarne Celje d.d., tudi partnerji iz Srbije in sicer Stomatološka fakulteta Univerze v Beogradu ter Vojno-medicinska akademija.</p> <p>Pridobljena znanja v okviru raziskovalnega projekta so bila osnova za prijavo doktorske disertacije MR Tjaše Zupančič Hartner v letu 2008, ki je zaposlena v raziskovalni skupini v Zlatarni Celje.</p> <p>Na podlagi predstavljenih rezultatov lahko kot sofinancerji tega projekta podamo pozitivno oceno k opravljenemu raziskovalnemu delu.</p>

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-7174
Naslov projekta	Uporaba sončne energije in toplotne črpalke za proizvodnjo toplotne energije
Vodja projekta	5166 Milan Marčič
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	2.040
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	01.2006 - 12.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	2194 KOROŠKI HOLDING družba za ustanavljanje podjetij d.o.o.
Družbeno-ekonomski cilj	05 Proizvodnja, oskrba in racionalna raba energije

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	Koroški holding - družba za ustanavljanje podjetij d.o.o.- 001
	Naslov	Pod gradom 4, 2380 Slovenj gradec
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Delo na raziskovalnem projektu "Uporaba sončne energije in toplotne črpalke za proizvodnjo toplote" je potekalo v treh fazah od katerih je vsaka trajala eno leto. V prvi fazi projekta smo izdelali teoretično in eksperimentalno analizo uporabe kombinacije solarni absorber-toplotna črpalka za proizvodnjo toplotne energije. Pri tem smo se poslužili izkušenj, ki smo si jih pridobili v prejšnjih letih. V prvem letu raziskav smo izdelali teoretično študijo in konstrukcijo novega solarnega absorberja, ter izdelali orodja, ki so potrebna za izdelavo novih solarnih absorberjev. Novi solarni absorberji imajo obliko strešnikov, ki so komercialno dosegljivi na tržišču in so z njimi povsem kompatibilni. Solarne strešnike je mogoče vgraditi v obstoječi sistem strešnih kritin. V njih se nahaja črno obarvana

voda, ki se pod vplivom sončnega sevanja segrevala. Segreta voda greje vodo v rezervoarju vode ali pa služi kot vir anergije toplotni črpalki. Na ta način smo dvignili temperaturo anergije, precej nad temperaturo okolice in s tem povečali grelno število toplotne črpalke.

V drugi fazi projekta smo izdelali prototipne solarne strešnike, ki smo jih uspeli v novembru tudi preiskovati.

Za izdelavo strešnikov smo morali izdelati ustrezna orodja za izdelovanje strešnikov. Ustrezno konstrukcijo orodja za brizganje plastike smo izdelali na podlagi teoretičnih študij solarnih strešnikov v prvi fazi projekta. Orodje je izdelalo podjetje LIV Postojna. Cena ustreznih orodij je bila 35 000 EUR, kar je plačalo podjetje Koroški holding v celoti. Velik problem je predstavljala tudi izbira ustreznega materiala za solarne strešnike. Material solarnih strešnikov mora prenesti mehanske obremenitve zaradi tlaka vode, ki se nahaja v strešnikih, eventuelne poškodbe zaradi toče, in ostalih možnih poškodb. Zaradi segrevanja pa mora biti tudi temperaturno odporn, tako da mora izpolnjevati trdnostne zahteve pri višjih temperaturah. Optična propustnost materiala solarnih strešnikov za svetlobo mora biti čim višja, tako da črno obarvana tekočina v strešnikih absorbira čim več energije sevanja. Strešnike smo izdelali iz polietilena PMMA. Med preiskovanjem se je pokazalo, da je voda pri temperaturah višjih od 60 stopinj Celzija agresivna na polietilene.

Za testiranje solarnih strešnikov smo izdelali ustreznih laboratorij, ki ima na ravni strehi nameščeno vrtljivo strešno konstrukcijo, tako da lahko solarni sistem, ki ga preiskujemo vedno optimalno obrnemo proti sončni svetlobi. Strešna konstrukcija omogoča hkratno preiskovanje petih solarnih sistemov.

Preiskovanje solarnih strešnikov smo vršili paralelno s klasičnimi solarnimi kolektorji pod istimi pogoji, kar omogoča neposredno primerjavo učinkovitosti obeh sistemov. Vse solarne sisteme lahko preiskujemo z direktnim gretjem vode ali v njihovi kombinaciji s toplotnimi črpalkami. Na vseh ključnih točkah smo izvajali meritve temperatur, kar omogoča natančno vrednotenje učinkovitosti testiranega solarnega sistema. Zajemanje podatkov je povsem avtomatizirano, kar omogoča preiskovanje solarnih sistemov čez daljše časovno obdobje. Izdelavo preiskovališča je celoti financiralo podjetje Koroški holding.

V tretji fazi projekta smo vršili intenzivna preiskovanja petih različnih sistemov klasičnih solarnih kolektorjev in novih solarnih strešnikov za direktno ogrevanje sanitarne vode in kombinacije solarni sistemi-toplotne črpalke voda-voda. Meritve smo vršili preko celega leta v vseh vremenskih pogojih. Rezultati intenzivnih meritev so pokazali, da klasični solarni kolektorji pri direktnem ogrevanju sanitarne vode dosegajo višje temperature kot solarni strešniki.

V kombinirani uporabi solarni sistemi-toplotne črpalke pa so pokazali solarni strešniki nedvomne prednosti. V sončnem vremenu pri osvetlitvi 75 000 lux in več so bili pri kombinaciji solarni sistem-toplotne črpalke kolektorji in strešniki enakovredni. Nedvomne prednosti pa so solarni strešniki pokazali pred solarnimi kolektorji v oblačnem in deževnem vremenu, posebej pa še ponoči.

Rezultati preiskovanj so pokazali, da so solarni strešniki zelo učinkoviti v uporabi v kombinaciji s toplotnimi črpalkami. Solarni strešniki nam dvignejo temperaturo anergije nad temperaturo okolice, kar izboljša grelno število toplotne črpalke. Solarni strešniki tudi vršijo funkcijo kritine srehe kar zmanjša stroške investicije. Kombinirana uporaba solarni strešniki-toplotne črpalke je tako primerna za ogrevanje sanitarne vode in za ogrevanje stanovanjskih hiš.

--

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Vsa dela na projektu so bila končana v skladu z zastavljenimi cilji.
--

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

--

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Sensor za merjenje karakteristike vbrizgavanja. <i>ANG</i> Sensor for injection rate measurements
	Opis	<i>SLO</i> Razvili izdelali in preiskusili smo senzor za merjenje karakteristik vbrizgavanja pri vsaki posamezni luknji vbrizgalne šobe. Kolikor nam je znano je to prva merilna metoda, ki je omogočila merjenje impulznega pretoka pri vbrizgalnih šobah. <i>ANG</i> The new deformational measuring method described in the paper allows injection rate measurement in each injection nozzle hole. All today known measuring method, such as Bosch and Zeuch give accurate results of the injection rate in diesel single-hole nozzles. With multihole nozzles they tell us nothing about possible differences in injection rates between individual holes of the nozzle.
Objavljeno v		MARČIČ, Milan. Sensor for injection rate measurements. Sensors, 2006, vol. 6, str. 1367-1382. [COBISS.SI-ID 10794262], JCR IF: 1.373, SE (37/68), chemistry, analytical, x: 1.727, SE (14/22), electrochemistry, x: 1.702, SE (13/53), instruments & instrumentation, x: 0.99, COBISS.SI-ID 10794262
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10794262
2.	Naslov	<i>SLO</i> Solarni sistem <i>ANG</i> Solar system
	Opis	<i>SLO</i> Patetirana je kombinacija solarni strešnik-toplotna črpalka za ogrevanje sanitarne vode in stanovanjskih hiš. <i>ANG</i> Subject of patent is combination of solar system-heat pump
Objavljeno v		št. prijave P200700140, datum vložitve prijave 13.06.2007, Ljubljana, Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2007.
	Tipologija	2.24 Patent
	COBISS.SI-ID	11407638
3.	Naslov	<i>SLO</i> <i>ANG</i>
	Opis	<i>SLO</i> <i>ANG</i>
Objavljeno v		
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
4.	Naslov	<i>SLO</i>

		ANG	
Opis	SLO		
	ANG		
Objavljeno v			
Tipologija			
COBISS.SI-ID			
5. Naslov	SLO		
	ANG		
Opis	SLO		
	ANG		
Objavljeno v			
Tipologija			
COBISS.SI-ID			

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1. Naslov	SLO	Rekonstrukcija kurilnice - strojnice na objektu Kopališče Ježica in priključitev kogeneracije na omrežje UDO	
	ANG	Reconstruction of boiler-engine room on the "kopališče Ježica" and connection to cogeneration.	
Opis	SLO	Izdelali smo projekt kogeneracije za sočasno proizvodnjo električne in toplotne energije; projekt strojnih napeljav in opreme : projekt izvedenih del - PID, Ruše, ECO Power CEA, 2005	
	ANG	We carried out cogeneration of electricity and heat production	
Šifra	F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev		
Objavljeno v	projekt strojnih napeljav in opreme : projekt izvedenih del - PID. Ruše: ECO Power CEA, 2005. 1 mapa (loč. pag.)		
Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)		
COBISS.SI-ID	11472662		
2. Naslov	SLO		
	ANG		
Opis	SLO		
	ANG		
Šifra			
Objavljeno v			
Tipologija			
COBISS.SI-ID			
3. Naslov	SLO		
	ANG		
Opis	SLO		
	ANG		
Šifra			
Objavljeno v			
Tipologija			
COBISS.SI-ID			
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. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁷

8.1. Pomen za razvoj znanosti⁸

SLO

Solarni strešnik predstavlja nov izdelek, ki ima funkcijo strešne kritine in gretja sanitarne vode, lahko pa se uporablja v kombinaciji s toplotno črpalko tudi za ogrevanje stanovanjskih hiš. Predstavlja nov korak v vedno širši uporabi solarne energije pri proizvodnji toplote. Kombinacija uporabe solarni strešnik-toplotna črpalka omogoča dvig temperature anergije, ki jo potrebuje toplotna črpalka za ogrevanje. Višja temperatura anergije pa omogoča tolotni črpalki obratovanje z višjim grelnim številom in s tem večji prihranek energije.

ANG

Solar tile is a new product, which has function of domestic water heating.

8.2. Pomen za razvoj Slovenije⁹

SLO

Solarni strešnik v kombinaciji s toplotno črpalko pomeni izboljšanje energetskih izkoristkov pri proizvodnji toplote za gretje sanitarne vode in ogrevanju stanovanjskih hiš. Gre za proizvodnjo toplote iz obnovljivih virov energije v našem primeru iz sončne energije, ki obstaja v naravi v neomejenih količinah. Pomeni prihranek energije in zmanjšanje emisije toplotnogrednih plinov, katere mora Slovenija v skladu z evropskimi direktivami zmanjševati. Nadalje predstavlja solarni strešnik nov izdelek na tržišču, ki lahko doprinese k odpiranju novih delovnih mest. Pomeni tudi širšo uporabo toplotnih črpalk, kar ima za posledico večjo proizvodnjo toplotnih črpalk in dodatni vir dohodkov.

ANG

Solar tile is a new product on the energy market.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-9370
Naslov projekta	Računalniško modeliranje celičnih struktur pod vplivom večosnih udarnih obremenitev
Vodja projekta	23463 Matej Vesenjajk
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	11 Neusmerjene raziskave (temeljne)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Raziskovali projekt je temeljil na eksperimentalnem in računalniškem testiranju novih celičnih materialov za določitev in vrednotenje vpliva različnih parametrov na makroskopsko obnašanje celičnih struktur, z upoštevanjem polnil v porah pod vplivom enosnih in večosnih udarnih obremenitev. V okviru projekta so bili upoštevani naslednji dejavniki: (i) vrsta osnovnega (celičnega gradiva), (ii) relativna gostota, (iii) deformacijska hitrost, (iv) prisotnost polnila, (v) velikost celične strukture in (vi) različne geometrije celic z določeno stopnjo nehomogenosti.

Obnašanje in sposobnost absorpcije deformacijske energije celičnih gradiv, izdelanih iz aluminijeve zlitine, jekla, železa in polimera, je bilo določeno eksperimentalno, z upoštevanjem različnih deformacijskih hitrosti. Da bi povečali sposobnost absorpcije udarne energije celičnih gradiv, je bilo uporabljeno viskozno polnilo. V dvoletnem projektu je bilo izvedeno veliko število tlačnih preizkusov pri različnih deformacijskih hitrostih obremenjevanja na servo-hidravličnem

preizkusnem stroju na Fakulteti za elektrotehniko, strojništvo in ladjedelništvo v Splitu, Hrvaška. Rezultati eksperimentalnih meritev so bili uporabljeni za vrednotenje in validacijo računalniških modelov celičnih struktur, prav tako z upoštevanjem viskoznih polnil por, kjer je bilo potrebno določiti močno vezano interakcijo med osnovnim gradivom in polnilom por. Rezultati mehanskih eksperimentov celičnih struktur z vzdolžnimi porami (angl. lotus-type porous structure) in struktur kovinskih votlih kroglic (angl. metallic hollow sphere structure) so bili pridobljeni na podlagi mednarodnega sodelovanja z Univerzo v Osaki na Japonskem, Univerzo v Aveiru na Portugalskem in Univerzo v Maleziji. Lastnosti osnovnega (celičnega) gradiva in parametri deformacijske hitrosti pa so bili določeni z eksperimentalnimi meritvami preizkušancev pod vplivom kvazi-statičnih in dinamičnih enoosnih obremenitvenih pogojev na Fakulteti za strojništvo v Mariboru in Fakulteti za elektrotehniko, strojništvo in ladjedelništvo v Splitu.

Natančno modeliranje celične strukture navadno ni možno zaradi omejenih računalniških zmogljivosti, zato je urejena in neurejena razporeditev celic celičnega gradiva v projektu ustrezala določeni stopnji homogenosti, kar je pripomoglo k lažji izdelavi matematičnega opisa in hkrati omogočalo ponovljivo izdelavo konstrukcije za eksperiment. Odziv celičnih gradiv in njihova karakterizacija je opisana in izvedena na podlagi "enotskega volumskega elementa" (angl. representative volume element). Osnovno numerično izhodišče za računalniške simulacije je predstavljala nelinearna metoda končnih elementov, v kombinaciji z modernejšo brez mrežno metodo hidrodinamike diskretnih delcev (Smoothed particle hydrodynamics – SPH). Ustreznost in natančnost simulacijskih modelov je bila potrjena z: (i) izvedbo parametričnih analiz, (ii) uporabo različnih inženirskih programskih paketov in (iii) vrednotenjem in primerjavo eksperimentalnih rezultatov. Zaradi začetnega tlaka v porah zaprtih celičnih gradiv je bila prav tako upoštevana prednapetost celotne strukture. Posebna pozornost je bila posvečena tudi opisu začetnih in robnih pogojev, kjer so bile uporabljene določene poenostavitve zaradi omejitev računalniških zmogljivosti. Določeni računalniški modeli dodatno upoštevajo kriterij porušitve za natančnejši in realnejši opis porušitve medceličnih sten, kar pa vpliva na celotno spremembo robnih pogojev. Računalniške simulacije so bile analizirane na visoko zmogljivih računalnikih: i) gruča s 30 enotami na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, ii) gruča z 120 enotami na Univerzi v Karlsruhe, Nemčija in iii) gruča s 400 enotami na enem izmed šestih največjih izobraževalnih računskih centrov v Evropi (HLRS) v Stuttgartu, Nemčija.

Računalniško modeliranje različnih celičnih struktur (kovinske pene, celične strukture z vzdolžnimi porami, strukture kovinskih votlih kroglic, kovinske pene z napredno morfologijo) je temeljilo na predhodno izvedenem računalniškem testiranju, kjer je opisan odziv celičnih gradiv ob upoštevanju vpliva različnih parametrov pod vplivom enoosnih udarnih obremenitev. Razviti so bili modeli za izvedbo elasto-plastičnih parametričnih analiz, najnovejših poroznih gradiv z vzdolžnimi porami, ki zagotavljajo izjemno homogene strukture. Modeli so prav tako upoštevali vpliv plina, ki se nahaja v porah zaradi izdelovalnih postopkov, na makroskopski odziv strukture. Določeni in razviti so bili računalniški modeli zaprtih celičnih struktur – strukture votlih kovinskih kroglic, ki omogočajo karakterizacijo in analizo tovrstnih struktur z različnimi topologijami, kjer je bil analiziran vpliv postavitve in razporejenost celic. Omenjeni modeli tudi omogočajo simulacijo vpliva plinskega polnila in absorpcijo udarne energije. Analizirane so bile urejene odprte celične strukture pod vplivom enoosnih dinamičnih obremenitev, kjer je bila določena močno vezana interakcija med osnovnim celičnim gradivom in polnilom celic. Izdelani so bili računalniški modeli, s katerimi je bilo možno analizirati celične strukture različnih dimenzij. V izvedenem projektu je bilo modeliranje in analiziranje nadgrajeno na višji nivo ob upoštevanju večosnih obremenitvenih pogojev in določitvi natančne površine tečenja ter utrjevanja za različne vrste osnovnih gradiv z in brez polnil. Natančneje so bili analizirani tudi kriteriji porušitve. V okviru raziskovalnega projekta je bila analizirana tudi oblika in topologija neurejenih celic s pomočjo slik pridobljenih z računalniško tomografijo (CT). Te slike so bile obdelane in rekonstruirane v virtualnem okolju s pomočjo slikovne prepoznavne slikovnih podatkovnih sklopov. Razviti računalniški modeli omogočajo način za reševanje dinamičnih, vezanih problemov interakcije med strukturo (osnovnim celičnim gradivom) in tekočino (polnilom), pri zelo velikih deformacijah. Računalniški rezultati prav tako opisujejo analizo parametrov vpliva relativne gostote, deformacijske hitrosti in možne uporabe polnila na odziv celične strukture ter njeno sposobnost absorpcije deformacijske energije. Raziskave, ki so bile osredotočene na določitev vpliva dinamičnega obremenjevanja novih celičnih gradiv, so potrdile, da pri dinamičnih obremenitvah in velikih deformacijah opazimo večjo odvisnost v meji tečenja kot pri

dosedanjih modelih pri kvazi-statičnih obremenitvah. Posledično je bil analiziran tudi vpliv deformacijske hitrosti, ki omogoča vpogled v odvisnost spreminjanja makroskopskih lastnosti celičnih gradiv ob upoštevanju polnila.

Odzivi celičnih struktur, določeni z natančnim računalniškim modelom, predstavljajo začetne parametre in pogoje za razvoj homogeniziranih modelov celične strukture pri enoosnih in večosnih obremenitvah, za splošno uporabo v komercialnih inženirskih programskih paketih. Homogenizacija je temeljila na zamenjavi enotskega volumskega elementa z enim samim prostorninskim končnim elementom z le eno integracijsko točko in določitvijo homogeniziranega konstitutivnega modela, pridobljenega z natančnimi parametričnimi simulacijami. Razvoj homogeniziranih modelov je potekal v sodelovanju z Univerzo v Hannoveru v Nemčiji. Prednost teh modelov pa je preprostejša, hitrejša in učinkovitejša izvedba računalniških simulacij celičnih gradiv v splošni inženirski praksi.

Del raziskav je bil v okviru različnih mednarodnih štipendij (HPC Europe, JSPS, Leonardo da Vinci) in bilateralnih projektov znanstvenega in tehnološkega sodelovanja izveden na naslednjih univerzah: Univerza v Osaki, Japonska (6 tednov), Univerza v Karlsruhe in Univerza v Stuttgartu, Nemčija (16 tednov), Univerza v Splitu, Hrvaška (1 mesec), Univerza v Aveiru, Portugalska (1 teden) in Univerza v Hannoveru, Nemčija (1 teden). H kakovosti projekta pa je prispevalo tudi sodelovanje z naslednjimi ustanovami, inštituti in podjetji doma ter v tujini: Fraunhoferjev Inštitut v Nemčiji, M-pore v Nemčiji, Univerza Salford v Veliki Britaniji, Univerza Kettering v ZDA in Univerzitetni klinični center Maribor. Na podlagi izvedenega projekta in izvrstnega znanstveno-raziskovalnega sodelovanja s številnimi institucijami in podjetji so odprte številne možnosti za nadaljevanje razvoja na področju celičnih struktur in partnerstva vzajemne koristi tudi v prihodnosti v skupnih evropskih projektih.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

V okviru projekta so bili realizirani vsi zastavljeni cilji. Z vzpostavitvijo novega sodelovanja z raziskovalnimi ustanovami in podjetji doma ter v tujini je bilo dodatno možno analizirati še različne vrste celičnih struktur (neurejene kovinske pene, celične strukture z vzdolžnimi porami, strukture kovinskih votlih kroglic, kovinske pene z napredno morfologijo) in izvesti natančno analizo ter virtualno rekonstrukcijo neurejenih celičnih struktur.

Dosežen je bil temeljni cilj projekta, ki predstavlja nadgradnjo obstoječih računalniških modelov celičnih gradiv s poudarkom na upoštevanju vpliva dinamične obremenitve, različnih vrst celičnih struktur ter polnila na njihov mehanski in termični odziv za uporabo v splošni inženirski praksi. Numerični modeli, ki so upoštevali močno vezan vpliv osnovnega gradiva celičen strukture in polnila v celicah pri udarnih dinamičnih obremenitvah, so bili razviti v sodelovanju z mednarodno priznanimi tujimi univerzami in ovrednoteni z eksperimentalnim programom.

Rezultati projekta zajemajo tudi razvoj in karakterizacijo novih naprednih celičnih struktur. Na podlagi eksperimentalnih meritev, v sodelovanju z univerzami v tujini, so bili razviti novi simulacijski modeli. Le-ti so ob uporabi parametričnih računalniških simulacij omogočili določitev najprimernejših geometrijskih in materialnih parametrov celičnih gradiv z viskozniimi polnili, z namenom prirediti in izboljšati njihovo togost ter sposobnost absorpcije deformacijske energije pri različnih deformacijskih hitrostih glede na zahteve posamezne aplikacije. Razviti natančni in homogenizirani modeli zagotavljajo preprostejšo, natančnejšo in predvsem realnejšo uporabo simulacijskih modelov različnih celičnih gradiv pod vplivom enoosnih in večosnih udarnih obremenitev.

K izvedbi zastavljenega programa raziskovalnega projekta so prispevali tudi številni bilateralni projekti znanstvenega in tehnološkega sodelovanja, ki so omogočili natančnejšo, naprednejšo in bolj izpopolnjeno analizo in razvoj novih računalniških modelov ter karakterizacijo celičnih gradiv. Aktualnost, uspešnost in odmevnost izvedenega programa in omenjenih raziskav dokazuje skupno 46 bibliografskih enot.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

/

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Odziv popolnoma in delno vezanih struktur votlih kovinskih krogel pri dinamičnih obremenitvah
		ANG	Behaviour of syntactic and partial hollow sphere structures under dynamic loading
	Opis	SLO	Članek opisuje raziskavo makroskopskega odziva posebne vrste celičnih struktur – strukture kovinskih votlih kroglic (angl. metallic hollow sphere structure), ki so delno in popolnoma adhezivno povezane z umetno maso. Vplivi morfologije in topologije strukture ter debeline sten por so bili ovrednoteni s parametričnimi dinamičnimi simulacijami. Natančno je bil analiziran tudi potek deformacije in sposobnost absorpcije deformacijske energije pri delno in popolnoma povezanih strukturah.
		ANG	The paper investigates the macroscopic behaviour of adhesively bonded metallic hollow sphere structures (MHSS) fully and partially embedded within an adhesive matrix. The influence of MHSS morphology and topology, sphere wall thickness and strain rate was evaluated with dynamic parametric simulations. The deformation mechanism and capability of strain energy absorption of fully and partially embedded spheres has been analyzed in detail.
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, FIEDLER, Thomas, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas. Behaviour of syntactic and partial hollow sphere structures under dynamic loading. Adv. eng. mater. (Print), 2008, vol. 10, no. 3, str. 185-191. http://dx.doi.org/10.1002/adem.200700325 , doi: 10.1002/adem.200700325.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	12151574		
2.	Naslov	SLO	Karakterizacija odprtih celičnih gradiv s polnili
		ANG	Characterization of open-cell cellular material structures with pore fillers
	Opis	SLO	V raziskavi so bila obravnavana nova napredna celična gradiva z namenom povečati sposobnost absorpcije deformacijske energije. Rezultati izvedene študije dokazujejo, da uporaba viskoznih polnil v odprtih celičnih strukturah poveča sposobnost absorpcije deformacijske energije. Dodatno je bilo ugotovljeno, da velikost celične strukture bistveno vpliva na globalni odziv in da ima polnilo večji vpliv na celično strukturo z višjo relativno gostoto (manjšimi porami).
		ANG	In this research new advanced cellular materials have been evaluated in order to increase the capability of energy which is absorbed during the deformation process. The results of the performed study shows that introduction of viscous fillers in open-cellular structures indeed increases the capability of deformational energy absorption. Additionally, it was determined that the size of the cellular material dramatically influences its response and that the filler influences the behaviour of a cellular structure with a higher relative density more than the one with a lower relative density.
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, ÖCHSNER, Andreas, REN, Zoran. Characterization of open-cell cellular material structures with pore fillers. Mater. lett. [Print ed.], 30. Jun. 2008, vol. 62, iss. 17/18, str. 3250-3253. http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2008.02.054 , doi: 10.1016/j.matlet.2008.02.054.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	12407318		
3.	Naslov	SLO	Ekperimentalna študija odprto-celičnih struktur z elastičnim polnilom
		ANG	Experimental study of open-cell cellular structures with elastic filler material
	Opis	SLO	Odziv duktilnih (aluminijeva zlitina) in krhkih (polimer) celičnih struktur z urejeno topologijo z in brez polnila (silikon) je bil eksperimentalno ovrednoten pri kvazi-statičnih in dinamičnih tlačnih obremenitvah. Eksperimenti so pokazali, da polnilo por povečuje sposobnost absorpcije energije in dodatno izboljša ter stabilizira odziv krhkih celičnih struktur.
		ANG	The behaviour of ductile (aluminium alloy) and brittle (polymer) cellular structures with regular topology with and without the pore filler (silicon rubber) under quasi-static and dynamic compressive loading conditions has been experimentally studied and evaluated. It was observed that the pore filler material increases the capability of energy absorption and furthermore

		improves and stabilises the response of a brittle cellular structures.
Objavljeno v		VESENJAK, Matej, KRSTULOVIC-OPARA, Lovre, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas, DOMAZET, Željko. Experimental study of open-cell cellular structures with elastic filler material. Exp. mech., Published online: 7 October 2008. http://dx.doi.org/10.1007/s11340-008-9183-8 , doi: 10.1007/s11340-008-9183-8.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12945686
4.	Naslov	<i>SLO</i> Odziv celičnih gradiv pri udarnih obremenitvah <i>ANG</i> Behaviour of cellular materials under impact loading
	Opis	<i>SLO</i> Članek opisuje računalniške modela za simulacijo odziva urejenih odprtih in zaprtih celičnih struktur pri tlačnih udarnih obremenitvah. Odziv zaprtih celičnih struktur je bil ovrednoten z uporabo enotskega volumnskega elementa, kjer je bil analiziran vpliv plinskega polnila v pori. Pri analizi odprte celične strukture je bila določena močno vezana povezava med trdnino in tekočino z uporabo brez mrežne metode delcev (SPH). S pomočjo računalniških simulacij je bilo možno ovrednotiti vpliv osnovnega gradiva, deformacijske hitrosti in relativne gostote na makroskopski odziv celične strukture. <i>ANG</i> The paper describes computational models for simulating the response of regular cellular structures under compressive impact loading. The behaviour of closed-cell cellular structures has been evaluated with the representative volume element accounting for pore pressure. The open-cell cellular structure has been analyzed considering a fully coupled interaction and using the smoothed particle hydrodynamics method. With computational simulations the influence of the base material, strain rate and relative density on the macroscopic behaviour of cellular structures has been evaluated.
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas. Behaviour of cellular materials under impact loading. Mater.wiss. Werkst.tech., Feb. 2008, vol. 39, iss. 2, str. 125-132. http://dx.doi.org/10.1002/mawe.200700258 .
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	12097302
5.	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba metode hidrodinamike diskretnih delcev v inženirskih problemih <i>ANG</i> Application of smoothed particle hydrodynamics method in engineering problems
	Opis	<i>SLO</i> V poglavju je predstavljena brez mrežna metoda hidrodinamike diskretnih delcev (SPH) in njena uporabnost v eksplicitnem programskem paketu LS-YDNA. Predstavljena sta tudi dva praktična primera uporabe SPH metode. V obeh primerih se je SPH metoda izkazala kot učinkovito in zanesljivo računsko orodje. <i>ANG</i> In this chapter the meshless Smoothed Particle Hydrodynamics method (SPH) is introduced and its implementation in the explicit code LS-DYNA is discussed. Then the application of the SPH method is presented with two practical examples. In both examples the SPH method proved to be an effective and reliable tool.
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, REN, Zoran. Application of smoothed particle hydrodynamics method in engineering problems. V: FERREIRA, António (ur.), KANSA, Edward J. (ur.), FASSHAUER, Gregory E. (ur.), LEITÃO, V. M. A. (ur.). Progress on meshless methods, (Computational methods in applied sciences, vol. 11). [Dordrecht]: Springer, cop. 2009, str. 273-289.
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
	COBISS.SI-ID	12930326

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i> Računalniško modeliranje zaprtih in odprtih celičnih struktur s polnili <i>ANG</i> Computational modelling of closed- and open-cell cellular structures with fillers

Opis	SLO	Raziskava je osredotočena na računalniško modeliranje zaprtih in odprtih celičnih struktur izpostavljenih udarnim obremenitvenim pogojem. Osnovni cilj računalniškega modeliranja je določitev in ovrednotenje vplivov različnih parametrov na odziv celične strukture. Računalniške simulacije dokazujejo, da povečanje relativne gostote in deformacijske hitrosti vpliva na povečanje makroskopske togosti celične strukture.
	ANG	The research focuses on computational modelling of closed- and open-cell cellular structures subjected to impact loading conditions. The prime aim of computational modelling is to determine and evaluate the influence of different parameters on macroscopic behaviour of cellular structures subjected to impact loading. Computational simulations prove that the increase of relative density and strain rate results in increase of the cellular structure stiffness.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	VESENJAK, Matej, ÖCHSNER, Andreas, REN, Zoran. Computational modelling of closed- and open-cell cellular structures with fillers. V: ZHAO, Han (ur.), FLECK, Norman A. (ur.). IUTAM Symposium on Mechanical Properties of Cellular Materials, held September 17-20, 2007, LMT-Cachan, Cachan, France.: proceedings of the IUTAM Symposium on Mechanical Properties of Cellular Materials, LMT-Cachan, Cachan, France, (IUTAM book series, 12). Dordrecht; London: Springer, 2009, str. 197-206.	
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)	
COBISS.SI-ID	12991254	
2. Naslov	SLO	Celične strukture pri udarnih obremenitvenih pogojih
	ANG	Cellular structures under dynamic loading condition
Opis	SLO	In this study the influence of different parameters on behaviour of open- and closed-cell cellular structures under impact loading was investigated by means of computational simulations using the explicit finite element code LS-DYNA. Computational simulations show that the base material has the highest influence on behaviour of cellular structures under impact conditions.
	ANG	Predstavljena je bila raziskava vpliva različnih parametrov na odziv odprtih in zaprtih celičnih struktur pri udarnih obremenitvah. V ta namen so bile uporabljene računalniške simulacije z eksplicitnim programskim paketom LS-DYNA. Računalniške simulacije so pokazala izjemen vpliv osnovnega gradiva na odziv celične strukture pri udarnih obremenitvah.
Šifra	B.04 Vabljeni predavanja	
Objavljeno v	VESENJAK, Matej. Cellular structures under dynamic loading condition : lecture presented at the Institut für Mechanik, Universität Karlsruhe, on May 10th 2007. Karlsruhe, 2007.	
Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi	
COBISS.SI-ID	11301910	
3. Naslov	SLO	Celična gradiva: lastnosti, uporaba in modeliranje
	ANG	Cellular materials: properties, application and modelling
Opis	SLO	Sprva so bile predstavljene mehanske lastnosti celičnih gradiv, njihove prednosti in slabosti. Nato je bila obravnavana možnost njihove uporabe. V zgoščeni obliki je bilo predstavljeno dvo- in tridimenzionalno modeliranje urejenih in neurejenih celičnih struktur ter računalniške simulacije z nekaj praktičnimi primeri.
	ANG	First the mechanical properties of cellular materials, their advantages and disadvantages, were presented. Then, their application possibilities were discussed. Briefly the modelling of two-dimensional and three-dimensional cellular materials with regular and irregular topology was presented, following by the dynamic computational simulations and particular examples.
Šifra	B.04 Vabljeni predavanja	
Objavljeno v	VESENJAK, Matej. Cellular materials: properties, application and modelling : invited presentation on June 6, 2008 at the Institute of Continuum Mechanics of the Leibniz Universität Hannover. Hannover, 2008.	
Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi	
COBISS.SI-ID	12467478	
4. Naslov	SLO	Simulacije in modeliranje: računalniške simulacije aluminijastih celičnih struktur

	ANG	Simulation and modelling: computational simulations of aluminium cellular structures
Opis	SLO	Namen raziskave je bila karakterizacija večjih vzorcev odprtih celičnih gradiv s polnili z naprednimi računalniškimi simulacijami. V ta namen je bil uporabljen računalniški paket LS-DYNA. Razviti računalniški modeli so bili ovrednoteni s pomočjo eksperimentalnih preizkusov.
	ANG	The purpose of this research was the characterisation of large scale regular open-cell cellular materials with pore fillers by means of advanced computational simulations. For this purpose the explicit dynamic code LS-DYNA was used. The developed computational models were evaluated and validated according to the experimental testing programme.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v		VESENJAK, Matej, REN, Zoran, SCHWEIZERHOF, Karl. Simulation and modelling: computational simulations of aluminium cellular structures. V: HIRSCH, Jürgen (ur.), SKROTZKI, Birgit (ur.), GOTTSTEIN, Günter (ur.). 11th International Conference on Aluminium Alloys, 22-26 Sept. 2008, Aachen, Germany. Aluminium alloys : their physical and mechanical properties. 1. Aufl. Weinheim: Wiley; [S. l.]: Deutsche Gesellschaft für Materialkunde: = DGM, 2008, vol. 2, str. 1394-1399.
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		12651286
5. Naslov	SLO	Ekperimentalno testiranje in računalniško modeliranje celičnih struktur
	ANG	Experimental testing and computational modelling of cellular structures
Opis	SLO	V sodelovanju s tujimi univerzami (Univerza v Splitu, Hrvaška; Univerza v Osaki, Japonska; Univerza Karlsruhe, Nemčija) je obravnavana je eksperimentalna karakterizacija in računalniško modeliranje različnih vrst celičnih struktur v okviru parametričnih analiz.
	ANG	In cooperation with foreign universities (University of Split, Croatia; University of Osaka, Japan; University of Karlsruhe, Germany) experimental characterization and computational modelling of different types of cellular structure based on parametric analyses has been evaluated.
Šifra		D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
Objavljeno v		VESENJAK, Matej, KRSTULOVIĆ-OPARA, Lovre, REN, Zoran, BOROVINŠEK, Matej, DOMAZET, Željko, ALUJEVIĆ, Neven. Modeliranje in razvoj materialov z odprto celično strukturo
		VESENJAK, Matej, NAKAJIMA, Hideo. Computational modeling of Lotus-Type porous metals accounting for pore filler under impact conditions VESENJAK, Matej, SCHWEIZERHOF, Karl. Computational modelling of open-cell cellular structure : European research infrastructure on high performance computing
Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID		11528726

8. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁷

8.1. Pomen za razvoj znanosti⁸

SLO

Dvoletni podoktorski temeljni raziskovalni projekt je povezoval tri glavna področja: (i) konstruiranje, (ii) računalniško modeliranje in (iii) karakterizacijo celičnih gradiv s pomočjo analitičnih modelov, eksperimentalnih meritev in numeričnih simulacij. Znanstveno-raziskovalni rezultati projekta so naslednji:

- karakterizacija in razvoj naprednih zaprtih in odprtih celičnih gradiv;
- kvazi-statično in dinamično eksperimentalno testiranje odprtih celičnih struktur;
- vrednotenje računalniških modelov močno vezane interakcije med osnovnim celičnim gradivom in polnilom pri različnih deformacijskih hitrostih;
- razvoj numeričnih modelov urejenih in neurejenih zaprtih celičnih struktur s plinskimi polnili, izpostavljeni dinamičnim enosnim in večosnim obremenitvi;
- razvoj modelov za izvedbo elasto-plastičnih parametričnih analiz poroznih gradiv z vzdolžnimi porami, ki zagotavljajo izjemno homogene strukture;
- parametrična računalniška analiza zaprtih celičnih struktur – strukture votlih kovinskih kroglic

- razvoj novih računalniških modelov za simuliranje urejenih odprtih celičnih struktur s polnilom in upoštevanjem porušitvenega kriterija pri udarnih obremenitvah;
- določitev vpliva prisotnosti polnila in vrste polnila na makroskopski odziv celičnih struktur ter njihovo sposobnost absorpcije udarne energije;
- analiziranje neurejenih naprednih celičnih struktur s pomočjo računalniške tomografije (CT);
- razvoj novih homogeniziranih računalniških modelov celičnih struktur, ki upoštevajo močno vezano interakcijo med osnovnim celičnim gradivom in polnilom pri različnih deformacijskih hitrostih.

Rezultati projekta predstavljajo napredek znanosti na področju razvoja novih materialov z zaprtimi in odprtimi celičnimi strukturami ter računalniškega modeliranja celičnih gradiv. Odmevnost rezultatov dokazuje skupno 46 bibliografskih enot. Rezultati so objavljeni v priznanih mednarodnih znanstvenih revijah (11 izvirnih znanstvenih člankov) in predstavljani na vabljenem predavanju znanstvene konference v tujini ter 16 drugih znanstvenih in strokovnih konferencah. Izsledki izvedenega projekta so bili natisnjeni tudi v dveh poglavjih monografske publikacije in predstavljani na šestih vabljenih predavanjih na tujih univerzah.

ANG

The two-year postdoctoral research project has combined three main fields: (design), (i) computational modelling and (ii) characterization of cellular materials with analytical models, experimental measurements and numerical simulations. Scientific results of the research project are the following:

- characterization and development of advanced closed- and open-cell cellular materials;
- quasi-static and dynamic experimental testing of open-cell cellular materials;
- experimental testing of cellular materials with viscous fillers under dynamic loading;
- evaluation of computational models accounting for fully coupled interaction between the cellular base material and filler at different strain rates;
- development of new numerical models of regular and irregular closed-cell cellular structures with fillers subjected to dynamic uni- and multiaxial loading;
- evaluation of models for determination of elastic-plastic properties of lotus-type porous structures with longitudinal pores, which assure a high level of structural homogeneity;
- parametrical analysis of metallic hollow sphere structures;
- development of new computational models for simulating the regular open-cell cellular structure with fillers and considering the failure criteria at impact loading;
- determination of the filler presence and filler type influence on the macroscopic behavior of cellular structures and their capability of impact energy absorption;
- analysis of irregular advanced cellular structures with computer tomography (CT);
- development of new homogenized computational models of cellular structures that account for fully coupled interaction between the cellular base material and the filler at different strain rates.

The results of the project contribute to progress of science in the field of development of the new materials with open- and closed-cell cellular structures and computational modelling of cellular structure materials. Significance of the results has already been proven with 46 bibliographic units. Results of the project have been published in high-ranking reviewed international scientific journals (11 original scientific articles), presented as invited lecture on a scientific conference and as 16 contributions on other scientific and professional conferences. Furthermore, they have been published as two chapters in separate monographs and presented on six invited lectures on foreign universities.

8.2. Pomen za razvoj Slovenije⁹

SLO

Rezultati izvedenega projekta omogočajo neposreden in posreden vpliv na razvoj Republike Slovenije. K neposrednemu vplivu se uvršča novo znanje in odkritja na področju naprednih celičnih materialov in njihovih simulacijskih modelov, ki so trenutno cilj obsežnih raziskav po Evropi in širše po svetu. Razviti modeli omogočajo natančnejšo karakterizacijo in zagotavljajo zanesljivejše rezultate opisa odziva celičnih gradiv pod vplivom dinamičnih mehanskih in termičnih obremenitev ob upoštevanju velikega števila dodatnih parametrov (geometrijskih, materialnih, začetnih in robnih pogojev). Zaradi optimizacije računalniških modelov celičnih struktur le-te zahtevajo manj časa za pripravo numeričnih simulacijskih modelov, zagotavljajo natančnejše in zanesljivejše rezultate in krajše računske čase, kar bo spodbudilo njihovo uporabo v splošnem inženirstvu in zagotovilo širše uporabno območje. Rezultati in izsledki naprednih in novih celičnih gradiv, ki imajo zelo širok spekter uporabe v inženirstvu in drugih panogah, pa bo omogočilo učinkovitejšo uporabo omenjenih gradiv (npr. kot elementi za absorpcijo udarne energije, ki zagotavljajo višjo stopnjo pasivne varnosti v našem vsakdanjem

življenju).

K posrednim vplivom na razvoj Republike Slovenije sodijo tesne povezave s številnimi institucijami in podjetji doma, v Evropi ter širše po svetu, ki so bile vzpostavljene v okviru tega raziskovalnega projekta. Omenjena sodelovanja ne predstavljajo le kratkoročnega vpliva, ampak zagotavljajo dobro osnovo in omogočajo partnerstvo tudi v prihodnjem znanstveno-raziskovalnem delu, nacionalnih in meddržavnih projektih, ki bodo prav tako doprinesli k razvoju Republike Slovenije.

ANG

Results of this research project assure direct and indirect impacts on the development of Republic of Slovenia. New knowledge and developments in the field of advanced cellular materials and their computational models, which are currently target of many researches in Europe and worldwide, contribute to direct impacts. The developed models assure more accurate characterization and provide more reliable results in describing behaviour of cellular structures under dynamic mechanical or thermal loading, additionally considering a high number of additional parameters (geometrical, material, initial and boundary conditions). Due to optimisation of cellular structure computational models, there is less pre-processing time of simulation models required. They provide higher accuracy and reliability of results and lower computational effort (short computational time) which makes them very attractive for use in general engineering and assures a wide range of possible application. Results of advanced cellular materials which have a high application spectrum in engineering and other fields will allow for more efficient use of such structures (e.g. elements for impact energy absorption, assure higher passive safety in our everyday life).

Partnerships with many institutions and companies in Slovenia, Europe and worldwide that have been established in the framework of this project will contribute to indirect impacts on development of Republic of Slovenia. These cooperations do not represent only a short term impact but assure a good foundation and promise partnership also in future scientific research work, national and international projects, which will contribute to the progress of Republic of Slovenia.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-9744
Naslov projekta	Numerična simulacija turboletnega toka s hitrostno vrtinčno simulacijo velikih vrtin z metodo robnih elementov
Vodja projekta	24331 Jure Ravnik
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	11 Neusmerjene raziskave (temeljne)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

V podoktorskem projektu smo se ukvarjali z razvojem novega numeričnega algoritma za simulacijo toka viskozne tekočine v treh dimenzijah.

Navier-Stokesove enačbe, ki opisujejo tok viskozne tekočine, opisujejo zakon o ohranitvi gibalne količine. V klasičnem zapisu povezujejo hitrostno in tlačno polje v tekočini. V hitrostno vrtinčni formulaciji, ki smo jo uporabili v podoktorskem projektu, je neznanost vrtinčnosti (rotor hitrostnega polja). Vrtinčnost se tvori na trdnih stenah in se z difuzijo in advekcijo odvede v tok. Prenosna enačba za vrtinčnost vsebuje difuzijski in advektiven člen ter člen odgovoren za raztegovanje in vrtenje vrtinčnega polja. Slednji je odgovoren za nastajanje prečnih in vzdolžnih vrtincev in nazorno kaže na tri-dimenzionalen značaj toka.

Da dobimo zaprt sistem enačb, je zakon o ohranitvi gibalne količine potrebno dopolniti z zakonom o ohranitvi mase in energije. Reševanje enačb za neznana hitrostno in vrtilno polje pomeni, da sta neznanki hitrost in njen odvod, ker ju rešujemo hkrati, nam to omogoči doseganje natančnih rezultatov.

Razvit numerični algoritem rešuje nelinearni sistem desetih medsebojno povezanih skalarnih enačb. Iz zakona o ohranitvi mase izpeljemo vektorsko enačbo kinematike. Enačba kinematike je parcialna diferencialna enačbe Poissonovega tipa. Iz nje zapišemo tri skalarnе enačbe za tri komponente hitrostnega polja. Enačbo lahko preoblikujemo, v t.i. normalno obliko, s katero lahko izračunamo tri komponente vrtilnega polja na robu območja. Zakon o ohranitvi energije zapišemo s temperaturo kot nezanko in dobimo parcialno diferencialno enačbo difuzivno-advektivnega tipa. Temperaturno polje botruje vzgonu, ki se odraža kot izvorni člen v prenosni enačbi za vrtilno polje. Ker je vrtilnost vektor, tudi lahko zapišemo tri skalarnе parcialno diferencialne enačbe difuzijsko-advektivnega tipa za tri komponente vrtilnega polja.

Časovne odvode v enačbah smo diskretizirali z končnimi razlikami. Robni pogoji, ki jih zahteva algoritem so lahko Dirichlejevi ali Neumannovi: znane hitrosti in temperature oziroma njuni odvodi po robu območja.

Algoritem reševanja enačb je sledeč:

1. začetek časovne zanke
2. začetek nelinearne zanke
3. izračunaj robne vrednosti vrtilnosti iz enačbe kinematike (uporabi enoobmočno metode robnih elementov)
4. izračunaj vrednosti hitrosti po območju z rešitvijo enačbe kinematike (uporabi večobmočno metodo robnih elementov)
5. izračunaj vrednosti temperature po območju z rešitvijo zakona o ohranitve energije (uporabi večobmočno metodo robnih elementov)
6. izračunaj vrednosti vrtilnosti po območju z rešitvijo prenosne enačbe za vrtilnost (uporabi večobmočno metodo robnih elementov)
7. polja primerno podrelaksiraj in preveri konvergenco. Če konvergenčni kriterij ni izpolnjen, se vrni na začetek nelinearne zanke.
8. konec nelinearne zanke
9. izpis rezultatov za časovni korak
10. konec časovne zanke

Cilj podoktorskega projekta je bil razviti metodo, ki bo delovala na podlagi hitrostno-vrtilne formulacije Navier-Stokesovih enačb, ki bodo rešene s pomočjo metode robnih elementov. Glaven izziv podoktorskega projekta je bila nadgradnja metode robnih elementov v takšni smeri, da zahteva čim manjšo porabo pomnilnika in računskega časa. Klasična metoda robnih elementov ni primerna za uporabo za reševanje Poissonovih in difuzivno-advektivnih parcialnih diferencialnih enačb. Težava nastopi pri dejstvu, da pri zapisu v integralsko obliko ni mogoče najti primerne osnovne rešitve, kar ima za posledico, da imajo enačbe v integralskem zapisu poleg robnih tudi območne integrale. Območni integrali se po diskretizaciji prelevijo v polne matrike. Te zahtevajo veliko pomnilnika za shranjevanje in veliko računskega časa za računanje matrično vektorskih produktov.

V podoktorskem projektu smo raziskali možnosti nadgradnje metode robnih elementov z različnimi pristopi:

a) večobmočna metoda robnih elementov

Ena možnost izogibanja polnih matrik v algoritmu in s tem povezanih težav s pomnilnikom in računskim časom je uporaba metode robnih elementov na manjših območjih. Računsko območje razdelimo na podobmočja na katerih metodo robnih elementov uporabimo nespremenjeno. Robove podobmočij povežemo med seboj s pomočjo kompatibilitetnih robnih pogojev: predpišemo zveznost funkcij in odvodov. S tem dobimo veliko majhnih polnih matrik, ki so med seboj povezane z robnimi pogoji. Ko jih povežemo v en enoten

velik sistem enačb, je le ta predoločen – število enačb je večje od števila neznank. Vodilna matrika pa je prazna. Prazno matriko zapišemo s pomočjo zapisa strnjenih matrik in s tem prihranimo pomnilnik. Za reševanje predločenega sistema linearnih enačb smo uporabili algoritem, ki deluje na principu metode najmanjših kvadratov. Ta metoda je primerna za reševanje prenosnih enačb in enačbe kinematike za neznan hitrostno, temperaturno in vrtnično polje. Metodo smo poskusili uporabiti tudi za določitev robnih vrtničnosti iz normalne oblike enačbe kinematike, vendar smo ugotovili, da tako razvit algoritem ne ohranja mase. V prvi fazi smo za določitev robnih vrtničnosti uporabili nespremenjeno osnovno metodo robnih elementov in algoritem preverili na preverjenih rešitvah drugih avtorjev in na rezultatih komercialnih paketov. Ugotovili smo odlično ujemanje in rezultate objavili v izvirnem znanstvenem članku [1]. Nadalje smo preverili obnašanje metode na vezanih problemih toka tekočin in prenosa toplote. Obravnavali smo naravno konvekcijo na nagnjenih geometrijah. Rezultate te raziskave smo objavili v [2].

b) metode namenjene praznjenju polne matrike

Ozko grlo algoritma, ki smo ga razvili, je bil izračun robnih vrtničnosti z enoobmočno metodo robnih elementov. V drugem letu podoktorskega projekta smo se ukvarjali z uporabo naprednih matematičnih algoritmov za aproksimacijo polnih matrik s praznimi. Podrobno smo preučili predvsem valčno transformacijo in metodo hitrih multipolov (fast multipole method). Obe metodi izvirata iz devetdesetih let prejšnjega stoletja in omogočata kompresijo podatkov.

Metoda hitrih multipolov je osnovana na razvoju integralskega jedra v vrsto po sferičnih harmonikih. Za valčno transformacijo smo uporabili Haarove valčne in spremenljivo mejo za zanemarjanje. Obe metodi smo uporabili pri reševanju skalarnе Poissonove enačbe in vektorske enačbe kinematike. Rezultati za obe metodi kažejo na primerljivo natančnost izračuna pri enaki velikosti približka polne matrike. Valčna transformacija je malo boljša pri majhnih in velikih razmerjih med količino podatkov v približku polne matrike in količino podatkov v polni matriki. Metoda hitrih multipolov pa deluje najbolje za srednja razmerja. Glede vgradnje obeh algoritmov v obstoječ paket za simulacijo ima prednost valčna transformacija, ki jo je mogoče brez težav prilagoditi, medtem ko metoda hitrih multipolov zahteva drugačen razvoj za vsako integralsko jedro.

Prve rezultate smo objavili kot primerjavo valčne transformacije in metode hitrih multipolov za izračun podatkovno izpraznjenih približkov robno-območnih integralskih enačb: Poissonove in enačbe kinematike v [3].

Nadalje smo metodo hitrih multipolov uporabili v algoritmu za simulacijo toka tekočin in prenosa toplote, ki je v kombinaciji z večobmočno metodo robnih elementov, vseboval samo prazne matrike. Tak, hiter algoritem, smo predstavili v izvirnem znanstvenem članku [4]. Zaradi uporabe izključno praznih matrik algoritem ni spominsko potraten in je računsko učinkovit. Ugotovili smo da se uporaba metode hitrih multipolov se izplača samo pri velikih primerih, saj stopnja kompresijske podatkov, ki jo dosežemo, raste z velikostjo polne matrike. Po drugi strani pa je glavna slabost aproksimativnih metod njihova občutljivost na nelinearnost problema. V primerih simulacije močnejše nelinearnih problemov je potrebno stopnjo kompresije zmanjšati.

Nadalje smo se ukvarjali z uporabo metod SVD (singular value decomposition) in ACA (adaptive cross approximation) za izdelavo izpraznjenega približka polne matrike. Metoda SVD preko izračuna lastni vrednosti polne matrike omogoči zanemarjanje majhnih lastnih vrednosti in s tem stiskanje matrike. SVD je znana že dalj časa, njena glavna slabost je zelo dolg računski čas, zaradi katerega je neprimerna za uporabo. Pred nekaj leti razvita metoda ACA je izpeljanka metode SVD, ki sicer ne dosega optimalne stopnje stiskanja, a je računsko zelo učinkovita. Članek o uporabnosti SVD in ACA za pohitritev metode robnih elementov je trenutno v pripravi.

Poleg razvoja numerične metode smo razširjali tudi nabor fizikalnih problemov, ki jih

metoda lahko simulira. Dodali smo modul za reševanje večfaznih tokov z Lagrangeovim sledenjem delcev upoštevajoč širok nabor sil, ki vplivajo na delec. Trenutno vgrajujemo tudi modul za simulacijo turbulentnih tokov. Objave rezultatov tega dela načrtujemo v prihodnjem letu.

Glavne rezultate podoktorskega projekta smo objavili v štirih izvirnih znanstvenih člankih:

[1] RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Combined single domain and subdomain BEM for 3D laminar viscous flow. Eng. anal. bound. elem.. [Print ed.], mar. 2009, vol. 33, no. 3, str. 420-424. doi: 10.1016/j.enganabound.2008.06.006

[2] RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Velocity-vorticity formulation for 3D natural convection in an inclined enclosure by BEM. Int. j. heat mass transfer. [Print ed.], Aug. 2008, vol. 51, iss. 17/18, str. 4517-4527. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.01.018

[3] RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Comparison between wavelet and fast multipole data sparse approximations for Poisson and kinematics boundary - domain integral equations. Comput. methods appl. mech. eng.. [Print ed.], Apr. 2009, vol. 198, iss. 17/20, str. 1473-1485. doi: 10.1016/j.cma.2008.12.012

[4] RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Fast single domain-subdomain BEM algorithm for 3D incompressible fluid flow and heat transfer. Int. j. numer. methods eng., 2009, vol. 77, iss. 12, str. 1627-1645. doi: 10.1002/nme.2467.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Cilj podoktorskega projekta je bil razvoj algoritma za simulacijo toka tekočin in prenosa toplote v treh dimenzijah na podlagi reševanja hitrostno vrtnične formulacije Navier-Stokesovih enačb in metode robnih elementov. Tak algoritem smo razvili in njegovo delovanje preverili s primerjavo rezultatov simulacij toka s preverjenimi rešitvami drugih avtorjev. Nadalje smo si zadali nalogo izboljšati učinkovitost algoritma s pomočjo naprednih matematičnih prijemov. Raziskali smo uporabo valčne transformacije, metode podobmočij in metode hitrih multipolov. Ugotovili smo, da metoda podobmočij omogoča natančno in učinkovito reševanje prenosnih enačb. Rešitev enačbe kinematike, ki jo uporabimo za določitev robnih vrtničnosti, pa smo uporabili enoobmočno metodo robnih elementov. Polne matrike smo aproksimirali z valčno transformacijo in metodo hitrih multipolov. Ugotovili smo, da obe metodi dajeta približno enako natančne rezultate pri enaki stopnji razpršenosti matrike. V končni verziji algoritma smo uporabili kombinacijo eno in večobmočne metode robnih elementov v navezavi z metodo hitrih multipolov. Trenutno prilagajamo algoritem za simulacijo turbulentnih tokov.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni sprememb

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i>	Hitrostno vrtnična formulacija za 3D naravno konvekcijo in nagnjeni kotanji z metodo robnih elementov
		<i>ANG</i>	Velocity-vorticity formulation for 3D natural convection in an inclined enclosure by BEM

	Opis	SLO	Obravnavamo pojav naravne konvekcije v kotanjah oblike kocke in kvadra, ki sta nagnjeni stran do smeri težnega pospeška. V tem znanstvenem članku poročamo o razvoju novega algoritma za simulacijo toka viskozne tekočine in prenosa toplote. Algoritem temelji na kombinaciji eno-območne in več-območne metode robnih elementov. Algoritem rešuje hitrostno vrtnično formulacijo Navier-Stokesovih enačb, ki so sklopljene z energijsko enačbo. Rezultati simulacij so primerjani z rezultati drugih avtorjev za Rayleighova števila med $10^3 < Ra < 10^5$.
		ANG	A natural convection phenomenon is studied in cubic and parallelepipedal inclined enclosures. The simulation of coupled laminar viscous flow and heat transfer is performed using a novel algorithm based on a combination of singledomain Boundary element method (BEM) and subdomain BEM. The algorithm solves the velocity-vorticity formulation of the incompressible Navier-Stokes equations coupled with the energy equation using the Boussinesq approximation. Simulation results are compared with benchmark results for a cubic inclined enclosure for Rayleigh number values $10^3 < Ra < 10^5$.
	Objavljeno v	RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Velocity-vorticity formulation for 3D natural convection in an inclined enclosure by BEM. Int. j. heat mass transfer. [Print ed.], Aug. 2008, vol. 51, iss. 17/18, str. 4517-4527. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.01.018 , doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.01.018	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	12278550	
2.	Naslov	SLO	Primerjava valčne transformacije in metode hitrih multipolov za izračun podatkovno izpraznjenih približkov enačb: Poissonove in enačbe kinematike.
		ANG	Comparison between wavelet and fast multipole data sparse approximations for Poisson and kinematics boundary - domain integral equations
	Opis	SLO	Uporaba metode robnih elementov na nehomogeni parcialni diferencialni enačbi zahteva izračuna polne matrike območnih integralov. V tem znanstvenem članku primerjamo dva načina za izdelavo približkov polnih matrik z manjšo količino podatkov. To sta valčna transformacija in metoda hitrih multipolov. Rezultati za obe metodi kažejo na primerljivo natančnost izračuna pri enaki velikosti približka polne matrike. Prednost pri vgradnji algoritma v obstoječ paket za simulacijo ima valčna transformacija, saj metoda hitrih multipolov zahteva drugačen razvoj za vsako integralsko jedro.
		ANG	The boundary element method applied on non-homogenous partial differential equations requires calculation of a fully populated matrix of domain integrals. This paper compares two techniques: the fast multipole method and the fast wavelet transform, which are used to reduce the complexity of such domain matrices. The results show comparable accuracy for both methods for a given data storage size. Considering implementation of the methods, the wavelet transform can easily be adapted for any problem, while the fast multipole method requires different expansion for each integral kernel.
	Objavljeno v	RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Comparison between wavelet and fast multipole data sparse approximations for Poisson and kinematics boundary - domain integral equations. Comput. methods appl. mech. eng.. [Print ed.], Apr. 2009, vol. 198, iss. 17/20, str. 1473-1485. http://dx.doi.org/10.1016/j.cma.2008.12.012 , doi: 10.1016/j.cma.2008.12.012	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
COBISS.SI-ID	13062678		
3.	Naslov	SLO	Kombinirana več-območna in eno-območna metoda robnih elementov za 3D laminaren viskozen tok
		ANG	Combined single domain and subdomain BEM for 3D laminar viscous flow
	Opis	SLO	V znanstvenem članku smo predstavili več-območno metodo robnih elementov z zvezno kvadratno interpolacijo funkcije in nezvezno linearno interpolacijo normlanega odvoda funkcije za rešitev prenosne enačbe za vrtničnost in enačbe kinematike v treh dimenzijah. Z uporabo robnih pogojev med območji dobimo predoločen sistem linearnih enačb, ki ga rešimo v duhu metode najmanjših kvadratov. Razvita metoda v kombinaciji z eno-območno metodo robnih elementov simulira tok viskozne tekočine. Uporabnost in natančnost metode smo preverili z primerjavo z rezultati drugih avtorjev za tok v 3D gnani kotanji.

		ANG	A subdomain boundary element method (BEM) using a continuous quadratic interpolation of function and discontinuous linear interpolation of flux is presented for the solution of the vorticity transport equation and the kinematics equation in 3D. By employing compatibility conditions between subdomains an over-determined system of linear equations is obtained, which is solved in a least squares manner. The method, combined with the single domain BEM, is used to solve viscous flows. The versatility and accuracy of the method are proven using the 3D lid driven cavity test case.
	Objavljeno v		RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Combined single domain and subdomain BEM for 3D laminar viscous flow. Eng. anal. bound. elem.. [Print ed.], mar. 2009, vol. 33, no. 3, str. 420-424. http://dx.doi.org/10.1016/j.enganabound.2008.06.006 , doi: 10.1016/j.enganabound.2008.06.006
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		12948502
4.	Naslov	SLO	Hitra eno-in-več območna metoda robnih elementov za 3D nestisljiv tok tekočine in prenos toplote
		ANG	Fast single domain-subdomain BEM algorithm for 3D incompressible fluid flow and heat transfer
	Opis	SLO	V tem znanstvenem članku smo predstavili pohitritev in zmanjšanje potrebnega spomina algoritma za simulacijo toka tekočine in prenosa toplote. Računski čas in zahteve algoritma po pomnilniku so zmanjšane s pomočjo metode hitrih multipolov. Laplaceovo osnovno rešitev, razvijemo v vrsto po sferičnih harmonikih. V članku predstavimo vpliv uporabe metode hitrih multipolov na natančnost končne rešitve in vpliv na konvergenco nelinearne zanke. Uporabljena sta bila dva 3D preverjena primera: tok v gnani kotanji in pojav naravne konvekcije med toplo in hladno steno.
		ANG	In this paper acceleration and computer memory reduction of an algorithm for the simulation of laminar viscous flows and heat transfer is presented. The CPU time and storage requirements are reduced by implementing a fast multipole expansion method. The Laplace fundamental solution is expanded in terms of spherical harmonics. The paper presents results of exploring the effect of the multipole expansion algorithm on the accuracy of the solution. Two 3D benchmark numerical examples are used: the lid-driven cavity and the onset of natural convection in a differentially heated enclosure.
	Objavljeno v		RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Fast single domain-subdomain BEM algorithm for 3D incompressible fluid flow and heat transfer. Int. j. numer. methods eng., 2009, vol. 77, iss. 12, str. 1627-1645. http://dx.doi.org/10.1002/nme.2467 , doi: 10.1002/nme.2467
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		13066774	
5.	Naslov	SLO	Numerična simulacija redkih suspenzij delcev v tokovih z valčno transformacijo in metodama robnih in končnih elementov
		ANG	Numerical simulation of dilute particle laden flows by wavelet BEM-FEM
	Opis	SLO	V tem znanstvenem članku smo predstavili numerični algoritem, ki temelji na kombinaciji metode robnih elementov, metode končnih elementov in valčne transformacije. Algoritem za simulacijo toka smo sklopili z algoritmom za Lagrangevo sledenje redkih suspenzij delcev. Algoritem smo uporabili na dveh primerih: toku prek nenadne razširitve in toku preko valja. Raziskali smo porazdelitev delcev v vrtincih za razširitvijo in valjem v časovno odvisnih tokovnih poljih pri višjih Reynoldsovih številih. Raziskali smo tudi posedanje delcev za nenadno razširitvijo pri Reynoldsovem številu 5000.
		ANG	A wavelet transform based BEM and FEM numerical scheme was used to simulate laminar viscous flow. The flow simulation algorithm was coupled with a Lagrangian particle tracking scheme for dilute suspensions of particles. The algorithm was used to simulate flow and particle paths for two test cases: flow over a backward-facing step and flow past a circular cylinder. Particle distributions were investigated in unsteady wakes behind the cylinder and behind the step. Sedimentation of particles without inertia was studied in the flow field behind a backward-facing step at Reynolds number value 5000.
	Objavljeno v		RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, HRIBERŠEK, Matjaž, ŽUNIČ, Zoran. Numerical simulation of dilute particle laden flows by wavelet BEM-FEM. Comput. methods appl. mech. eng.. [Print ed.], Jan. 2008, vol. 197, iss. 6/8, str. 789-805. http://dx.doi.org/10.1016/j.cma.2007.09.007
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Napredna metoda robnih elementov za prenos toplote in tok tekočin
		<i>ANG</i> Advanced BEM techniques for heat and fluid flow
Opis	<i>SLO</i> Vodja projekta je skupaj s prof. Škergetom in prof. Hriberškom predaval na Univerzi v Erlangen-Nuerenbergu. Podali so osnove na novo razvite metode za simulacijo toka tekočin in se dogovorili o tesnejšem sodelovanju med Univerzama. V luči teh dogovorov je vodja tega projekta zaprosil in dobil odobreno DAAD štipendijo, s katero je poleti 2008 raziskovalno deloval v Nemčiji.	
	<i>ANG</i> The project leader has, in cooperation with prof. Škerget and prof. Hriberšek given a lecture at the University of Erlangen-Nuerenberg. Advanced BEM techniques for heat and fluid flow were discussed and talks about cooperation between universities were conducted. As a results of this talks, the project leader has applied for a DAAD scholarship, which was approved. The project leader spent the summer 2008 working on the postdoc project in Germany.	
Šifra		B.04 Vabljen predavanje
Objavljeno v		HRIBERŠEK, Matjaž, ŠKERGET, Leopold, RAVNIK, Jure. Advanced BEM techniques for heat and fluid flow : lecture presented at the Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Technische Fakultät, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, October 26th 2007. Erlangen, 2007.
Tipologija		3.14 Predavanje na tuji univerzi
COBISS.SI-ID		11909654
2.	Naslov	<i>SLO</i> Sledenje delcev, metoda robnih elementov in metoda hitrih multipolov
		<i>ANG</i> Particle tracking, BEM and fast multipole method
Opis	<i>SLO</i> Rezultati podoktorskega projekta so bili predstavljeni na vabljenem predavanju na Univerzi v Udinah v Italiji.	
	<i>ANG</i> Results of the postdoc project were presented in an invited lecture at the University of Udine in Italy	
Šifra		B.04 Vabljen predavanje
Objavljeno v		RAVNIK, Jure. Particle tracking, BEM and fast multipole method : seminar, presented at the Dipartimento di Energetica e Macchine (Department of Energy Technologies) of the Università degli Studi di Udine (University of Udine), May 12, 2008. Udine, 2008.
Tipologija		3.14 Predavanje na tuji univerzi
COBISS.SI-ID		12278806
3.	Naslov	<i>SLO</i> Povabilo v uredniški odbor
		<i>ANG</i> Invitation into editorial board
Opis	<i>SLO</i> Objava rezultatov podoktorskega projekta je zagotovila povabilo vodji projekta za mesto v uredniškem odboru revije založbe Elsevier: Engineering analysis with boundary elements	
	<i>ANG</i> Publishing the results of the postdoc project has resulted in editorial board membership of an Elsevier Journal: Engineering analysis with boundary elements	
Šifra		C.06 Članstvo v uredniškem odboru
Objavljeno v		Engineering analysis with boundary elements. Ravnik, Jure (član uredniškega odbora 2009). [Print ed.]. Kidlington: Elsevier, ?989-. ISSN 0955-7997.
Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID		5605380
4.	Naslov	<i>SLO</i> Rešitev 3D hitrostno vrtinčne formulacije Navier-Stokesovih enačb z metodo robnih elementov.
		<i>ANG</i> Solution of 3D velocity-vorticity formulation of the Navier-Stokes equations by boundary element method

Opis	SLO	Na znanstveni konferenci so bili predstavljeni rezultati podoktorskega projekta. Predstavljen je bil nov algoritem za reševanje hitrostno vrtnične formulacije Navier-Stokesovih enačb z metodo robnih elementov. Natančnost in uporabnost algoritma je bila dokazana z rešitvami toka v kanalu in toka v gnani kotanji do Reynoldsovega števila 1000.
	ANG	A novel algorithm for the simulation of laminar viscous flows by solving of 3D velocity vorticity formulation of the Navier-Stokes equations was presented at this scientific conference. The versatility and accuracy of the proposed algorithm are proven by simulating 3D channel flow and 3D lid driven cavity flows up to Reynolds number 1000.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, ŽUNIČ, Zoran. Solution of 3D velocity-vorticity formulation of the Navier-Stokes equations by boundary element method. V: SIMOS, Theodore (ur.). Numerical analysis and applied mathematics, (AIP Conference Proceedings, 936). Melville; New York: American Institute of Physics, cop. 2007, str. 456-459.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	11684630	
5. Naslov	SLO	Hitra metoda zobnih elementov za nestisljiv viskozen tok tekočin
	ANG	Fast BEM algorithm for viscous incompressible fluid flow.
Opis	SLO	Na znanstveni konferenci so bili predstavljeni rezultati podoktorskega projekta. Predstavljena je bila pohitritev metode robnih elementov in zmanjšanje spominske zahtevnosti s pomočjo metode hitrih multipolov.
	ANG	At the scientific conference the results of the postdoc project were presented. Acceleration and memory compression were presented for the boundary element method based on the usage of the fast multipole method.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	RAVNIK, Jure, ŠKERGET, Leopold, HRIBERŠEK, Matjaž. Fast BEM algorithm for viscous incompressible fluid flow. V: Ninth European Multigrid Conference, October 20-23, 2008, Bad Herrenalb. Collection of abstracts. Frankfurt am Main: Goethe-Center for Scientific COmputing G-CSC, Johann Wolfgang Goethe-Universität, 2008, 1 str.	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS.SI-ID	12829206	

8. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁷

8.1. Pomen za razvoj znanosti⁸

SLO

Pomen za razvoj znanosti vidimo predvsem v razvoju nove numerične sheme za simulacijo toka tekočin in prenosa toplote. Nova shema dosega natančnejše rezultate. Ker rešujemo nelinearen sistem parcialnih diferencialnih enačb, je numerična shema z manjšimi popravki uporabna tudi za simuliranje drugih fizikalnih procesov in pojavov, ki jih opisujemo z enakimi oziroma podobnimi enačbami.

Podoktorski projekt vključuje raziskavo uporabnosti različnih strategij stiskanja polnih matrik in vpliv le tega na končno rešitev nelinearnega sistema enačb. Primerjava uporabnosti različnih metod, ki je bila izvedena v okviru podoktorskega projekta, podaja nova spoznanja o delovanju metod in njihovem vplivu na nelinearnih sistemih. Do sedaj, so drugi avtorji te metode večinoma uporabljani na linearnih problemih. Ta spoznanja so dobrodošla v vseh vejah znanosti, pri katerih se srečujemo z veliki matrikami.

ANG

Scientific relevance of the proposed postdoctoral project may be found above all in the development of a new numerical scheme for simulation of fluid flow. The new scheme gives results with superior accuracy. Since the solution is obtained by solving a nonlinear system of partial differential equations, the numerical scheme will be with some modifications useful for simulating other physical processes and phenomena, which are described by the same of similar equations.

The postdoctoral project includes research into different strategies of matrix compression and

the influence of this to the final solution of the nonlinear system of equations. Comparison of applicability of different approximation method, which was conducted as a part of the postdoctoral project, provided new findings on the influence of these methods on non-linear system. Till today, other authors mainly focused on the usage of the method for approximation of linear problems. We believe that this results will be useful all scientific areas, where large quantities of data need to be handled.

8.2. Pomen za razvoj Slovenije⁹

SLO

Rezultati podoktorskega projekta bodo dolgoročno imeli pozitiven vpliv na družbeno ekonomski razvoj. Ko bo v podoktorskem projektu razvita numerična shema vgrajena v inženirska orodja se lahko nadejamo napredka pri simuliranju tokov tekočin z namenom povečevanja učinkovitosti gospodarstva pri načrtovanju novih strojev in naprav. Hkrati dostopnejša orodja za simulacijo toka lahko uporabimo tudi za raziskave same fizike toka, kar prispeva k boljšemu razumevanju narave in s tem k razvoju družbe.

Rezultati simulacij toka tekočine so osnova za natančno napovedovanje okoljskih vplivov onesnaževalcev okolja ter predstavljajo osnovo za izvedbo ukrepov za zmanjševanje posledic takšnih vplivov in s tem ohranjanje narave.

Avtor podoktorskega projekta je bil na podlagi objav rezultatov podoktorskega projekta povabljen v uredniški odbor mednarodne znanstvene revije založbe Elsevier: Engineering Analysis with Boundary Elements, ki velja za eno najboljših na področju razvoja metode robnih elementov. Članstvo v uredniškem odboru ugledne mednarodne znanstvene revije bo prispevalo k znanstvenemu ugledu Slovenije.

ANG

The results of the postdoctoral project will in the long run have a positive effect on the socio-economic development. When the new numerical scheme, which we developed during the postdoctoral project, is included into engineering tools, we believe we will witness an improvement in fluid flow simulations and an improvement in development process of new devices and machines. At the same time, flow simulations can be used for research into the physics of the flow, which contributes to a better understanding of nature and as such to development of culture.

Simulations of fluid flow are the basis for accurate prediction of environmental impact of pollution sources and are as such the basis of execution of measures, which reduce those impacts and thus preserve the nature.

The author of the postdoctoral project has been, based on the publication of the postdoctoral project results, invited into the editorial board of an international scientific journal: Engineering Analysis with Boundary Elements, which is published by Elsevier and is one of the best journals in the field of boundary element method research. Membership in the board will improve scientific reputation of Slovenia.

***LETNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNEGA DELA V OKVIRU
RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2009***

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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: 4.649 od tega v letu 2009: 1.033
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

V tem času smo se ukvarjali z raziskavo in selekcijo primernih UV absorberjev in možnostjo njihove aplikacije ter izbrali primerne vlaknotvorne polimere v obliki tkanin in sicer bombaž, bombaž/PES, PES, in PA. To so materiali, ki se najpogosteje uporabljajo za izdelavo poletnih oblačil. Pri selekciji primernih UV absorberjev smo proučevali različne substance, kot je TiO₂ in ZnO, lignin in derivate ekstrahirane iz lesa rdečega bora, ki smo ga dobili na podlagi sodelovanja z Laboratory of Wood and Paper.

Po meritvah absorbance v UV področju smo v raziskavah ekstrakta rdečega bora ugotovili, da je le ta najvišja v UVB področju. Ekstrakt je sestavljen iz več komponent med katerimi prevladuje monometil pinosylvin in pinosylvin, hydroxymatairesinoli kot so oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njegovi derivati z visoko absorpcijo pri valovnih dolžinah med 200 in 350 nm, Posebej pa so za UVA področje pomembni pinosylvini z

konjugiranimi dvojnimi vezmi. Lignin je stabilen visoko zamrežen aromatski polimer, ki nastane s polimerizacijo aromatskih alkoholov (p-koumaril, koniferil in sinapil). Lignin je kompleksen zamrežen polimer s številnimi intermolekularnimi povezavami. 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). Prav tako je zanj značilna slabša stabilnost v vodnih raztopinah, ki so izpostavljene svetlobi.

Izbranim UV absorberjem smo določili njihove UV absorpcije v raztopinah s pomočjo merjenja absorbance v področju med 200 in 400 nm na spektrofotometru *Varian Cary 50*, ki je namenjen merjenju absorpcije svetlobe raztopin v vidnem in ultravijoličnem delu svetlobnega spektra, ter po aplikaciji tudi na materialih z merjenjem UPF faktorjev. Te meritve so potekale prav tako na istem spektrofotometru, vendar s pomočjo dodatne opreme za merjenje UV zaščitnega faktorja in absorpcije v UVA in UVB področju.

Na izbranih materialih smo z izbranimi UV absorberji analizirali primernost posamezne tehnologije nanosa. Izbrane ploske tekstilije smo obdelovali v kopelih, ki so vsebovale posamezne UV absorberje, pri postopkih z dodanim barvilom pa še kemikalije, tenzide, tekstilna pomožna sredstva (dispersatorji, omakalna sredstva, pufri...). Vrsta prisotnih pomožnih sredstev in kemikalij je odvisna od načina topnosti in izdelave ustreznih stabilnih disperzij ali raztopin, ki so primerne za aplikacijo. Glede na način prehajanja UV absorberjev iz obdelovalnih kopeli na tekstilije smo izvedli postopke izčrpavanja, pri katerih potekata prehod in vezava apretirnega sredstva na tekstilni material v razredčeni kopeli dalj časa in potekajo kot diskontinuirni postopki obdelave, pri čemer smo preučevali vpliv kopelnega razmerja (KR), različnih pH, temperatur, časov in različnih dodatkov, ki omogočajo primerno sorpcijo UV absorberjev na material. Alternativni postopek, ki smo ga preučevali je postopek impregniranja – pri katerih apretirna sredstva prehajajo na tekstilni substrat v kratkem časovnem obdobju iz koncentriranih kopelih, reakcija med reagentom in tekstilnim materialom pa poteka v naslednji fazi fiksiranja, kjer smo preučili fiksiranje z vročim zrakom. Pri teh postopkih smo spremljali ožemalne učinke in spreminjali tekstilna pomožna sredstva, pH kopeli, in temperaturo fiksiranja.

Za vsak uporabljen UV absorber smo s pomočjo spektrofotometra v področju med 200 in 400 nm izmerili UV absorpcijo in določili njegovo optimalno zaščito v določenem področju. Zasedovali smo predvsem področje med 315 in 400 nm, ki pomeni zaščito v UVA področju in področje med 280 in 315 nm, ki pomeni zaščito v UVB področju. Prav tako smo na podlagi teh meritev ugotavljali vpliv posameznih koncentracij in pogojev obdelave na vrednost absorpcije. Za ugotavljanje učinkov UV absorberjev smo uporabili standardne metode po mednarodno usklajenih standardih za določanje fotozaščite tekstilij pred sončno svetlobo, ki temelji na določanju UPF faktorja. Definiran je kot razmerje med potencialnim eritemskim učinkom (bolezensko rdečino kože) in dejanskim eritemskim učinkom, ki ga povzroča transmisija svetlobe skozi tkanino. Višja kot je vrednost izračunanega UPF faktorja, več zaščite pred UV žarki nudi oblačilo. Za primerno zaščito pred UV sevanjem naj bi imela oblačila SPF 30 in več. Dobra zaščitna obleka naj zniža UV sevanje na površini za vsaj 95% in več.

Da bi lahko izvedli realno primerjavo posameznih ploskih tekstilij med seboj, smo v analizo vključili zraven UV propustnosti še vpliv teže, gostote tkanja ali pletenja, debeline tudi meritve zračne propustnosti materialov, ki je pogosto, ne pa izključno pomemben parameter in nam omogoča določitev primerljivih ploskih tekstilij, kar je za realne učinke posameznih nanosov UV absorberjev pogoj. Nadalje smo merili ploskim tekstilijam refleksijske vrednosti in izračunali globino barve (K/S), in ugotovili da globina barve v mnogih primerih zraven kemijske konstitucije barvil pomembno vpliva na vrednotenje UV propustnosti. UV zaščita je odvisna od vseh navedenih parametrov. Na podlagi dosedanjih raziskav pa pričakujemo realizacijo zastavljenih ciljev, saj nam dajejo izbrani materiali in UV absorberji dobre rezultate. Med izbranimi UV absorberji ima ekstrakt rdečega bora, ki predstavlja novost, pri postopku nanosa z impregnacijo in fiksiranjem z visoko temperaturo, odlične zaščitne lastnosti (UPF 50+).

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Realizacija poteka skladno z načrtovanimi aktivnostmi, ki so navedene v časovnem planu. Tako smo opravili raziskavo in selekcijo primernih UV absorberjev in proučili možnosti njihove aplikacije na izbrane ploske tekstilije. Pri raziskavi smo uporabili TiO_2 in ZnO , lignin in derivate ekstrahirane iz lesa rdečega bora. Izbranim

UV absorberjem smo določili UV absorpcijo v raztopinah s pomočjo merjenja absorbance v področju med 200 in 400 nm na spektrofotometru *Varian Cary 50*, izvedli analizo določitve kemijskega naboja (zeta potencial) in s Fourier transform infrardeča FT-IR spektroskopijo ugotavljali uspešnost nanosa glede na vrsto izbrane metode aplikacije. Nanos izbranih UV absorberjev je potekal po impregnacijskem, kot izčrpalnem postopku, ki je primerna 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. Za raziskavo smo izbrali materiale, ki se najpogosteje uporabljajo za izdelavo poletnih oblačil in sicer ploske tekstilije iz bombaža, mešanice bombaž/PES, PES, in PA. Na materialih smo izvedli analize strukturnih lastnosti in zračne propustnosti, ki so se gibale med 71 in 450 L/m²s imajo vpliv na propustnost sončne svetlobe, ter sorpcijskih lastnosti, ki imajo vpliv na sposobnost navzemanja apreta. Vse navedene analize uporabljenih ploskih tekstilij so osnova za pravilno vrednotenje analize vplivov posameznih vlaknotvornih polimerov ter njihovih obdelav na učinke posameznih izbranih tehnologij obdelave z različnimi UV absorberji. Za ugotavljanje učinkov UV absorberjev različnih koncentracij na različnih ploskih tekstilijah smo uporabili standardne metode po mednarodno usklajenih standardih za določanje fotozaščite tekstilij pred sončno svetlobo, ki temelji na določanju UPF faktorja. Pri raziskavi smo želeli na različnih materialih doseči primerno zaščito pred UV sevanjem, kar pomeni, da smo upoštevali, kot uspešen postopek pri materialih z SPF 30 in več. Za merjenje UVA in UVB zaščite in izračuna SPF uporabljamo spektrofotometer *Varian Cary 50*, ki ga nadgradimo z enoto za merjenje UV prepustnosti ploskovnih materialov in programsko opremo. Rezultati raziskave nam kažejo, da imajo izbrane tkanine ne glede na to, da so iz različnih materialov, z različno težo, gostoto in zračno propustnostjo vse UPF faktor med 3,9 in 8,4, kar ne predstavlja primerne zaščite. Z nanosom UV absorberjev lahko dosežemo primerno zaščito (UPF faktor do 50⁺), ki je odvisna tako od koncentracije UV absorberja, kot od načina aplikacije, pri čemer predstavlja impregnacija, v primerjavi s postopkom izčrpanja, bolj učinkovit proces.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Jih ni.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv s corona postopkom modificirane površine na barvanje volne <i>ANG</i> The impact of corona modified fibres' chemical changes on wool dyeing.
	Opis	<i>SLO</i> Namen raziskave je bil ugotoviti vpliv corona obdelave na spremembo površinskih lastnosti volnene tkanine ter posredno na izčrpanje barvalne kopeli. Preučili smo različne kemijske lastnosti volnene tkanine z XPS in polielektrolitsko titracijo. Tkanino smo barvali s kislim in kovinsko-kompleksnim barvilom. Zaradi plazma obdelave se zmanjša količina ogljika, poveča pa se količina kisikovih in dušikovih atomov ter pozitivno nabitih funkcionalnih na površini volnene tkanine, kar vpliva na povečanje hidrofilitnosti, sorpcija barvil je večja. <i>ANG</i> The main contribution of the present work was to study the impact of Corona-treated wool fabrics' induced surface properties on dye-bath exhaustion. Firstly, the differing chemical aspects of a woven wool fabric's surface were determined using XPS and polyelectrolyte titration. Fabrics were dyed with blue acid and blue metal-complex dyes. The results provided evidence that the overall carbon C 1s content was decreased. It has also been noted that the amount of positive-charged functional groups in various pH ranges are higher for Corona-treated wool fabric in comparison with the untreated.
		Objavljeno v
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	12100374
2.	Naslov	<i>SLO</i> Analiza galactoglucomannans iz smrekovega lesa s kapilarno elektroforezo

	ANG	Analysis of galactoglucomannans from spruce wood by capillary electrophoresis.
Opis	SLO	Cilj te študije je bil setup metode za ugotavljanje in določanje količine monosaccharide komponent v tehničnih galactoglucomannas (T-GGM) iz smrekovega lesa z uporabo kapilarne elektroforeze (CZE). Količine posameznih komponent monosaccharida v T-GGM vzorcu, ki smo jih ugotovili z optimiziranim postopkom CZE so praktično enake v primerjavi z rezultati ugotovljenimi na uveljavljeni anionsko izmenjevalni kromatografiji HPLC.
	ANG	The aim of this study was to setup a method for detection and quantification of monosaccharide components in technical galactoglucomannas (T-GGM) from spruce wood using capillary zone electrophoresis (CZE). The amounts of single monosaccharide components in the T-GGM samples obtained by the optimised CZE procedure were practically the same in comparison to the results of the well established HPLC-anion exchange chromatography.
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	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Zaščitne lastnosti tekstilij , obdelane z UV absorberjem ekstrakta rdečega bora
		ANG	Protection properties of textiles treated with UV absorber extracted from pine wood.
Opis	SLO	Z raziskavo smo želeli ugotoviti absorpcijo elektromagnetnega valovanja v področju 290 do 400 nm na petih izbranih tkaninah iz različnih surovin, teže, mase in vezave, apretirane z različnimi koncentracijami UV absorberja ekstrakta rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) in vpliv obdelave na UV zaščito materialov. Materialom smo določili zračno propustnost na aparatu Karl Schröder, ter UPF, UVA in UVB vrednosti na spektrofotometru Cary 50 (Varian). Z raziskavo smo ugotovili, da na UV zaščito materialov vpliva tako struktura materiala, njegova kompozicija, kot koncentracija uporabljenega UV absorberja.	
	ANG	The aim of this research was, therefore, to investigate the relationship between the absorption of 290 to 400 nm of wavelength using five fabrics, treated with several concentrations of UV absorbers extracted from pine wood, and their blocking properties against UV-rays. The air permeability of samples was determined using a Karl Schröder apparatus, and UPF, UVA, UVB values were measured by a Cary 50 spectrophotometer (Varian). The obtained results indicate that the fabrics' structural parameters, and concentrations of the absorbers are in correlation with the UV absorbing capacity.	
Šifra	F.05 Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja		
Objavljeno v	Proceedings of the 9th Autex Conference. Izmir: Ege University, Engineering Faculty, Department of Textile Engineering, 2009, str. 913-916.		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
COBISS.SI-ID	13239318		
2.	Naslov	SLO	Postopki plemenitjenja s pomočjo ultrazvoka
		ANG	Finishing processes with Ultrasound
Opis	SLO	Ultrazvočna energija kot sredstvo za pospeševanje prenosa snovi na področju tekstila se intenzivneje raziskuje v zadnjem obdobju. Ta študija primerja alternativne postopke z uporabo ultrazvoka v primerjavi s konvencionalnimi postopki razškrbljenja, izkuhavanja, beljenja, barvanja in čiščenja odpadnih vod. Nove tehnologije lahko bistveno vplivajo na boljše upravljanje z materiali, povečajo energijsko učinkovitost in vplivajo na znižanje emisij v okolje.	

	ANG	Ultrasonic energy as a means of accelerating mass transfer in textile materials has been attempted in recent years. This study concerns that use of ultrasound as a supportive process to the conventional desizing, scouring, washing, dyeing, and waste water treatment. These new technologies will help to improve the management of material flows, increase energy-efficiency and cut emissions in the textile industry.
Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Objavljeno v	Tekstilna znanost i gospodarstvo : zbornik radova : book of proceedings. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska, 2009, str. 147-150.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	13018134	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

Romania-Slovenia cooperation in science and technology, 2008-2009, Izboljšanje okoljskih kazalcev z uporabo biotehnologije pri plemenitjenju tekstilij : znanstveno tehnološko sodelovanje med Republiko Slovenijo in Romunijo v letih 2008 in 2009 = Improving the environmental indicators using biotechnologies in textile processing :

Sodelovali smo tudi pri mednarodnem projektu: Lifelong Learning program - Leonardo da Vinci - Innovation Transfer in Textiles, kjer smo soustvarjali izobraževalen program za e-učenje na področju tekstila.

Veliko smo se ukvarjali tudi s čiščenjem odpadnih vod 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.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskava novih UV absorberjev pomemben prispevek k temeljnemu znanju o sposobnosti UV absorpcije posameznih snovi, kot so ekstrakti lignina, ki so preliminarno pokazali visoke vrednosti absorpcije v področju med 200 in 400 nm. Raziskava zajema analizo UV absorpcije lignina in njegovih derivatov ekstrahiranih iz lesa rdečega bora ter razvoj metode aplikacije na vlaknotvorne polimere, kar predstavlja pomemben prispevek na področju raziskav UV zaščitnih materialov.

Ekstrakt je sestavljen iz več komponent med katerimi prevladuje monometil pinosylvin in pinosylvin, hydroxymatairesinoli kot so oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njihovi derivati z visoko absorpcijo pri valovnih dolžinah med 200 in 350 nm, Posebej pa so za UVA področje pomembni pinosylvini z konjugiranimi dvojnimi vezmi. Dodatno še preučujemo UV absorberje, kot sta titanov dioksid in cinkov oksid ter barvila, ki prav tako vplivajo na stopnjo UV zaščite. S projektom preučujemo tudi različne možnosti aplikacije, kot je možnost nanosa s pomočjo različnih pomožnih sredstev in aditivov po izčrpalnem in impregnacijskem postopku, raziskujemo njihovo reaktivnost in topnost v različnih medijih in preučujemo sposobnost sorpcije s pomočjo energije ultrazvoka.

ANG

Development of new UV absorbers will be an important contribution to the fundamental knowledge about UV absorption of individual substance such as extract of lignin that was preliminary shown high absorbance values in the UV region of 200-400 nm. The research include analysis of UV absorption of lignin and its derivates extracted from pine wood, and development of application method for fibre-forming polymer materials, which will represent an authentic scientific contribution on the field of textile materials with UV protective properties.

This extract is composed from different components, i.e. mainly from pinosylvine and pinosylvine monomethyl ether, followed by oxo-matairesinol and ArMe.X-lignin and their derivates with high absorption maximum between wavelength of 200 and 350 nm, and are important also for UVA region. Additionally, titanium dioxide and zinc oxide as the most common UV absorbers were examined as well as dyestuffs that also impact on UV protective properties. With proposed project we study different application possibilities, according to

various exhaustion or impregnation processes using different auxiliaries and additives and ultrasound. Hence, UV absorbers reactivity, solubility and sorption ability we investigated.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Novo pridobljena znanja na področju razvoja in temeljnih raziskav UV absorberjev, ki izhajajo iz naravnih materialov, kot je les, ki se nahaja v naravi, ekstrakti lignina pa predstavljajo stranski produkt predelave, predstavljajo pomemben potencial za razvoj realnih materialov, ki bodo omogočali zaščito tekstilnim materialom v UV področju. Sposobnost izdelave takšnih materialov pomeni za gospodarstvo proizvodnjo specialnih produktov z višjo dodano vrednostjo, ki imajo glede na škodljive posledice UV žarkov na zdravje ljudi, tudi visok tržni potencial. Pomemben del projekta predstavlja tudi razvoj aplikacije UV absorberjev in s tem razvoj tehnologije obdelave različnih, v poletju najpogosteje uporabljenih, materialov.

Iz navedenega izhaja, da ima raziskava velik vpliv tudi na razvoj novih, UV zaščitnih proizvodov v gospodarskih družbah, ki se danes ukvarjajo s proizvodnjo tekstilnih materialov in izdelkov, istočasno pa omogoča tudi proizvodnjo UV absorberjev, katerih osnova je ekstrakt rdečega bora, lignin in ostali derivati. Na podlagi tega lahko zaključim, da ima izvedba tega projekta vpliv na razvoj več panog, posamezne proizvode bo mogoče izdelovati v okviru obstoječih proizvodenj, kakor tudi z ustanovitvijo posebnih obratov.

ANG

The obtained knowledge on the field of development and fundamental research of UV absorbers extracted from wood and lignin absorbers will represent the important potential for development of real textile materials with UV protective properties. Processing of such materials means the production of special products with high added value and with high market potential, because of the harmful UV radiation for people health. The important part of the project will be development of UV absorbers application and consequently development of technology for different textile materials for summer cloths. From the statements above, it could be concluded that the presented project will have significant impact on development of new products in business companies, and thus on progress and successfulness of the society.

As mentioned above, the presented research has also an important influence on the development of new UV protective products in the companies, which deal with textile materials and products. At the same time, the production of UV absorbers on the basis on pine wood extract, lignin and others derivatives will be feasible. We could conclude that the realization of this project will have an impact on the development of different branches; it will be possible to make individual product in the existential productions as well as in new-established factories.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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: 4.649 od tega v letu 2009: 1.033
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	IOS, Inštitut za okoljevarstvo in sentorje, d.o.o.
	Naslov	Beloruska 7, 2000 Maribor
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature smo pripravili nabor možnih indikatorskih barvil, ki reagirajo z biogenimi amini (putrescin, kadaverin, tiramin itd.). Indikatorsko barvilo mora imeti vsaj eno od naslednjih funkcionalnih skupin kot so: a) trifluoroacetilno skupino, ki reagira tako s primarnimi kot tudi sekundarnimi amini, b) triciano vinilno skupino, ki reagira s primarnimi kot tudi s sekundarnimi amini c) pirensko skupino, ki reagira samo s primarnimi amini in d) eterno - skupino, ki reagira z diamini. Izbrali smo eno fluorescentno (F) in eno absorpcijsko (A) barvilo. Obe barvili vsebujeta trifluoroacetilno funkcionalno skupino, ki se odziva na amine v električno nevtralni obliki, kar pomeni da se ne odziva na protonirane amine v obliki amonijaka. Zaradi podobne strukture in enakih

funkcionalnih skupin biogenih aminov smo kot analit izbrali putrescin, ki se najpogosteje pojavlja pri vseh prehrabnih izdelkih. Izbrani barvili (A, F) raztopljeni v etilacetatu smo testirali na odzivnosti na putrescin raztopljen v fosfatnem pufri pH 11,2. Pri barvilu A je prišlo ob prisotnosti putrescina do spremembe barve iz oranžno rdeče v rumeno (nastal je novi absorpcijski vrh pri 418 nm). Barvilo F ima eksitacijo pri 468 nm in emisijo pri 576 nm v trifluoroacetni obliki. Z dodatkom putrescina je prišlo do ugašanja fluorescence pri valovni dolžini emisije (576 nm). Istočasno pa je prišlo zaradi konverzije indikatorja v hemiamino obliko do naraščanja fluorescence pri valovni dolžini eksitacija 384 nm in emisiji 426 nm. Torej je možno spremljati spreminjanje intenzitete fluorescence indikatorja v trifluoroacetni obliki ($\lambda_{\text{eks}} = 468 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 576 \text{ nm}$) ali v hemiamino obliki ($\lambda_{\text{eks}} = 384 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 426 \text{ nm}$).

V okviru faze 2 smo imobilizirali oba izbrana indikatorska barvila v sol-gel membrane po »doping« postopku. Za pripravo membran smo izbrali različne sol-gel prekursorje kot so nizkomolekularni alkoksasilan tetraetoksasilan (TEOS) ter organsko modificirane siloksane in sicer metiltrietoksasilan (MTEOS), 3,3,3 trifluoropropiltrimetoksasilan (FPTriMOS) ter propiltrimetoksasilan (PTriMOS). Z namenom zagotavljanja stabilnih in homogenih senzorskih membran smo optimirali procesne parametre kot so: razmerje med vodo in prekursorjem (R), pH katalizatorja, vsebnost topila, razmerja med samimi prekursorji in z uporabili smo različne tipe sol-gel prekursorjev in ormosilov. Same membrane smo ročno nanašali s potapljanjem v sol-gel senzorsko raztopino tako na steklene nosilce kot tudi na polimerne (polietilentereftalat) nosilce ter preizkušali različne aktivacijske tehnike nosilcev, da bi zagotovili čim boljše adhezijo sol-gel nanosa na le-te. Stabilne in homogene membrane smo dobili med vsemi testiranimi nanosi le z uporabo dveh sol-gel nanosov in sicer: a) R je 15:1, razmerje med TEOS in MTEOS je 1:9, pH 13 in b) R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1.

V okviru faze 3 in aktivnosti 3.1. smo pričeli s testiranjem odzivnosti posameznih senzorskih membran na putrescin, raztopljen v 100 mM fosfatnem pufri s pH 11,2. Vse membrane so pokazale odzivnost na putrescin. V primeru membrane z indikatorjem (A) je prišlo ob dodatku putrescina do poviševanja absorpcije pri 418 nm in zniževanja vrha pri 479 nm. V primeru membrane z fluorescentnim indikatorjem pa smo merili spreminjanje intenzitete fluorescence pri 576 nm, kjer je prišlo od dodatku analita do ugašanja fluorescence in pri 426 nm, kjer je prišlo do naraščanja fluorescence. Faza 3 v okviru plana dela še poteka do konec meseca maja 2010. V tem času imamo namen narediti še karakterizacijo senzorskih membran v smislu odzivnega časa, občutljivosti, selektivnosti, reverzibilnosti, meje detekcije, delovno območje.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Cilj raziskav za preteklo leto projekta je bil pregled relevantne strokovne in znanstvene literature, priprava nabora možnih absorpcijskih in fluorescentnih indikatorjev za detektiranje biogenih aminov (putrescina). Med tem, ko nam absorpcijsko barvilo lahko že s spremembo barve napove prisotnost biogenih aminov, so fluorescentna barvila in njihove odzivnosti nujno vezana tudi na instrumentalni del senzorskega sistema za detekcijo analita. Po drugi strani pa nam fluorescentna barvila omogočajo detektirati bistveno nižje meje koncentracij izbranih analitov. V projektu so bila indikatorska barvila izbrana glede na občutljivost, selektivnost, fotostabilnost in združljivost s preprosto in cenovno ugodno optoelektronsko merilno opremo (LED, fotodiode, itd). Izbrana absorpcijska in fluorescentna indikatorska barvila smo testirali v raztopinah (definirali smo optične absorpcijske in fluorescenčne lastnosti indikatorjev brez in v prisotnosti izbranega analita – putrescina). Oba indikatorja smo tudi uspešno imobilizirali v različne sol-gel materiale, med katerimi sta se predvsem dva odlikovala s primerno stabilnostjo in homogenostjo: a) R je 15:1, razmerje med TEOS in MTEOS je 1:9, pH 13 in b) R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1. Imobilizacija je bila uspešna saj nista niti absorpcijski kot tudi ne fluorescentni indikator izgubila svoje možnosti odzivnosti na izbran analit. Senzorske membrane so bile že tudi delno testirane na putrescin. Narediti bomo še karakterizacijo senzorskih membran v smislu odzivnega časa, občutljivosti, selektivnosti, reverzibilnosti, meje detekcije, delovno območje vendar ta del raziskav bo zaključen konec maja 2010 kot je načrtovano v našem časovnem planu. Zastavljeni cilji projekta so bili do sedaj v celoti izvedeni in uresničeni.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Detection of nanomolar concentrations of copper (II) with a Tb-quinoline-2-one probe using luminescence quenching or luminescence decay time
		<i>ANG</i> Detection of nanomolar concentrations of copper (II) with a Tb-quinoline-2-one probe using luminescence quenching or luminescence decay time
Opis	<i>SLO</i> V raziskavi smo predstavili nov terbijev kompleks za določevanje bakrovih ionov v nanomolarnih koncentracijah s pomočjo tehnike časovno-razločene fluorometrije. Analize so bile izvedene v mikrotiterskih ploščah.	
	<i>ANG</i> We present a time-resolved (gated) luminescence-based method for determination of Cu ²⁺ ions in microtiterplate format in the nanomolar concentration range using the novel long lived terbium complex.	
Objavljeno v	Analytica Chimica Acta [Printed edition], 2009, vol. 644, iss. 1/2, str. 53-60	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13136406	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Nov optični kemijski senzor za detekcijo biogenih aminov
		<i>ANG</i> New optical chemical sensor for biogenic amines detection
Opis	<i>SLO</i> Biogeni amini so toksične substane in onesnažujejo industrijska področja. pogosto se uporabljajo v farmacevtskih, bioloških, medicinskih in prehrabnenih izdelkih. Mikroorganizmi s svojim delovanjem povzročajo nastanek biogenih aminov, ki lahko imajo negativni učinek na zdravje. Biogeni amini so pokazatelji kvalitete in svežosti hrane. Razvit je nov optični kemijski senzor, ki reagira z biogenimi amini (putrescin). Kemijska reakcija povzroči spremembo barve.	
	<i>ANG</i> Biogenic amines (BA) are toxic substances. They are pollutants in industrial and manufacturing areas, because they are widely used in preparations of pharmaceutical, biological, medical and food products. Many microorganisms species produce biogenic amines in or on food and this can cause strong toxic effects on consumers. Biogenic amines are therefore an indicator of food quality. A new class of chemical sensors has been investigated that interacts with biogenic amines, such as putrescine, resulting in a naked eye observed optical change of sensing film optode.	
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. 176	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	14003222	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Optični kemijski senzori in njihova uporaba
		<i>ANG</i> Optical chemical sensors and their applications
Opis	<i>SLO</i> 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 osebna zaščita	
	ANG	Optical chemical sensors and personal prote	
Opis	SLO	Predavanja na temo Fiber Optic Chemical Sensors, visiting professor on Faculty of Textile Science and Technology of Shinshu University, Global COE program, International Center of Excellence on Fiber Engineering, Tokida, Ueda-city, Nagano, Japan, from June 22nd to June 26th, 2009. Nagano, 2009	
	ANG	Lectures on topic about Fiber Optic Chemical Sensors, visiting professor on Faculty of Textile Science and Technology of Shinshu University, Global COE program, International Center of Excellence on Fiber Engineering, Tokida, Ueda-city, Nagano, Japan, from June 22nd to June 26th, 2009. Nagano, 2009	
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi		
Objavljeno v	Nagano, 2009		
Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi		
COBISS.SI-ID	13272086		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

Izvedeni dve delavnici "Optični senzorji za varno hrano" za tehnologe v živilsko predelovalni industriji in strokovno javnost ter za študente FS UM in širšo zainteresirano javnost. 8. in 9. oktober 2009; v pripravi je monografija.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

S primernim izborom absorpcijskih in fluorescentnih indikatorskih barvil, ki smo jih uspešno imobilizirali v ormosilne sol-gel membrane, smo pripravili nove senzorske nanose za določevanje biogenih aminov. Poizvedba v slovenskih in tujih virih je pokazala, da do sedaj še ni bilo objavljenih znanstvenih člankov, ki bi poročali o sol-gel optičnih kemijskih senzorjih za določevanje biogenih aminov.

ANG

On the base of adequate selection of indicator dyes immobilized into ormosil sol-gel membranes we prepared new sensors for the detection of biogenic amines. Literature search in domestic and foreign sources showed that no scientific papers have been published to reported sol-gel optical chemical sensors for biogenic amines detection.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Sodobni potrošniki so postali bolj zahtevni glede kakovosti živil, saj zahtevajo sveže in okusne prehranske izdelke, z majhno vsebnostjo konzervansov, s podaljšanim rokom trajanja in kontrolirano kvaliteto. Senzorska membrana zaznava biogene amine, ki so pokazatelj pokvarljivosti in s tem tudi svežosti pakirane hrane. Senzorske membrane imajo velik tržni potencial in so za podjetja v prehranski industriji pomembna novost. Z uporabo inteligentnega pakiranja bo uporabnik imel dodatno zagotovilo o varnosti izdelka z vidika svežosti živila. Za podjetja to predstavlja možnost doseganja višje dodane vrednosti proizvoda, določeno primerjalno prednost pred drugimi podjetji v branži in širše ter nadaljnje izgrajevanje lastnega

ugleda.

ANG

Contemporary consumers has become more and more demanding regarding the food quality thus require fresh and tasteful nutrition products with low content of preservatives, extended best before date and inspected food quality. Sensor membrane detects biogenic amines, which are indicators of spoiled respectively fresh packed food. Sensor membranes have huge potential for food manufacturers and is an important novelty. Intelligent packaging makes possible an additional promise about food safety regarding freshness. It is of importance for industrial users due to achive higher added value products, competitive advantage and further good name forming.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 4.650 od tega v letu 2009: 1.550
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	

2. Sofinancerji¹

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 projekta²

Tehnologija membranskega bioreaktorja (MBR) temelji na kombinaciji reaktorja, v katerem potekata proces biološkega čiščenja odpadne vode in ločevanje aktivnega blata (biomase) od čiščene vode. Pri MBR procesu odpadna voda najprej priteka v sistem za biološko čiščenje, nato pa mešanica aktivnega blata in vode odteče v filtracijsko celico, v kateri potečeta mikro- ali ultrafiltracija. Proces čiščenja odpadne vode temelji na odstranjevanju polutantov iz odpadne vode, in sicer s serijo biokemijskih reakcij, odstranjene snovi pa pri tem predstavljajo biorazgradljivi del odpadne vode. Po filtraciji se aktivno blato vrača nazaj v proces biološkega čiščenja, očiščena voda pa se lahko ponovno uporabi v procesu pranja kot tehnološka voda brez suspendiranih delcev ali pa se izpusti v vodotok.

V okviru projekta se je za čiščenje odpadne vode uporabljala laboratorijska MBR pilotna naprava s potopnim sistemom (submerged) in ploščato membrano (Flat Sheet), ki je bila v grobem razdeljena na biološko in

filtrsko enoto. Odpadna voda je najprej vstopila v bio-enoto, kjer je potekla biološka razgradnja ogljikovih, dušikovih in fosforjevih spojin s pomočjo bakterij in mikroorganizmov. Tako očiščena voda je nato odtekla v filtersko enoto, kjer je potekla še ultrafiltracija. Iz filterske enote se je nato vodil iztok permeata in koncentrata, aktivno blato pa se je s povratnim tokom vračalo v bio-enoto. Bio-enota je bila razdeljena na dva dela, pri čemer so bili v prvem delu vzpostavljeni aerobni pogoji, v drugem delu pa anoksični pogoji, s čimer so se vzpostavili optimalni pogoji za delovanje naprave. V aerobnem delu se je bil omogočilo heterotrofnim mikroorganizmom, da ob prisotnosti raztopljenega kisika pretvorijo organsko razgradljive snovi v vodo, ogljikov dioksid in biomaso. Za optimalne aerobne pogoje je morala biti zagotovljena zadostna koncentracija raztopljenega kisika, in sicer minimalno 0,5 mg O₂/L. Pri aerobni pretvorbi se je del substrata porabil za vzdrževanje energije mikroorganizmov, del pa pretvoril v novo celično biokulturo (prirast biomase). V anoksičnih pogojih, ko se je sistem z biomaso prenehal prezračevati, so se nitratni in nitritni ioni pretvorili v elementarni dušik. Biološko odstranjevanje spojin dušika zahteva dve stopnji. V prvi stopnji (nitrifikacija) se amonij oksidira v nitrit in nato dalje v nitrat, ob prisotnosti aerobnih avtotrofnih bakterij (nitrifikatorjev). V drugi stopnji (denitrifikacija) heterotrofi (denitrifikatorji) reducirajo oksidirane dušikove spojine v plinski dušik, ki izhaja v zrak in nima škodljivega vpliva na okolje. Biološko odstranjevanje fosforja je poteklo z izmenjavo aerobnih in anoksičnih pogojev, pri čemer so se vse oblike fosforja (organski fosfor, polifosfat) pretvorile v ortofosfat. To pomeni, da je zmanjševanje fosforja potekalo ob zagotovitvi specifičnih pogojev za določene vrste mikroorganizmov, ki so bili sposobni akumulirati fosfor v količinah, ki so presegle količino potrebno za rast organizmov. Pri oksidaciji ogljikovih spojin, ki smo jih merili v obliki KPK je bilo ugotovljeno, da ima spojina z visokim razmerjem KPK:C močan redukcijski potencial.

Za zagotavljanje optimalnih pogojev delovanja MBR naprave smo spremljali osnovne parametre odpadne vode pred in po čiščenju (pH, temperatura, prevodnost, KPK, BPK, dušikove/fosforjeve spojine in strupenost odpadne vode z opredelitvijo toksičnosti na vodne bolhe) ter parametre s pomočjo katerih smo ocenili učinkovitost delovanja biološkega dela MBR naprave (koncentracija aktivnega blata X (g/L), usedljivost aktivnega blata VU (mL/L), volumski indeks blata VIB (mL/g), volumsko obremenitev čistilne naprave B_v (g/L d), obremenitev blata B_b (g/g d), zadrževalni čas t_z (h) in aktivnost blata ($\mu\text{g}/\text{mg}$)).

Pri izvajanju kemijskih analiz smo dnevno na vtoku v sistem in iztoku iz sistema spremljali vrednosti skupnega dušika N (mg/L), skupnega fosforja P (mg/L), nitrata NO₃ (mg/L), amonijevega dušika NH₄-N (mg/L) in KPK (mg O₂/L), in sicer glede na mejne vrednosti za izpust v vodotoke. Z dobljenimi rezultati kemijskih analiz se je dodatno ovrednotila še učinkovitost čiščenja MBR naprave (R_E). Glede na ravnotežno bilanco lahko rečemo, da je bioproces v bioreaktorju uravnotežen, ko je količina vstopajočih snovi enaka količini izstopajoče snovi iz bioreaktorja, seveda ob upoštevanju prisotne biokulture in razgradnje substrata. Učinki čiščenja se pri tem merijo z zmanjšanjem vsebnosti polutantov na iztoku iz naprave, v primerjavi z vtočnimi količinami. Učinkovitost procesa izrazimo v obliki celotnega ogljika (izraženega kot KPK v mg/L oz. kg/dan), skupnega dušika in njegovih oblik (amonijev dušik, nitrat, nitrit) ter deleža zmanjšanja v iztoku. Pri tem je bilo ugotovljeno, da na hitrost biorazgradnje odpadnih pralnih vod vplivajo številni dejavniki: fizikalno-kemijski pogoji (temperatura, pH, topnost organskih spojin, koncentracija raztopljenega kisika), biološki parametri (starost mikroorganizmov, čas adaptacije, strupenost snovi) in kemijski parametri (velikost molekul, dolžina/moč intramolekularnih vezi, število/pozicija substituent). Tenzidi, ki so v odpadnih pralnih vodah najbolj toksična komponenta, so biološko razgradljivi v aerobnih pogojih. Pri tem je razgradnja tenzidov odvisna predvsem od njihove koncentracije v odpadni vodi. Pri višjih koncentracijah in pri predhodni aklimatizaciji mikroorganizmov je bila biorazgradnja nekoliko počasnejša, vendar se je po določenem času dosegla konstantna vrednost. Prav tako je bilo dokazano, da je rast mikroorganizmov boljša pri tvorjenju tenzidnih micel, ker so agregati takrat večji in boljše razgradljivi. Toksičnost in biološka razgradljivost pralnih sredstev sta tako odvisni od medsebojnega vpliva fizikalnih, kemijskih in bioloških faktorjev, pri čemer lahko kompleksnost pralnih sredstev privede do sinergističnega učinka.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Realizacija projekta se je izvedla v skladu z zastavljenimi cilji programa. Z izvedbo preliminarnih raziskav s sintetičnimi odpadnimi vodami smo spremljali parametre delovanja MBR naprave in potek membranskih reakcij v bioreaktorju. Nato so se pod enakimi obratovalnimi pogoji izvedli še osnovni preizkusi z industrijsko odpadno vodo. Vse kemijske analize so se pri tem izvajale v skladu z veljavnimi standardi, po klasični metodi.

Pri tem je bilo zelo pomembno spremljanje konstantnega pretoka skozi membrano, saj bi lahko adsorbcija delcev na površino membrane ali v notranjosti povzročila upad pretoka permeata skozi membrano, kar bi vodilo do zamašitve membrane in s tem zaustavitve procesa čiščenja. Nekatere vrednosti obratovalnih parametrov, kot so pretok vode (Q , L/h), kroženje blata (Q , L/h), tlak ultrafiltracije (p , 105Pa), hidravlični zadrževalni čas (h) in koncentracija blata (g/L), so se prilagajale glede na obnašanje mikroorganizmov, saj so se le na ta način vzpostavili optimalni aerobni pogoji. Za učinkovito delovanje bio-enote se je redno spremljala koncentracija raztopljenega kisika, saj je za potek reakcij znotraj

bioreaktorja zelo pomembna primerna adaptacija mikroorganizmov. V sistemu so nastale tudi določene količine blata (prirast aktivnega blata ali odvečne biomase), ki jih je bilo potrebno občasno odstraniti iz sistema. Prirast blata je pri tem odvisen od sestave odpadne vode (vrste organskih snovi, koncentracije škodljivih snovi, temperature, pH ipd.) in pogojev delovanja sistema (aerobni, anaerobni, anoksični). Delež aktivne biomase s starostjo blata pada in je odvisen od procesa čiščenja ter razgradljivosti oziroma sestave odpadne vode.

Ugotovljene prednosti MBR naprave, v primerjavi s konvencionalnimi, so manjše količine nastalega mulja, blato vsebuje več koloidnega materiala in večjo koncentracijo vlaknastih celic, produkt česar je nastanek koncentrirane biomase. Ugotovljene so bile tudi višje obremenitve, višja stopnja reakcij in boljša kinetika ter s tem večji obseg bio-degradacijskih reakcij in daljša uporabnost aktivnega blata. Zaradi teh prednosti se priporoča uporaba MBR naprav tam, kjer so količine industrijskih odpadnih vod posebej velike oz. zaradi majhnosti naprave tam, kjer je potrebna smiselnejša izraba prostora.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

-

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba membranskih filtracij za čiščenje tekstilnih odpadnih vod
		<i>ANG</i> Treatment of textile processing wastewaters with membrane filtrations
	Opis	<i>SLO</i> V raziskavi se je preučeval učinek membranske filtracije čiščenja odpadnih vod nastalih v procesu barvanja bombaža z reaktivnimi barvili. Pri tem se je preučeval čistilni učinek membran za nanofiltracijo (NF) in reverzno ozmozo (RO), pri čemer so se ekološki parametri (KPK, pH, elektroprevodnost in obarvanost) preučevali pred in po filtraciji. Kakovost barvanega materiala se je določala s kontrolnimi parametri in določevanjem pH-ja vodnega ekstrakta. Rezultati raziskave so pokazali, da se lahko tako obdelan permeat ponovno uporabi v procesu barvanja.
		<i>ANG</i> The treatment of wastewater produced in a textile factory during dyeing of cotton with reactive dyes was performed using membrane filtration. The separation efficiency was determined using membranes for nanofiltration (NF) and for reverse osmosis (RO). Ecological parameters (COD, pH value, conductivity and SAC) were determined for wastewater samples before and after filtration. The dyed fabric was evaluated with qualitative parameters and by determining the pH value of the water extract. The research results show that the permeate can be reused in the dyeing process.
	Objavljeno v	ALTENBAHER, Brigita, ŠOSTAR-TURK Sonja. Treatment of textile processing wastewaters with membrane filtrations = Primjena membranske filtracije za pročiščavanje tekstilnih odpadnih voda. Tekstil, Aug. 2009, vol. 58, no. 8, str. 367-383.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	13903894
2.	Naslov	<i>SLO</i> Odkritje rotavirusa RNA na različnih površinah v pralnici bolnišničnih tekstilij
		<i>ANG</i> Rotaviral RNA found on various surfaces in a hospital laundry
	Opis	<i>SLO</i> Namen izvedene raziskave je bil določiti prisotnost rotavirusa RNA na različnih kritičnih kontrolnih točkah (CCP) v pralnici bolnišničnih tekstilij. Eden od možnih izvorov bolnišničnih okužb so namreč tudi neprimerno oprane in razkužene tekstilije. V raziskavi je bil rotavirus najden na različnih površinah v pralnici: tehnični opremi, skladiščnih policah, transportnem vozilu, rokah delavcev, vlažnih tekstilijah in zloženih tekstilijah. Glede na dobljene rezultate je zelo pomembno pravilno ravnanje z opranimi tekstilijami in s tem preprečiti nenadzorovano širjenje bolnišničnih okužb.
		<i>ANG</i> The aim of this investigative study was to determine the presence of rotaviral RNA at various critical control points (CCP) of a hospital laundry. One of the possible sources of hospital infections is inappropriately laundered and disinfected hospital textiles. Rotaviral was found on various laundry surfaces: technical equipment, storage shelves, transport vehicles, personells hands, damp textiles and folded laundry. Based on the results, it is very important to

		take into consideration the proper handling of textiles after washing as one of the precautions against hospital-acquired infections.
Objavljeno v		FIJAN, Sabina, STEYER, Andrej, POLJŠAK-PRIJATELJ, Mateja, CENČIČ, Avrelija, ŠOSTAR-TURK, Sonja, KOREN, Srečko. Rotaviral RNA found on various surfaces in a hospital laundry. J. virol. methods. [Print ed.], Mar. 2008, vol. 148, iss.1/2, str. 66-73.
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	11935766	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Evropski projekt Smiles: Trajnostni ukrepi za strategije industrijskih pralnic <i>ANG</i> European Project Smiles: Sustainable measures for Industrial laundry expansion Strategies
	Opis	<i>SLO</i> Namen raziskave je vpeljati določene izboljšave v sektor industrijskih pralnic in do leta 2015 razviti model "Pametna pralnica". Industrijske pralnice morajo v okviru trajnostnega razvoja v prihodnosti: zmanjšati stroške procesov in stroške dela, težiti k trajnostnemu razvoju, izboljšati tehnološke osnove, raziskati in testirati nove tehnologije in jih vključevati v redne procese, vzdrževati kakovost izdelkov in higieno opranih tekstilij (razkuževanje) z zmanjšano porabo vode/energije, izvajati benchmarking, izboljšati delovne razmere in poglobiti tehnično znanje ter večšine zaposlenih. <i>ANG</i> The purpose of the project is to introduce the improvements in the sector of industrial laundries EU and model development of "Smart Laundry" to the year 2015. The industrial laundries have the following common needs to: decrease costs and labour costs, become more sustainable, improve the technology, investigate and test new technologies and integrate them into regular processes, maintain the product quality and the hygiene (disinfection) with less water/energy, perform bench-marking, improve the labour conditions and improve the technical knowledge and skills of their employees.
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Rebeka. Evropski projekt Smiles: Trajnostni ukrepi za strategije industrijskih pralnic. Gospodarjenje z okoljem, 2009, letn. 18, št. 70, str.2-5.
	Tipologija	1.04 Strokovni članek
	COBISS.SI-ID	1478564
2.	Naslov	<i>SLO</i> <i>ANG</i>
	Opis	<i>SLO</i> <i>ANG</i>
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

Objavljen znanstven prispevek na mednarodni konferenci:

ŠOSTAR-TURK, Sonja. Laundry sustainability and hospital waste water treatment. V: BLAŽUN, Helena (ur.). International Summer School 2009 Healthy Living - Health, 8th - 19th June 2009, Maribor, Slovenia : [handbook]. Maribor: Faculty of Health Sciences, cop. 2009, str. III-261-283, ilustr. [COBISS.SI-ID 1533348]

Voda je najpomembnejša komponenta v procesu pranja in se je v pralnicah tudi največ porabi. Pri tem je poraba vode med 4 in 30 litri na kilogram opranih tekstilij. Uporaba vode je v pralnicah enako pomembna kot uporaba pralnih sredstev, saj voda predstavlja transportni medij in topilo za pralna in pomožna sredstva, medij za odstranjevanje nečistoč in omakalno sredstvo za tekstil. Tekstilije so v procesu pranja izpostavljene številnim vplivom: odstranjevanju nečistoč s specialnimi pralnimi sredstvi, beljenju, razkuževanju in na koncu še izpiranju. Zniževanje temperature pranja, porabe energije, pralnih in pomožnih sredstev in vedno pogostejša uporaba mešanic poliestera/bombaža za bolnišnične tekstilije, narekujejo opuščanje termičnega procesa pranja (85-90 C), s čimer se povečujejo možnosti manj varne uporabe opranih tekstilij v bolnišnicah.

Za proces pranja je zelo pomembno zagotavljanje antimikrobioloških učinkov, predvsem pri pranju tekstilij iz bolnišnic in živilske industrije, saj lahko te tekstilije vsebujejo različne vrste patogenih bakterij, gliv in virusov. Čeprav so nečistoče v procesu pranja odstranjene s površine tekstilij, pa so oprane tekstilije še vedno nesterilne. Zato je potrebno proces pranja obravnavati bolj resno, saj je lahko nepravilno izveden proces pranja povzročitelj številnih okužb. Nepravilno razkužene tekstilije so namreč izvor bolnišničnih okužb, povzročenih z različnimi mikroorganizmi, kot so streptokoki, enterokoki, stafilokoki in koliformne bakterije.

Razkuževanje tekstilij z uporabo kemijsko-termičnega procesa pranja je takoj za termičnim procesom najpogosteje uporabljen postopek. Optimalen postopek kemijsko-termičnega procesa pranja se mora zato raziskati individualno, v odvisnosti od razkuževalne učinkovitosti postopka, vrste pranih tekstilij in prisotnih nečistoč. Razkuževalni učinek procesa pranja je rezultat kombinacije različnih faktorjev: temperature, časa pranja, mehanike, kopelnega razmerja in pravilne koncentracije pralnih sredstev, belilnih in razkuževalnih sredstev. Z okolju prijaznimi procesi pranja, z uporabo biorazgradljivih pralnih in belilnih sredstev, z izbiro nižjih temperatur pranja in uporabo učinkovitejših razkuževalnih sredstev, se lahko dosežejo primerni učinki razkuževanja tudi temperaturno občutljivejših tekstilij in doseže manjša poraba vode ter energije.

Trajnostna raba vode za pranje pomeni večji povdarek na recikliranju vode in njeni ponovni uporabi, kar pa od pralnic zahteva visoke investicijske stroške. Študija možnosti ponovne uporabe odpadne vode je bistvena zaradi velikih količin, ki nastajajo v procesu pranja. Odpadna voda iz pralnic je potencial za pridobivanje in ponovno uporabo vode, kar pomembno vpliva na prihranek pri dobavi sveže vode. Rešitev problema je biološko čiščenje odpadne vode z membranskim bioreaktorjem, katerega prednost je čiščenje odpadne vode z aktivnim blatom, manjša količina blata, manjša možnost mašenja membran in s tem povezanih stroškov, povečana razgradnja nevarnih komponent in tako očiščena odpadna voda se lahko ponovno uporabi ali spusti v okolje.

ANG

ŠOSTAR-TURK, Sonja. Laundry sustainability and hospital waste water treatment. V: BLAŽUN, Helena (ur.). International Summer School 2009 Healthy Living - Health, 8th - 19th June 2009, Maribor, Slovenia : [handbook]. Maribor: Faculty of Health Sciences, cop. 2009, str. III-261-283, ilustr. [COBISS.SI-ID 1533348]

Water is a major component in the washing process and used in large quantities in laundries. Typically, between 4 and 30 L of water per kilogram textile is used. The use of water in laundries is as important as the use of detergents. Water acts as a heating medium, transport medium and solvent for detergents and other chemicals as well as soils and as a wetting agent for textiles. Textiles undergo laundering procedures that include: soil removal with special laundering agents, bleaching, disinfecting and finally neutralizing and rinsing. The combined trend to decrease the washing temperature, energy consumption, laundering agents etc., as well as the trend of using blends of polyester and cotton for hospital textiles, which cannot withstand high laundering temperatures, has led to the omission of thermal laundering procedures (85-90 C) and therefore enhancing the possibility that laundered textiles are not sufficiently safe for use by hospital patients.

It is very important that the laundering procedure has an anti-microbial effect, especially when laundering textiles from hospitals and from the food-processing industry that can contain many kinds of pathogenic bacteria, fungi and viruses. Although the dirt may certainly have been removed, the laundry is far from sterile and experience encourages all infection control teams to take laundering very seriously in outbreaks that seem to have no obvious cause.

Inappropriately disinfected textiles are one of the possible sources of nosocomial infections of

patients with microorganisms such as streptococci, enterococci, staphylococci and coliforms. Disinfection using chemo-thermal methods is currently the most common, followed by thermal disinfection. An optimal solution for chemo-thermal disinfection of a laundering procedure has to be investigated individually for each case, depending on the disinfection efficiency, type of laundered textiles and presence of soils. The disinfection effect is a result of a combination of factors: efficient laundering temperature, efficient laundering duration, adequate laundering mechanics, adequate bath ratio and use of an efficient concentration of detergents, bleaching and disinfecting agents. Environmental friendly laundering procedures using biodegradable detergents and bleaching agents at lower temperatures and using more sufficient disinfecting agents can achieve an appropriate disinfection effect thus reducing the water and energy consumption as well as the disinfection of heat-susceptible textiles. Sustainable use of water in laundries is water recycling and reuse which requires major investments in effluent treatment plants. A study of the possibility for wastewater reuse using different purification technologies is essential because of large quantities of wastewater in the laundering process of industrial laundries. Laundry wastewater possesses the potential for reclamation and reuse. Such reclamation and reuse of laundry discharge is important to save water supply and significantly improve urban environments. Solution for problems is membrane bioreactor because of the utilising the biological treatment of sludge, reduces sludge, reduces membrane fouling and operating costs, increases degradation of hazardous compounds and effluent water can be reused or released in environment.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Objavljen strokovni prispevek na konferenci:

MLAKAR, Vid, ŠOSTAR-TURK, Sonja. Mikrobiologija in higiena. V: ŠOSTAR-TURK, Sonja (ur.), LOPARNIK UČAKAR, Mateja (ur.), MLAKAR, Vid (ur.). Zbornik predavanj. Ljubljana: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Sekcija vzdrževalcev tekstilij, 2009, str. [1-5], ilustr. [COBISS.SI-ID 1553060]

Leonardo da Vinci "HigTrain" projekt se je ukvarjal z vzpostavitvijo izobraževalnih modulov, namenjenih izobraževanju osebja v živilsko-predelovalni industriji. Namen projekta je bil izobraževanje na področju mikrobiologije, higijene, čiščenja, izvajanja higienskega menedžmenta in upoštevanje sistema HACCP (Hazard Analysis of Critical Control Points). Načela sistema HACCP so: analiza dejavnikov tveganja, določitev kritičnih kontrolnih točk (CCP), določitev kritičnih mejnih vrednosti in toleranc za vsako posamezno CCP, spremljanje (monitoring) CCP in določitev korekcijskih postopkov, vzpostavitev dokumentacije ter verifikacija postopkov spremljanja HACCP sistema.

Za vzpostavitev dobre higienske prakse je nujna vpeljava higienskega menedžmenta, ki določa stopnjo higijene za vse delovne postopke, procese in področja v industriji, in sicer z namenom zagotavljanja varnih storitev za končnega uporabnika. Menedžment predpisuje uporabo zaščitnih oblačil, preprečevanje širjenja škodljivcev (škodljivci širijo mikrobo, puščajo fekalije, se hitro množijo, onesnažujejo živila ipd.), tehnologije čiščenja (koliko, kdaj, kdo, katera čistilna sredstva se lahko uporabljajo na določenem področju in kako pogosto) in tehnologije razkuževanja (koliko, kdaj, kdo, katera razkuževalna sredstva se lahko uporabljajo na določenem področju uporabe in kako pogosto). Higijenski menedžment je zajet v t.i. higijenskem načrtu, ki vsebuje splošna pravila za izvedbo čiščenja in razkuževanja ter določa pogostost in trajanje ukrepov. Prenos patogenih mikroorganizmov se preprečuje s primerno osebno higieno, predvsem higieno rok, ki je najpogostejša pot širjenja mikroorganizmov in primerno higieno delovnega okolja. Za temeljito odstranjevanje mikroorganizmov sta tako zelo pomembna pravilno izvedena postopka čiščenja in razkuževanja rok, delovnih površin, orodij, naprav, posod, tal in drugih področij, ki so pomembne za ohranjanje neoporečnosti proizvodov in storitev.

ANG

MLAKAR, Vid, ŠOSTAR-TURK, Sonja. Mikrobiologija in higiena. V: ŠOSTAR-TURK, Sonja (ur.), LOPARNIK UČAKAR, Mateja (ur.), MLAKAR, Vid (ur.). Zbornik predavanj. Ljubljana: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Sekcija vzdrževalcev tekstilij, 2009, str. [1-5], ilustr. [COBISS.SI-ID 1553060]

Leonardo da Vinci "HigTrain" project was the project which had to establish the education modules intend to educated working staff in food-processing industry. Purpose of the project was the education about hygiene, microbiology, cleaning, implementation of hygienic management and consideration of HACCP system (Hazard Analysis of Critical Control Points). Principles of HACCP system are: risk factor analysis, determination of critical control points (CCP), determination of critical limit values and tolerances for each CCP, monitoring of CCP and

to make correction and verification procedures of HACCP system.

Establishment of good hygienic practice is necessary for introducing system of hygienic management, which provides rate of hygiene for all working procedures, processes and areas in industry with purpose to make safe services provision for final user. Management orders usage of protective clothes, prevention of spread the pests (they spreads microbes, leak faeces, they multiply oneself very quickly, soils foodstuffs etc.), cleaning technologies (how much, when, who, which cleaning means could be used in a given area and how often) and disinfection technologies (how much, when, who, which disinfection means could be used in a given area and how often). The hygienic management is covered in the hygienic plan, which contain general rules about cleaning and disinfection procedures and provide frequency and duration of action. Transfer of pathogenic micro organisms between people is prevented with appropriate personal hygiene, primarily hand hygiene, which is most frequent way to spread micro organisms and appropriate working environment hygiene. For perfectly removal of micro organisms are very important regularly cleaning and disinfection procedures for hands, working surfaces, tools, devices, containers, floors and other areas, which are important for keeping integrity of productions and services.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 4.650 od tega v letu 2009: 1.550
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	

2. Sofinancerji¹

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 projekta²

V nadaljevanju so povzeti kronološko najpomembnejši realizirani cilji in ugotovitve v letu 2009:

Pri izdelavi inteligentnega samoučljivega sistema vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko so izvedene naslednje aktivnosti: dokončan je načrt eksperimentov-meritev; testirana je nova merilna veriga za merjenje rezalnih sil (Kistler merilnik, nabojni ojačevalec, AD pretvornik, kartica za zajemanje podatkov, Labview); razvita in testirana 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; v fazi izdelave 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; signali rezalnih sil so v korelaciji z izmerjeno hrapavostjo površine in obrabo proste ploskve orodja; merilna veriga omogoča dovolj hitro in natančno zajemanja 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. 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 prehodne funkcije podajalnega servo-pogona, izdelani so blok diagrami adaptivnih nevronske- mehkih inferenčnih modelov za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov. Programiranje je končano. V fazi izdelave je samoučljiva CNC-krmilna enota (nevronski sistem vodenja). Izdelan je nevronski identifikator dinamike procesa odrezavanja. V fazi izdelave je nevronski identifikator inverzne dinamike procesa tvorbe odrezka. Izdelan je popolnoma nov nevronski primarni regulator. 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 vrлина. Natančnost napovedi je za 16% večja kot pri nevronske mrežah. Največji učinek metode je v prikazu logičnih povezav med vhodi in izhodi modela. 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.

Ugotovili smo, da so adaptivni nevronske- mehki inferenčni modeli za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov učinkoviti in dovolj hitri za delo v on-line načinu. Njihov odzivni čas je znotraj dovoljene tolerance 0.1s (0.08 s). Integracija modelov v celotni informacijski sistem je v teku. Pričeli smo z zasnovo blok-diagramov in programiranjem PSO evolucijske strategije za dinamično optimiranje rezalnih parametrov. Izvedena je primerjava prvih rezultatov med PSO optimizacijskim algoritmom in ACO komercialnim algoritmom. Rezultati kažejo, da je proces optimizacije hitrejši pri PSO algoritmu, vendar rezultati še niso izpolnili naša pričakovanja. V naslednjem letu bo sledila še integracija PSO optimizacijskega algoritma z nevronske krmilno shemo v sistem on-line prilagajanja rezalnih parametrov.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Zastavljeni raziskovalni cilji potekajo in so bili realizirani v smeri, ki je določena za prvo in drugo periodo časovnega poteka programa. S dosedanjim raziskovalnim delom na področju raziskav freziranja in postopkov modeliranja smo dosegli vrhunške rezultate z izvirnimi rešitvami, ki jih dokazujemo z znanstvenimi objavami, citiranostjo in ustrezno raziskovalno opremo. Raziskovalci so natančno sledili zastavljenemu terminskemu planu raziskav, podali natančen opis rezultatov,

analizirali dosedanje raziskave in spoznanja ter pripravili vse potrebno za izvedbo nadaljnjih raziskav. Raziskave v sklopu našega tima so dosegle zelo visoko stopnjo realizacije zastavljenih ciljev. To se navsezadnje vidi v številu publikacij, ki neposredno izhajajo iz rezultatov teh raziskav. V enem letu smo v mednarodnih revijah objavili 2 JCR članka na podano tematiko.

Prvi cilj – Pripravljalna faza izdelave inteligentnega samo-učljivega sistema vodenja za visokohitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko je bil nadvse uspešno realiziran. Izdelali smo načrt eksperimentov, merilno verigo s softverom za zajemanje podatkov, izvedli smo vse potrebne meritve, izdelali tehnološko bazo rezalnih veličin in pripadajočih orodij. S eksperimenti smo še bolj natančno dokazati korelacijo med komponentami rezalne sile in hrapavosti obdelane površine. V tem delu malenkostno prehitavamo plan.

Tudi drugi cilj raziskav – Izdelava CNC simulatorja dinamike odrezavanja in priprava eksperimentalnega postopka snemanja dinamike podajalnega servo-pogona je bil uspešno realiziran. Natančna dinamična analiza sistema je še v teku. V okviru druge periode, preučujemo vplive sistema na delovno okolje, stabilizacijo procesa in daljšo življenjsko dobo stroja in orodja. Izvedene so vse potrebne meritve vplivnih veličin pred integracijo in adaptacijo sistema.

Povzetek: Vsi glavni cilji projekta so v letu 2009 realizirani in ni odstopanj pri izvedbi zastavljenega programa.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni bilo sprememb programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

		Znanstveni rezultat	
1.	Naslov	SLO	Adaptivni nevro-mehki inferenčni sistem ocenjevanja obrabe proste ploskve pri oblikovnem frezanju.
		ANG	Adaptive network based inference system for estimation of flank wear in end-milling
	Opis	SLO	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.
		ANG	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.
	Objavljeno v	ŽUPERL, U., ČUŠ, F., KIKER, E.. Adaptive network based inference system 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 več-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 še MRR izboljša za 28%. Opažena je tudi 20% redukcija časa 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		ČUŠ, 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

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Intelligentno 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 čase, 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	SLO	Samo-učljiva strategija vodenja aplicirana na sistem frezanja
		ANG	Self-learning control strategy with application to milling system.
	Opis	SLO	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.
		ANG	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., GEČEVSKA, 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

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

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 čase, razbremenila programerja in upravljavca stroja. Naloga slednjega se bo spremenila iz upravljavca v opazovalca oziroma nadzornika procesa.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Z dosedanjim raziskavami na področju vodenja procesov frezanja 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 veličin skupaj z razvito programsko opremo za zajemanje (Labview) je iz znanstvenega vidika zelo aktualna, saj predstavlja najsodobnejšo tehnologijo za razvoj samodejnih vodenih obdelovalnih sistemov. Novi prispevek k teoriji odrezavanja je vključitev in uporaba sodobnih informacijskih orodij in umetnih samo-učečih sistemov, ki abstrahirajo delovanje človeškega razuma v procese napovedovanja in optimiranja rezalnih veličin 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 veličin za izvajanje fleksibilne, stroškovno ugodne proizvodnje.

ANG

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 Slovenije¹⁰

SLO

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.

ANG

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 lower 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.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 4.650 od tega v letu 2009: 1.550
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	

2. Sofinancerji¹

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Kemijska modifikacija polisaharidov: razvit in vpeljan je bil postopek sulfatiranja polisaharidov. Pripravljenih je bilo preko 17 različno derivatiziranih produktov hitozan sulfata in 2 različno sulfatirana galaktoglukomanana. 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 nadaljevanju raziskav so bili za modifikacijo PET površin uporabljeni, z vidika kemizma optimalni vzorci. PET površine, obdelane s sulfatiranimi polisaharidi so so bile analizirane z vidika vsebosti

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 kvarčne mikrotehnice. Resonančna frekvenca in disipacija kvarčnega 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. 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 sproščene 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 antikoagulantami in ohlajanje krvi po njenem odvzemu). S pomočjo optimizacije metode določanja sproščene 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.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

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 sproščene hemoglobina z vidika vpliva pH na konformacijo hemoglobina, disperzije prostega hemoglobina v raztopini, vpliva obdelave krvi z antikoagulantami in ohlajanje krvi po njenem odvzemu.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni odstopanj od predlaganega in načrtovanega programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> DOLIŠKA, Aleš, at.all. Analiza galaktoglukomananov iz smrekovega lesa s pomočjo kapilarne elektroforeze
		<i>ANG</i> DOLIŠKA, Aleš, at.all. Analysis of galactoglucomannans from spruce wood by capillary electrophoresis.
Opis	<i>SLO</i>	Namen študije je bil, uvajanje metode za kvantitativno in kvalitativno detekcijo monosaharidov v tehničnem galaktoglukomananu pridobljenem iz smrekovega lesa z uporabo kapilarne conske elektroforeze (CZE). Tehniko smo optimirali glede na koncentracijo boratnega pufra, modifikatorja elektroosmoznega toka in pH sistema. Na osnovi raziskave lahko zaključimo, da je kapilarna conska elektroforeza učinkovita metoda za karakterizacijo galaktoglukomananov pridobljenih iz lesa.
	<i>ANG</i>	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	
2.	Naslov	<i>SLO</i> INDEST, Tea, at.all. Adsorpcija fukoidana in chitozan sulfata na chitozansko modificirane PET filme določena s pomočjo QCM
		<i>ANG</i> INDEST, Tea, at. all. 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 tehtnice – 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. [COBISS.SI-ID 13016086] JCR IF (2008): 4.146, SE (74/276), biochemistry & molecular biology, x: 3.588, SE (6/55), chemistry, organic, x: 2.345, SE (6/73), polymer science, x: 1.754	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13016086	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

		Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat
1.	Naslov	<i>SLO</i> STANA-KLEINSCHEK, Karin, at. all. Invited lecture, Polymer Congress APA-2009, December 2009, India. New Delhi, 2009.
		<i>ANG</i> STANA-KLEINSCHEK, Karin, at. all. invited lecture, Polymer Congress APA-2009, December 2009, India. New Delhi, 2009.
	Opis	<i>SLO</i> Vabljeno predavanje: Adsorpcija naravnih polimerov (chitozana, derivatov chitozana (chitozan sulfat), sulfatiranega fukoidana in sulfatiran galaktoglukomanan) 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 testiranj s pomočjo APTT metode, metode določanja prostega hemoglobina, RBC metode, adsorpcije proteinov kažejo na izboljšanje biokompatibilnosti s pomočjo polisaharidov modificiranih PET filmov.
		<i>ANG</i> 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 Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	COBISS.SI-ID 13863702
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
	COBISS.SI-ID	13863702
2.	Naslov	<i>SLO</i> EPNOE Scientific Meeting & 2nd Business and Industry Club Meeting, May 2009, Utrecht, Netherlands, STANA-KLEINSCHEK, Karin Proceedings (ur.).
		<i>ANG</i> EPNOE Scientific Meeting & 2nd Business and Industry Club Meeting, May 2009, Utrecht, Netherlands, STANA-KLEINSCHEK, Karin Proceedings (ur.).
	Opis	<i>SLO</i> 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.
		<i>ANG</i> Karin Stana-Kleinschek was the president of the organisation and scientific board of the: EPNOE Scientific Meeting & 2nd Business and 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

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Izbrani polisaharidi so bili ustrezno kemično modificirani (sulfatirani), 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 kvarčne mikrotehtnice 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 antikoagulantni in ohlajanje krvi po njenem odvzemu, kar omogoča uporabo te tehnike za in-vitro analizo hemokompatibilnosti kemično podobnih biomaterialov.

ANG

Polysaccharides which were studied and chosen in the first year of the project were in the second year chemically modified (sulphated) to such a degree, 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.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Razvoj oz. uporaba alternativnih polisaharidov za izdelavo hemokompatibilnih (protitrombogenih) PET površin sodi v področje prioritet, 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.

ANG

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.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 4.650 od tega v letu 2009: 1.550
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	

2. Sofinancerji¹

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Izvedena dela v okviru druge faze:

- izvedena je bila vsebinsko-konceptualna zasnova programskega dela grafičnega vmesnika merilne naprave Power Q4 z arhitekturno matrico za vmesniški spekter piktogramov,
- oblikovanje z razvojem osnovnih modelov ekranske grafike (77 enot) in izvedbo variacij in aplikacij (cca 150 enot),
- izvedena je bila vsa tehnična dokumentacija s skupno okoli 230 enot za grafični

vmesnik,

- izveden je bil usklajevalni postopek za funkcionalni preizkus za vse komponente ali delujejo v skladu s predpisanimi standardi in programskimi zahtevami,
- preverili smo vse funkcionalne lastnosti komponent in njihovo vzdržljivost, pravilno delovanje,
- na komponentah ohišja so se izvedle oblikovno-konstruksijske spremembe tam, kjer smo ugotovili potencialno ali konkretno šibkost,
- dodatno se je optimirala funkcionalnost nosilne plošče jedra instrumenta glede na montažni postopek, dostopnost,
- izvedene raziskave za izboljšanje površinskih lastnosti materiala za zmanjšanje vpliva plazilnih tokov,
- raziskave za izboljšanje površinskih lastnosti plastičnega materiala s stališča magnetnih učinkov,
- izvedene študije za izboljšanje materialnih lastnosti ohišja proti poškodbam od padcev in udarcev,
- izvedeno je bilo funkcionalno preizkušanje sestavljanja jedra in analiza funkcionalnih lastnosti iz stališča montaže in servisiranja,
- izdelan je bil korigiran funkcionalni prototip,
- izvedene so bile tudi konstrukcijske spremembe in izboljšave, ki so nastale kot posledica ergonomskih preizkusov naprave,
- izvedene študije za menagement elektronskih merilnih platform,

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Vsi planirani raziskovalno aplikativni cilji za drugo fazo so bili v okviru načrta ARRS projekta doseženi. Opravljena druga faza projekta je bila tudi s strani Metrela kot naročnika in financerja, sprejeta z zadovoljstvom glede zahtev in pričakovanj. Princip razvojnega modela **od znotraj navzven**, se je izkazal za zanesljivo pot do kvalitetnih kompleksnejših rešitev in celovitega izdelka. Financer-naročnik nam je s svojim, nekaj strani dolgim tehničnim zahtevnikom v naprej definiriral naše 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 presegle. Pomembni 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 je rezultiralo z nepričakovanim zmanjšanjem gabaritov jedra naprave za več kot tretjino! Metrel je namreč tehničnim zahtevnikom definiriral vse pričakovane gabarite, ki pa so bili v skupno zadovoljstvo prekomerno preseženi in tako torej bistveno zmanjšani! Miniaturizacija pa že sama po sebi zagotavlja prihranke, ki se bodo ob zaključku projekta izračunali in ovrednotili.

Z vpeljavo nosilne plošče jedra naprave pa je bil dosežen tudi popolnoma nov princip sestavljanja in testiranja naprave, saj ta sedaj omogoča popolno funkcionalno kompletiranje in testiranje delovanja naprave še preden je umeščena v samo ohišje. To pomeni tudi enostavnejšo in boljšo dostopnost do vseh komponent že pri samem sestavljanju v montaži, proizvodnji, testiranju in predvsem pri kasnejšem servisiranju z enostavnim in hitrim dostopom ali preprosto zamenjavo v primeru poškodbe ali okvare. Poleg omenjenega pa je rešitev z nosilno ploščo jedra naprave odlična osnova tudi za vse druge platforme. Skratka, v celoti gledano gre za dosledno izpeljan model razvoja **od znotraj navzven**, ki je praktično zadostil vse izhodiščno zastavljene parametre razvoja elektronske merilne platforme! Dejstvo, da so elektronske merilne platforme namenjene najzahtevnejšemu svetovnemu trgu pa pomeni, da morajo biti tretirane po najstrožjih mednarodnih predpisih in najzahtevnejših standardih! In k temu cilju je nedvomno izdatno prispeval pričujoči projekt ARRS, ki je s tem tudi popolnoma opravičil svoje poslanstvo in raziskovalno aplikativni namen!

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Program izvedbe je potekal v skladu z dogovori in načrti.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> PANJAN, Matjaž, PETERMAN, Tomaž, ČEKADA, Miha, PANJAN, Peter. Simulacija večplastne strukture pri površinski obdelavi z magnetronskim naprševanjem.
		<i>ANG</i> Simulation of a multilayer structure in coatings prepared by magnetron sputtering.
Opis	<i>SLO</i> Znanstvene raziskave v zvezi s površinsko obdelavo materialov, ki vplivajo na spremembo in izboljšanje površinskih lastnosti materialov, bi lahko predstavljale določen potencial pri zmanjševanju učinka oziroma delovanja plazilnih tokov pri elektronskih merilnih platformah za merjenje kvalitete električnega toka. Pridobitve iz teh raziskav bi lahko predstavljale določen potencial za izboljšanje lastnosti in kvalitete posameznih komponent.	
	<i>ANG</i> Scientific researches in the field of surface coatings have influence on the features of material surfaces and such solutions have certain potency to diminish influence of sneak current by the electronic measuring platforms for quality measurement of electric current. The profit of this researches may represent the potency for quality improvement of their components.	
Objavljeno v	Surf. coat. technol... [Print ed.], 2009, vol. 204, no. 6/7, str. 850-853.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	23341863	
2.	Naslov	<i>SLO</i> FATUR, Peter, DOLINŠEK, Slavko. Proizvodnja po meri kot kompetitivna strategija v delovno intenzivni industriji.
		<i>ANG</i> FATUR, Peter, DOLINŠEK, Slavko. Mass customization as a competitive strategy for labour intensive industries.
Opis	<i>SLO</i> V času globalizacije in povečanega transferja delovno intenzivnih proizvodenj, ko ni več mogoče konkurirati ceneni ponudbi velikoserijske proizvodnje iz daljnega vzhoda, se kaže vpeljava postopkov za proizvodnjo po meri kot ena izmed možnih poti k nadgradnji delovno intenzivnih proizvodenj v našem okolju. Vpeljava ustreznih marketinških metod in sodobnih tehnologij z veliko fleksibilnostjo izdelave po meri, predstavlja določeno strategijo izhoda iz sedanje krize.	
	<i>ANG</i> In time of crisis and increased transfer of labour intensive industries, where it is impossible to compete cheap mass production from far East, there is implementation necessity for mass customization as a possible solution for our surroundings. Implementation of proper marketing tools and modern technologies with flexible ability for mass customization, represents the strategy for exitout of present crisis.	
Objavljeno v	Adv produc engineer manag. Maj 2009, vol. 4, no. 1 Special, str. 77-84, ilustr.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	3227351	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Identifikacija inovacijskih kompetenc zaposlenih v organizaciji.
		<i>ANG</i> Identifying employees' innovation competency in organisations.
Opis	<i>SLO</i> Raziskava je bila osredotočena na identificiranje in modeliranje inovacijskih kompetenc v organizaciji. Glavni rezultat raziskave je vprašalnik, ki ga lahko organizacije uporabljajo za definiranje inovacijskih kompetenc svojih zaposlenih.	
	<i>ANG</i> The basic research was focused on identifying and modelling innovative employees in organisations. The main outcome of the research is a survey questionnaire that organisations can apply in order to identify the innovation competency of their employees.	
Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige	

	Objavljeno v	I. J. of innovation and learning, 2009, vol. 6, no. 2, str. 164-177, doi:10.1504/IJIL.2009.022811.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	3051223
2.	Naslov	<i>SLO</i> Sistemska platforma za ekransko grafiko elektronske merilne naprave PQ4
		<i>ANG</i> graphic interface platform system for monitors of electronic measuring device PQ4.
Opis	<i>SLO</i>	Izveden razvoj vsebinsko-konceptualne zasnove programskega dela grafičnega vmesnika za merilne platforme z arhitekturno matrico za vmesniški spekter piktogramov, predstavlja osnovo za vse merilne platforme, v določenih elementih pa pričakujemo, da se bo izkazal tudi širše uporaben kot vizualni komunikacijski standard na področju merilne elektronike.
	<i>ANG</i>	Conceptual subject of graphic interface was developed for software part of electronic measuring platform with whole architecture matrix for interface spectrum of pictographs. Graphic interface performs basis for all platforms, so it is expected its wider applicability in visual communication standards in the field of measuring electronics.
	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	poročilo o zaključenem delu projekta
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)
	COBISS.SI-ID	515438873

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

Trimova raziskovalna nagrada za diplomsko delo: Oblikovanje jedra in ohišja merilne naprave.
Prejemnik Andrej Cupar
Mentor: doc. Vojmir Pogačar, akad. slikar
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Dejstvo je, da je bilo izdelanih še več študentskih in diplomskih del na temo jedra in ohišja elektronskih merilnih platform in naprav, kar je izdatno in večplastno prispevalo k boljšem razumevanju študentov glede same problematike elektronskih merilnih naprav, problematike ohišij, kakor tudi boljše vključenosti mladih v same procese raziskovanja in razvoja.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Gre za interakcijo med proizvodnimi organizacijami in raziskovalno-izobraževalnimi institucijami, 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 in izobraževalna 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 implementira 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 Slovenije¹⁰

SLO

Merilni instrument za zagotavljanje kakovosti električne energije, ki meri v skladu s predpisanimi IEC normami, je izhodišče, ki omogoča smotrno ravnanje z energijo.

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

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 4.650 od tega v letu 2009: 1.550
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	

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	ARCONT 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 projekta²

V letu 2009 smo skladno s cilji aplikativnega projekta Integralni model optimizacije notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema izdelali logistično analizo montažne linije bivalnih enot (kontejnerjev).

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.

Zaradi kompleksnosti obravnavane problematike, je bila logistična analiza montažne linije bivalnih enot izvedena z uporabo diskretnih numeričnih simulacij. V inženirskem okolju poznamo različna orodja (AutoMod, Enterprise Dynamic, Simfactory, itn), ki s svojo uporabnostjo in prilagodljivostjo omogočajo načrtovalcu izdelavo in analizo kompleksnih simulacijskih modelov. Simulacija omogoča obravnavo stohastične dinamike procesov v notranji logistiki, glede na različne organizacijske variante, poteka toka materiala in zalog, izkoriščenost kapacitet v posameznih procesih, itn.

Na podlagi posnetka obstoječega stanja je bil izdelan simulacijski model procesa montažne linije bivalnih enot. Simulacijski model temelji na principih simulacije diskretnih dogodkov, ki zajemajo dinamično ponavljanje naključnih dogodkov. Dogodke smo opisali s statističnimi funkcijami na podlagi predhodnega spremljanja in posnetka analiziranega procesa. Pri izdelavi simulacijskega modela, smo uporabili programsko orodje AutoMod, ki je namenjeno za izvajanje zahtevnih numeričnih analiz na področju notranje logistike. Simulacijska analiza je bila najprej izvedena za primer obstoječega stanja procesa montažne linije bivalnih enot.

Z analizo obstoječega stanja smo »umerili« simulacijski model z dejanskim potekom montažne linije bivalnih enot v praksi. Namen analize obstoječega stanja je predstavljal izhodišče za predlog novih rešitev učinkovitejšega procesa montažne linije bivalnih enot. Glede na analizo 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, ergonomsko ustrežnejšo manipulacijo za zaposlene v montažnem procesu, zmanjšanje obstoječega vmesnega skladiščnega prostora in nespremenjeno transportno pot mehaniziranih transportnih sredstev.

Rezultati logistične analize so pokazali možnost za povečanje učinkovitosti obstoječega sistema montažne linije bivalnih enot. Izboljšanje učinkovitosti sistema je možna pri spremembi zasnove obstoječe tehnološke montažne linije in vpeljavo avtomatiziranih fleksibilnih montažnih celic za posamezne sklope montaže.

Poleg obstoječe projektne skupine, sta v okviru svojega praktičnega usposabljanja na raziskovalnem projektu, aktivno 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 "7th International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing" (Hrvaška, september 2009).

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Cilj raziskovalnega projekta je izdelava integralnega modela optimizacije notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema. V integralnem modelu obsega večnamenska funkcija pogoj o maksimalni zmogljivosti proizvodnega procesa, maksimalni izkoriščenosti proizvodne in transportne opreme, optimalnem poteku toka materiala in minimalnih celotnih stroških.

V okviru dela na raziskovalnem projektu v letu 2009 smo uspešno realizirali posamezne teze projekta. Izdelana je bila logistična analiza procesa montažne linije bivalnih enot, kjer smo na osnovi vzročno-posledičnega diagrama identificirali vzroke, ki jih je potrebno podrobneje analizirati in odpraviti za povečanje učinkovitosti montažne linije 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, ki je izvedljiva pri spremembi zasnove obstoječe tehnološke montažne linije in vpeljavo avtomatiziranih fleksibilnih montažnih celic za posamezne sklope montaže.

Glede na uspešno aplikacijo rezultatov projektne dela v letu 2009 v podjetju Arcont,

ocenjujemo, da so bile predvidene faze projekta za leto 2009 v celoti izpolnjene.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Razvoj nove tehnologije komisioniranja RF kinetic temelječ na tehnologiji roadmapping-a
		<i>ANG</i> On the technology roadmapping based development of the new order-picking technology RF kinetic
Opis	<i>SLO</i>	V članku je prikazana uporaba tehnologije imenovana "roadmapping" metodologija na področju logistike. Omenjena tehnologija je bila uporabljena za razvoj novega principa komisioniranja, imenovanega "RF Kinetic". Slednje je pomembno, saj kombinirana uporaba tehnologije "roadmapping-a" in razvoja nove tehnologije, še ni sprejeta v inženirski praksi.
	<i>ANG</i>	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, B., Šimenc, M., Lerher, T., Potrč, I. 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	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Časovni modeli za avtomatizirana skladišča s sistemom regalnega dvigala za delo v več hodnikih
		<i>ANG</i> Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine
Opis	<i>SLO</i>	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.
	<i>ANG</i>	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, T., Šraml, M., Potrč, I., Tollazzi, T. 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	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

		Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat
1.	Naslov	<i>SLO</i> Članstvo v uredniškem odboru mednarodne revije International Journal Advanced Engineering (ISSN 1846-5900)
		<i>ANG</i> Membership of the editorial committee of the International Journal Advanced Engineering (ISSN 1846-5900)
	Opis	<i>SLO</i> 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.
		<i>ANG</i> 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
2.	Naslov	<i>SLO</i> Postopek snovanja avtomatiziranih regalnih skladiščnih sistemov z optimiranjem investicijskih in obratovalnih stroškov
		<i>ANG</i> Design of automated storage and retrieval systems with optimization of investment and operational cost
	Opis	<i>SLO</i> V okviru dela na raziskovalnem projektu in objave rezultatov projekta bo prijavljen patent v Sloveniji.
		<i>ANG</i> In the framework of the work on the research project and publication of the results of the project, the patent is 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 skupine v letu 2009⁷

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Načrtovanje montažnih linij temelji 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 montaže, 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.

V okviru dela na raziskovalnem projektu je pričakovana povečana raven znanja pri načrtovanju in optimiranju procesa montaže. Uporaba metod matematičnega modeliranja in diskretne numerične simulacije predstavlja izvirni pristop k integralnemu obravnavanju procesa montaže in posledično notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema. V letu 2009 sta bila objavljena izvirna znanstvena članka: "Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine" objavljen v Eur. J. oper. res. in "Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems" objavljen v Int. J. Prod. Res.

Rezultate, ki so predstavljeni v člankih, bo mogoče aplicirati 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 bo nadaljnje delo raziskovalnega projekta nedvomno prineslo prispevke v

znanstveno raziskovalno okolje, kakor tudi v okolje organizacije Arcont.

ANG

Design of the assembly lines is based on analytical and numerical models. The assembly 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 work will contribute to the higher level of knowledge that is necessary for the design and optimization of the assembly process. Application of mathematical modeling methods and discrete numerical simulation for the assembly process and integral dealing of internal logistics to improve the production system flexibility presents the original contribution. In the year 2009 two original scientific papers have been published: "Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine" published in Eur. J. oper. res. and "Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems" published in Int. J. Prod. Res. Results that have been presented in papers can also be 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 future research work will make a important contribution to the scientific society as well as to the Arcont company.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni projekt predstavlja za organizacijo nov temelj nadaljnega razvoja tehnologij za reševanje problematike načrtovanja notranje logistike ter izgradnje kompleksnih sistemov. Z raziskovalnim projektom bo organizacija pridobila vir kompetentne tehnologije in metod kompleksnega reševanja problematike načrtovanja sistema notranje logistike.

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. Z rekonstrukcijo procesa pokrivnega barvanja bivalnih enot (uvedba fleksibilne robotske celice za pokrivno barvanje), so se izrazito izboljšali delovni pogoji v omenjenem procesu.

Vsebina projekta 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 bomo v okviru projekta, poleg doseganja ekonomskih učinkov, pripomogli tudi k višji stopnji družbene in ekonomske situacije v Republiki Sloveniji.

ANG

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. With the research project the company will benefit a source of technology solutions and methods for complex design of the systems of internal logistics.

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 will 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 contents of the 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 will in the sphere of the project activities, improve economical effects as well as higher social situation in Slovenia.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 4.650 od tega v letu 2009: 1.550
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	

2. Sofinancerji¹

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 projekta²

V letu 2009 smo se ukvarjali predvsem z izračunom vrtnične 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 računanje 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 ciljev³

V letu 2009 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 letu 2010 bomo ponovno 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 bomo v letu 2010 razširili še na prototip in primerjali numerične rezultate z meritvami.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni bistvenih odstopanj od načrtovanih raziskav.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
COBISS.SI-ID			
2.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	

	ANG
Objavljeno v	
Tipologija	
COBISS.SI-ID	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
2.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

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.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

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.

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.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

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 naj sodobnejše programske, ki jo razvijamo in testiramo v okviru raziskovalnega programa in sodobne strojne opreme, lahko rezultati raziskav pomagajo slovenski industriji, da konkurenčno nastopa na svetovnem trgu. Turboinštitut d.d. razpolaga z najzmogljivejšim računalniškim sistemom v Sloveniji in regiji (JV Evropa). Superračunalnik je sestavljen iz 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 programske skupine bodo dolgoročno pomembni tudi za 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 wluster ith two quad-core Intel Xeon processors L5520 2.26GHz 8MB L2 1066MHz/60W and 16GB PC2-5300 CL5 ECC DDR2 RAM.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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: 9.302 od tega v letu 2009: 2.067
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1813 ZVEZDA, tekstilna tovarna, d.d.
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	Zvezda, tekstilna tovarna d.d.
	Naslov	Savska cesta 64, SI-4000 Kranj
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Delo na projektu smo pričeli z delovnim paketom **Pregled stanja**. Pri pregledu novejših literatur s področja lastnosti in karakterizacije tekstilnih odpadnih vod smo prišli do naslednjih zaključkov. Karakteristika tekstilne odpadne vode je močno odvisna od procesov, ki se v tekstilni industriji uporabljajo. Najbolj pogosti procesi v tekstilni industriji so: razškrabljanje, razmaščevanje, beljenje, merceriziranje, tiskanje in plemenitenje. Tekstilnim odpadnim vodam najpogosteje merijo naslednje ekološke parametre: biokemijsko potrebo po kisiku (BOD), kemično potrebo po kisiku (COD), suspendirane snovi (TSS) ter raztopljene trdne snovi (TDS). Tipične lastnosti tekstilne odpadne vode glede na literaturne

podatke so predstavljene v tabeli:

Parametri	Vrednosti
pH	1.9-13
BOD (mg L ⁻¹)	50-40000
COD (mg L ⁻¹)	150-12000
TSS (mg L ⁻¹)	15-64000
TDS	2900-3100
Klorid (mg L ⁻¹)	1000-1600
Skupni Kjeldahlov dušik (mg L ⁻¹)	70-80
Barva (Pt-Co)	50-2500

Glede na literaturne podatke smo zbrali tudi karakteristike tekstilnih odpadnih vod različnih procesih v tekstilnih tovarnah in sicer po procesu razškrabljanja, razmaščevanja, beljenja, merceriziranja, tiskanja in plemenitenja.

V delovnem paketu **Značilnosti tekstilne odpadne vode** smo oblikovali celovito bazo podatkov o lastnostih tekstilnih odpadnih vod. Izvedli smo celovito analizo realnih tekstilnih odpadnih vod dveh slovenskih tekstilnih podjetji. Tako smo v obeh podjetjih vzorčili, analizirali in testirali vse glavne tokove odpadne vode. Merjeni parametri so bili pH, prevodnost, motnost, TSS (ujedljive snovi), VSS (raztopljene snovi), absorbanca in COD. Opravljene so bile tudi podrobnejše analize sledečih parametrov Ba²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, K⁺, Sr²⁺, Fe (Fe²⁺, Fe³⁺), Al³⁺, Na⁺, Ca²⁺, TN, PO₄-P/PO₄³⁻, NO₃⁻/NO₃-N, S²⁻, SiO₂/Si, Cl⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺. Določili smo tudi vsebnost toksičnih organskih onesnaževal PCDD/Fs (poliklorirani dibenzo-*p*-dioksini in poliklorirani dibenzofurani) v realnih odpadnih vodah. Ugotovili smo, da je vsebnost PCDD/Fs bila povečana samo v tekstilnih odpadnih vodah onesnaženimi z disperznimi barvili.

V delovnem paketu **Laboratorijski testi za čiščenje z AOP** smo z naprednim oksidacijskim postopkom H₂O₂/UV obdelali izbrane tokove odpadne vode iz dveh slovenskih tekstilnih podjetji. Proces razbarvanja/razgradnje smo izvajali s H₂O₂/UV postopkom 30 minut in moč žarnice je bila 1600 W. Pred in po obdelavi smo zbranim tokovom odpadne vode merili naslednje parametre absorbanco pri treh različnih valovnih dolžinah 436, 525, 620 nm, pH, motnost, prevodnost in TOC. V vseh primerih smo dosegli več kot 90 % razbarvanje in znižanje vrednosti TOC. Primer je prikazan v spodnji tabeli.

	Realna odpadna voda	Realna odpadna voda po obdelavi z UV/H ₂ O ₂
Pogoji obdelave		$I_0 = 5,92177 \times 10^{-6} \text{ Einstein s}^{-1}$, $c_{(\text{H}_2\text{O}_2)} = 65,4 \text{ mmol/L}$
Parametri		
SAC /(m ⁻¹)		
pri 436	31,93	2,07
pri 525	13,20	1,98
pri 620	6,29	2,02
TOC/(mg/L)	300	77
T/°C	20	35,1
pH	10,98	5,99
Prevodnost/(mS/cm)	1604	1811
Motnost/(NTU)	5,95	-

V nadaljevanju raziskav smo študirali vpliv AOP postopkov na tvorbo obstojnih organskih onesnaževal na vzorcih realne odpadne vode. Dobljeni rezultati kažejo, da UV/H₂O₂ postopek nima vpliva na tvorbo polikloriranih dibenzo-*p*-dioksinov in polikloriranih

dibenzofuranov (PCDD/Fs).

V delovnem paketu **Priprava raznih tekstilnih materialov za namene filtracije** smo se v prvem letu osredotočili na polietilenske materiale z različnimi gostotami.

V delovnem paketu **Priprava selektivnih tekstilnih fitrov** smo pripravili selektivne tekstilne filtre in sicer tako, da smo β -ciklodekstrin vezali na štiri različne vrste tekstilnih substratov in sicer celulozno pulpo, tkan bombaž, tkano in netkano viskozo ter tkan in netkan poliester. Ciklodekstrini so makrociklični oligosaharidi in so dobro znane "host-guest" molekule. Ciklodekstrin smo na tekstilni material vezali kovalentno in sicer tako, da smo tekstilni material obdelali v obdelovalni kopeli, ki je vsebovala različne koncentracije β -ciklodekstrina, reagent za zamreženje 1,2,3,4-butan tetrakarboksilno kislino (BTCA) in katalizator. Z uporabo katalizatorja smo znižali temperaturo obdelave tekstilnega materiala. Učinkovitost kovalentne vezave β -ciklodekstrina na tekstilni material smo določili gravimetrično. Najboljše rezultate kovalentne vezave β -ciklodekstrina smo dosegli pri netkanem poliesteru in sicer 20 % nanos.

Pričeli smo tudi s preliminarnimi raziskavami v delovnem paketu **Laboratorijski testi s pripravljenimi tekstilnimi filtri na modelnih molekulah**. Izvedli smo eksperimente tvorbe kompleksa β -ciklodekstrina v raztopini z modelnimi polutantom in sicer fenolom. V preliminarnih raziskavah smo ugotovili, da temperatura nima vloge na nastanek kompleksa β -ciklodekstrin fenol. V nadaljevanju smo ugotovili, da pri povišani temperaturi pride do razpada nekaterih reagentov. Preostali nevezan fenol smo določili glede na standardno metodo to je spektrofotometrična določitev fenolnega indeksa 4-aminoantipirina z destilacijo (ISO-6439).

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Realizacija raziskovalne hipoteze

V našem dosedanjem delu smo realizirali zastavljene raziskovalne cilje za leto 2009 prvo projektno leto. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Delo smo pričeli s **pregledom stanja**; novejša literatura s področja karakteristike tekstilne odpadne vode s poudarkom na toksičnih organskih onesnaževalih in študij literature o toksičnih organskih onesnaževalih kot produktih AOP postopkov čiščenja. Oblikovali smo bazo podatkov o karakteristiki tekstilne odpadne vode, ki je močno odvisna od procesov, ki se v tekstilni industriji izvajajo. Tako smo oblikovali tudi bazo podatkov o tekstilni odpadni vodi po posameznih tekstilnih procesih kot so razškrbljanja, razmaščevanja, beljenja, merceriziranja, tiskanja in plemenitenja. Popisali in analizirali smo različne tokove odpadnih vod v dveh slovenskih tekstilnih tovarnah, tako smo oblikovali celovito bazo podatkov o **značilnosti tekstilne odpadne vode**. Izvedli smo **laboratorijske teste čiščenja z AOP**, razbarvanje/razgradnjo smo izvedli na realnih tekstilnih odpadnih vodah po različnih procesih v tekstilni industriji. Vsem izbranim tokovom realne odpadne pred in po obdelavi z naprednim oksidacijskim postopkom H₂O₂/UV smo določili ekološke parametre in sicer absorbanco pri treh različnih valovnih dolžinah 436, 525, 620 nm, pH, motnost, prevodnost in TOC. Skoraj v vseh primerih smo na realni odpadni vod dosegli več kot 90 % razbarvanje in znižanje vrednosti TOC. Pri začetnih **raziskavah priprave raznih tekstilnih materialov za namene filtracije** smo se osredotočili na poliesterske materiale različne gostote. Izvedli smo začetne **raziskave na področju priprave selektivnih tekstilnih fitrov**. β -ciklodekstrina smo kovalentno vezali na različne tekstilne materiale pod različnimi eksperimentalnimi pogoji. V delovnem paketu **Laboratorijski testi s pripravljenimi tekstilnimi filtri na modelnih molekulah** smo izvedli nekaj preliminarnih raziskav tvorbe kompleksa β -ciklodekstrina v raztopini z modelnimi polutantom-fenolom pod različnimi reakcijskimi pogoji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

V letu 2009 ni sprememb in odstopanj od previdenega programa raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Določitev cenovno optimalnih operacijskih pogojev za razbarvanje in mineralizacijo C.I. reactive blue 268 z UV/H ₂ O ₂ postopkom
		<i>ANG</i> Determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I. reactive blue 268 by UV/H ₂ O ₂ process
	Opis	<i>SLO</i> UV/H ₂ O ₂ postopek je pogosto predstavljen kot učinkovit postopek za razgradnjo obarvane tekstilne odpadne vode. V članku je predstavljena študija določitve cenovno optimalnih operacijskih pogojev za razbarvane in mineralizacijo C. I. Reactive Blue 268 z UV/H ₂ O ₂ postopkom. Dobljeni rezultati kažejo, da je za zagotovitev učinkovitih in ekonomsko ugodnih operacijskih pogojev UV/H ₂ O ₂ postopek potrebno istočasno optimirati tako iz obratovalnega kot tudi ekonomskega vidika.
		<i>ANG</i> The UV/H ₂ O ₂ process has often been proposed as an effective treatment technology for remediation of colored wastewaters. Paper presents a study on determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I. Reactive Blue 268 by the UV/H ₂ O ₂ process. The results obtained clearly indicate that, in order to assure effective and economically efficient operation, the UV/H ₂ O ₂ process should be simultaneously optimized from the perspective of both operational and economic efficiency.
	Objavljeno v	NOVAK, Nina, MAJCEN LE MARECHAL, Alenka, BOGATAJ, Miloš. Determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I. reactive blue 268 by UV/H ₂ O ₂ process. Chem. eng. j. 1996. [Print ed.], 2009, vol. 151, iss. 1/3, str. 209-219. JCR IF (2008): 2.813
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13047574	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Površinsko modificiranje PET vlaken z uporabo β-ciklodekstrina
		<i>ANG</i> Surface modification of PET fibers with the use of β-cyclodextrin
	Opis	<i>SLO</i> Namen raziskave je bil pripraviti nanoenkapsuliran poliesterni material, ki ga je možno uporabiti kot nosilec vonja oz. absorbent smradu. Ciklodekstrin smo vezali na poliester s pomočjo polifunkcionalnega reagenta 1,2,3,4-butantetrakarbonske kisline. Za znižanje temperature zamreženja smo uporabili katalizatorja in sicer natrijev hidrogenfosfit in cianamid. Pripravili smo nanoenkapsulirane poliesterne tekstilne substrate s povečano absorpcijsko kapaciteto in s podaljšanim sproščanjem hlapljivih oz. aktivnih komponent.
		<i>ANG</i> The purpose of our research was to prepare nanoencapsulated PET textile materials, which would be used as odor carriers or would act as malodorous absorbers. We grafted-cyclodextrin onto PET textile materials by using a polyfunctional reagent 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid. To reduce the curing temperature of the reaction, catalysts such as sodium hypophosphite and cyanamide were used. We prepared nanoencapsulated polyester textile materials with increased adsorption capacity and with delayed release of volatile or active compounds.
	Objavljeno v	VONČINA, Bojana, VIVOD, Vera, CHEN, Wen-Tung. Surface modification of PET fibers with the use of [beta]-cyclodextrin. J. appl. polym. sci., 2009, 113, 6, 3891-3895. JCR IF (2008): 1.187
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13229078	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Razbarvanje s H ₂ O ₂ /UV in ultrazvok postopkom in študij vpliva omenjenih postopkov na tvorbo toksičnih organskih spojin
		<i>ANG</i> H ₂ O ₂ /UV and ultrasound assisted decolouration and their effect on the formation of toxic organic compounds
	Opis	<i>SLO</i> V prispevku je predstavljena študija razbarvanja in razgradnja tekstilnih odpadnih vod z uporabo naprednih oksidacijskih postopkov H ₂ O ₂ /UV in ultrazvoka. Študirali smo učinkovitost razgradnje izbranega procesa. UV svetloba, ki razgradi in uniči organske polutante v odpadni vodi je lahko na drugi strani izvor toksičnih dioksinov in dioksinom podobnim spojinam. Študirali smo tvorbo in pretvorbo obstojnih organskih onesnaževal (dioksinov) med obdelavo tekstilne odpadne vode z izbranim AOP postopkom.
		<i>ANG</i> In the study decolouration and degradation of textile effluents will be presented using advanced oxidation processes-H ₂ O ₂ /UV and ultrasound. The degradation efficiency of selected processes was studied. UV light which degraded and destroyed organic pollutants in wastewater could be a source of toxic dioxins and dioxin-like compounds. Since a generation of dioxins was reported from the direct photolysis of pentachlorophenol-containing water, we studied also the formation and transformation of persistent organic pollutants (dioxins) during the wastewater treatment with selected AOPs.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	MAJCEN LE MARECHAL, Alenka, VAJNHANDL, Simona, KRIZANEC, Boštjan, NOVAK, Nina. H ₂ O ₂ /UV and ultrasound assisted decolouration and their effect on the formation of toxic organic compounds. 1st International Workshop on Application of Redox Technologies in the Environment, Istanbul Technical University, September 14-15, 2009, Istanbul, Türkiye. Arte'2009.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13444118
2.	Naslov	<i>SLO</i> Zamreženja nanokapsul na tekstilne substrate za sporoščanje aktivnih spojin
		<i>ANG</i> Assembly of nanocapsules on textile substrates for postponed release of active compound
	Opis	<i>SLO</i> Predstavili smo raziskavo, kjer smo vezali beta ciklodekstrin (β -CD) na poliestrene tekstilne substrate z uporabo polifunkcionalnega reagenta 1,2,3,4 butantetrakarbonske kisline (BTCA). Za znižanje temperature zamreženja smo v kopelih uporabili dva različna katalizatorja natrijev dihidrogen fosfat (I) (SHPI) in cianamid (CA). Tako pripravljene tekstilni substrati imajo povečano kapaciteto adsorpcije in podaljšano sproščanje hlapnih aktivnih komponent.
		<i>ANG</i> In this work we presented the research when we grafted beta-cyclodextrin (β -CD) onto PET textile materials using a polyfunctional reagent 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid (BTCA). To reduce the curing temperature of the treatments, catalysts such as sodium hypophosphite (SHPI) or cyanamide (CA) were used. We prepared assembly of nanocapsules on textile materials with increased adsorption capacity and delayed release of volatile active compounds.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	VONČINA, Bojana. Assembly of nanocapsules on textile substrates for postponed release of active compound. Innovations in Textiles 2009, 18th - 19th March 2009 Royal college of Physicians, London. Smart, nano and technical textiles for medical, industrial and clothing applications : conference handbook.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13162006

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

-

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Nova dognanja o lastnostih in obdelavi tekstilnih površin s ciklodekstrini bodo prispevala k obogatitvi fundamentalnih (korelacija med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi) in aplikativnih (nove fizikalno kemijske metode, novi materiali ali procesi) znanj s tega področja ter k razvoju multifunkcionalnih tehničnih tekstilnih materialov in ustreznih tehnologij oziroma k razvoju novih, ekološko prijaznejših tehnologij čiščenja odpadnih vod (zamenjava okolju nevarnih kemikalij in materialov, recikliranje odpadnih kopeli, vod in materialov, substitucija oporečnih tehnologij z novimi):

- Prispevali bomo k razvoju področja novih tekstilnih materialov - tehničnih tekstilij za specifično uporabo (industrijski filtri).
- Prispevali bomo k razvoju znanj s področja priprave nanoenkapsuliranih sistemov ter s področja plemenitenja tekstilnih materialov za specifične namene.
- Prispevali bomo k razvoju znanj o učinkovitosti in oporečnosti metod razbarvanja posameznih tekstilnih barvil in predlagali substitucijo oporečnih barvil z manj oporečnimi.
- Prispevali bomo k širjenju znanja o prisotnosti in nastanku toksičnih organskih mikro polutantov (POPs, aromatski amini, fenoli, formaldehid...) v tekstilnih materialih in odpadnih tekstilnih vodah pred in po AOP obdelavi.

ANG

New achievements about properties and treatment of textile surfaces with cyclodextrins will contribute to the fundamental (correlation between reactivity, structure and surface properties) and applicative (new physical-chemical methods, new materials or processes) knowledge from this field and to the development of multifunctional technical textile materials and corresponding technologies as well as to the development of new eco-friendly wastewater treatments (replacement of environmentally harmful chemicals and materials, recycling of waste-baths waters and materials, substitution of harmful technologies with new ones):

- we will contribute to the development of new textile materials – technical textiles for specific use (industrial filter),
- we will contribute to the development of knowledge from the field of preparation of nano encapsulated systems and from the field of finishing of textile materials for special purposes,
- we will contribute to the development of knowledge about efficiency and harmfulness of decoloration of target textile dyes and we will propose the substitution of harmful dyes with less harmful and
- we will contribute to the knowledge about the formation of toxic organic micro pollutants (POPs, aromatic amines, phenols, formaldehyde...) in textile material and textile wastewater before and after AOP treatment.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Neposreden pomen projekta za Slovenijo tako za gospodarstvo kot tudi za družbo se bo kazal v razvoju novih materialov za tehnične namene in v razvoju novih inovativnih tehnologij za odstranjevanje toksičnih mikro polutantov iz tekstilnih in drugih odpadnih vod. Uspešno izveden projekt bo koristen ne le za sodelujoče podjetje (proizvodnja novih materialov z dodano vrednostjo), temveč tudi za vsa tekstilna podjetja z močno onesnaženimi odpadnimi vodami, ki bodo tako dobila priložnost, da svoje vode reciklirajo in sledijo splošnim razvojnim smernicam slovenskih in EU direktiv (SRA EU TP za vode in tekstil). Seveda se bodo lahko novi tehnični materiali uporabili tudi v drugih sektorjih, kjer je recikliranje tehnološke vode prav tako pomembno. Z novimi znanji bomo prispevali k osveščanju javnosti o ekološko primernejših procesih in materialih ter tako prispevali k trajnostnemu razvoju.

ANG

Direct impact of the project for the economy and society in Slovenia will be linked to the development of new materials for technical purposes and to the development of new innovative technologies for the elimination of toxic micro pollutants from textile and other wastewater. Positive results obtained from the project will be beneficial not just for the companies directly involved in the project (development of materials with added values) but for the textile companies which have heavy polluted waste waters. Because of the results from the project textile companies in Slovenia would be able to purify water in better and more economical way, they will be able to recycle their waste waters and with this to follow Slovenian and EU directives for waste waters treatments (SRA EU TP for textile waste waters). New prepared filter materials can be used as new technical materials in other sectors of industry (food industry, polymers production and others), where recycling of waste water is crucial. With the new knowledge from the project we will contribute to the awareness about the ecology, water

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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: 4.649 od tega v letu 2009: 1.033
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
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji¹

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

V okviru projekta smo razvijali celulozne kompozitne materiale s permanentno vezanimi nano delci. Namen raziskave je bil doseči samočistilni učinek na tekstilnih materialih, ki bi zagotavljal lahko vzdrževanje in nego tekstilij. Modifikacija bo predvsem uporabna za tekstilije za zunanjo uporabo, ki so izpostavljene nečistočam iz okolja in jih je težje negovati.

Za raziskavo smo uporabili predobdelana in aktivirana vlakna. Predobdelava celulozних vlaken omogoča optimalno rast in vezavo nano delcev na površini in v notranjosti vlaken, kar intenzivira učinek modifikacije.

Za doseganje samočistilnega učinka smo oblikovali na vlaknih fotokatalitične nanoprevleke. Za pripravo nanoprevlek smo uporabili komercialni TiO₂ P25 (DEGUSSA, Nemčija), ki je mešanica 75% anatazne oblike in 25% rutilne oblike in je znan kot eden izmed najboljših fotokatalizatorjev. Zaradi možnih fotokatalitičnih degradacijskih poškodb celuloze smo nano delce TiO₂ oplaščili s SiO₂ in jih vezali na vlakno. SiO₂ ima vlogo mejne plasti med fotokatalizatorjem in celulozno podlago. Uporabili smo sol-gel postopek oblikovanja prevlek na primarnih TiO₂ nanodelcih. Za oblikovanje SiO₂ prevlek smo uporabili TEOS kot prekursor v sol gel procesu. Oplaščenje nano TiO₂ delcev s SiO₂ ščiti celulozni substrat pred fotokatalitičnimi vplivi nano fotokatalizatorja, kar dokazujejo tudi boljše mehanske lastnosti tako modificiranih vlaken v primerjavi s celuloznimi vlakni z nano prevlekami iz čistega TiO₂.

Z izbranimi procesnimi pogoji smo dosegli homogeno porazdelitev monodisperznih nanodelcev in oblikovanje nanodelcev tudi v notranjosti vlaken.

Analiza fotokatalitične aktivnosti obdelanih vlaken je pokazala, da imajo obdelani materiali primerno samočistilno sposobnost, pri tem pa obdelava ni vplivala na mehanske in uporabne lastnosti tekstilnega materiala. Na osnovi analize mehanskih lastnosti obdelanih tekstilij pri majhnih deformacijah smo ugotovili, da imajo nanoprevleke zanemarljiv vpliv na otip tekstilnih materialov.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Uspešno smo uvedli novo metodo za modificiranje vlaknotvornih polimerov z namenom funkcionalizacije vlaknatih materialov. Z namenom razvoja in uvedbe metod za pripravo nanoprevlek s samočistilnim učinkom smo proučili vpliv procesnih parametrov na funkcionalne lastnosti prevlek, na možnosti poškodbe vlaken in na uporabne lastnosti modificiranih materialov.

Poseben poudarek raziskave je bil na razvoju metode, s katero ocenimo uspešnost in učinkovitost modifikacije tekstilnega substrata, saj trenutno ne obstaja standardna metoda, s katero bi samočistilni efekt neodvisno in objektivno ocenili in kvantificirali.

Rezultati raziskave so prispevek k širitvi znanj na področju funkcionalizacije polimernih materialov. Program raziskave za leto 2009 smo uresničili in rezultate raziskave predstavili v znanstvenih revijah (4) ter na znanstvenih konferencah in simpozijih. Rezultati so bili predstavljeni tudi v obliki vabljenega predavanja z naslovom The Role of Nano TiO₂ Photocatalyst in the Polymer Materials Functionalisation (Nika Veronovski, Majda Sfiligoj-Smole) na International Conference on Polymer Processing and Characterisation v Kottayamu v Indiji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Priprava nanoprevleke na celuloznih vlaknih iz oplaščenih TiO ₂ -SiO ₂ nanodelcev
		<i>ANG</i> Preparation of nano TiO ₂ / SiO ₂ coatings on cellulose fibres
Opis	<i>SLO</i> Članek opisuje pripravo TiO ₂ -SiO ₂ prevleke na celuloznih vlaknih z namenom doseganja samočistilnega učinka. Primerjali smo TiO ₂ in TiO ₂ -SiO ₂ prevleke. Prevleke z oplaščenimi TiO ₂ delci nudijo boljše zaščito celuloznega substrata pred fotokatalitično aktivnostjo TiO ₂ in možnimi poškodbami materiala, medtem ko TiO ₂ prevleke izkazujejo višji samočistilni učinek pri izpostavitvi sončni svetlobi. Morfološke značilnosti prevleke smo določili z vrstično (SEM) in presevno (TEM) elektronsko mikroskopijo in na osnovi merjenja zeta potenciala določili še površinske lastnosti modificiranih vlaken .	
	<i>ANG</i> This paper describes preparation of TiO ₂ -SiO ₂ coatings on cellulose substrates to provide self-cleaning properties. TiO ₂ and TiO ₂ -SiO ₂ coatings were compared. While the latter treatment provided the best protection of the cellulose from the damage facilitated by the titanium particle when exposed to sunlight, the former provided better photo-catalysis. Transmission (TEM) and scanning electron microscopy (SEM) were used for coatings morphology determination and zeta potential measurement were used for studying fibres surface properties.	
Objavljeno v	Characterization of TiO ₂ /TiO ₂ -SiO ₂ coated cellulose textiles. Tex. res. j., 2010, vol. 80, no. 1, str. 55-62, doi: 10.1177/0040517509104012. IF(2008) = 0.779	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13453846	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Priprava stabilne disperzije TiO ₂ delcev za nanoprevleke na celuloznih vlaknih
		<i>ANG</i> Preparation of stabile TiO ₂ nanoparticles dispersion for cellulose fibres nanocoatings
Opis	<i>SLO</i> Proučili smo pripravo in lastnosti TiO ₂ samočistilnih nanoprevleke celuloznih materialov, ki smo jih pripravili iz TiO ₂ , ki ga proizvaja Degussa. Namen raziskave je bil znižati aglomeracijo TiO ₂ P25 nanodelcev v disperziji z uporabo površinsko aktivnih sredstev, kar je pogoj za izdelavo kvalitetnih prevleke. V ta namen smo uporabili kationsko površinsko aktivno sredstvo α,ω-bis (N-dodecil-N,N'-dimetilamonijev bromid) gemini in anionski natrijev dodecil sulfat .	
	<i>ANG</i> The preparation and characterization of titanium (TiO ₂) coated self-cleaning cellulose materials starting from TiO ₂ P25 powder (Degussa, Germany) was studied. The aim of the research was to decrease high aggregation of TiO ₂ P25 nanoparticles. For this purpose cationic alkanediyl-α,ω-bis-N-dodecyl-N,N'-dimethyl-ammonium bromide (Gemini) and anionic sodium dodecyl sulphate (SDS) surfactants were applied, with concentrations under their CMSs.	
Objavljeno v	VERONOVSKI, Nika, ANDREOZZI, Patrizia, LA MESA, Camillo, SFILIGOJ-SMOLE, Majda. Stable TiO ₂ dispersions for nanocoatings preparation. Surf. coat. technol.. [Print ed.], Jan. 2010, vol. 204, no 9/10, str. 1445-1451, doi: 10.1016/j.surfcoat.2009.09.041. IF (2008)= 1.86	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13458454	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Priprava prevleke magnetnih nanodelcev na regeneriranih celuloznih vlaknih

		ANG	Preparation of magnetic nanocoatings on regenerated cellulose fibres
Opis		SLO	Namen raziskave je bil razvoj kompozitnega zaščitnega materiala iz regeneriranih celuloznih vlaken kot osnovnega materiala in magnetnih nanodelcev kot aktivne komponente. V prisotnosti viskoznih vlaken je potekala precipitacija magnetnih delcev, ki so oblikovali magnetno plast na površini vlaken za absorpcijo elektromagnetnega valovanja. V prispevku smo primerjali lastnosti in morfologije magnetnih delcev, ki smo jih sintetizirali na različne načine z namenom določitve vpliva pogojev sinteze na uporabne lastnosti modificiranih tekstilnih vlaken.
		ANG	Aim of this study was to develop composite shielding materials with regenerated cellulose fibres as the base material and magnetic nano particles as the active component. Magnetic nano particles, were precipitated in the presence of viscose fibres, thus forming a magnetic layer on the fibres' surface. In the presentation we have compared the morphology of magnetic layers formed on fibres via different synthesis routes as well as determined the mechanical properties of the composite fibres in order to determine the effect of the synthesis conditions on the fibres' overall performance.
Šifra			B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v			HRIBERNIK, Silvo, SFILIGOJ-SMOLE, Majda, STANA-KLEINSCHKEK, Karin. Formation of magnetic layers on regenerated cellulose fibres' surface. V: EPNOE 2009, September 21-24, 2009, Turku/Åbo, Finland. Polysaccharides as a source of advanced materials : abstracts. Turku: Abo Akademi University, 2009, str. 88. [COBISS.SI-ID 13548822]
Tipologija			1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
COBISS.SI-ID			13548822
2. Naslov		SLO	Pomočnik 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			Tekstilec. Sfiligoj Smole, Majda (urednik 2007, 2008, 2009). Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386.
Tipologija			2.25 Druge monografije in druga zaključena dela
COBISS.SI-ID			763396

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

Del rezultatov je bil predstavljen v obliki vabljenega predavanja za naslovom The Role of Nano TiO₂ Photocatalyst in the Polymer Materials Functionalisation (Nika Veronovski, Majda Sfiligoj-Smole) na International Conference on Polymer Processing and Characterisation januarja 2010 v Kottayamu v Indiji.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Z raziskovalnega vidika so bila pridobljena nova znanja na področju funkcionalizacije vlaknotvornih polimernih materialov za pridobitev samočistilnih lastnosti. Razvit je bil postopek modifikacije celuloznih vlaken z namenom doseganja lahkega vzdrževanja tekstilnih materialov, kar predstavlja tudi prispevek na področju okoljevarstva.

Poseben prispevek predstavlja uporaba predobdelanih vlaken za modifikacijo, kjer spremenjena mikrostruktura vpliva na način oblikovanja nano-prevlek v vlaknu in na površini vlakna.

ANG

New knowledges in the field of fibre-forming polymers functionalisation were obtained. The development comprehends the functionalisation procedure for obtaining self-cleaning properties. By the modification process cellulose fibres gain easy-to-clean properties. Thereby the developed modification procedure contributes to the environmental protection. A special contribution represents the modification of pre-treated fibres. Due to the changed fibres microstructure the nanocoatings formation process within the fibre and on the fibre surface is influenced.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Rezultati prispevajo k razvoju naprednih procesov s proizvodnjo funkcionalnih tekstilij s spremenjenimi površinami na nano nivoju in tako prispevajo k uvajanju visoko-tehnoloških proizvodov z višjim deležem znanja (višjo dodano vrednostjo) v slovenski tekstilni industriji in s tem dvigujejo nivo konkurenčnosti.

Raziskava Funkcionalizacija vlaken z nanoprevlekami se uvršča na področje raziskav nanotehnologij in nanomaterialov, ki so trenutno eno od prioritarnih nacionalnih in evropskih raziskovalnih področij in zato bodo rezultati pomembno prispevali k obsegu nacionalnih znanj.

ANG

The research results contribute to the development of advanced processes by production of functional textiles with modified surfaces at nano level. Furthermore they contribute to introduction of high technology products with high added knowledge (high added value products) into the slovene textile industry and thereby to improvement of its competitive position.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-9323
Naslov projekta	Razvoj naprednih sanitetnih materialov
Vodja projekta	19753 Lidija Fras Zemljič
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	3.600
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2009
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	Tosama, tovarna sanitetnega materiala d.d.
	Naslov	Vir, Šaranovičeva cesta 35. SI - 1230 Domžale. Šaranovičeva cesta 35, Vir, SI-1230 Domžale
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Projekt je temeljil na modifikaciji celuloznih bombažnih vlaken s karboksimetilcelulozo (CMC).

Za modifikacijo pred-obdelanih (čistih) bombažnih vlaken smo uporabili CMC produkte z različnimi povprečnimi molskimi masami (nizko, srednje ter visokomolekularne CMC). Topokemijska modifikacija vlaken s CMC je bila ovrednotena z indirektno

spektrofotometrično metodo s fenol-žveplovo(VI) kislino (angl. »Phenol-sulfuric acid analysis«) in direktno konduktometrično titracijo.

Preučili smo tudi vpliv povprečne molske mase, gostote naboja in čistosti uporabljenih CMC produktov na adsorpcijski proces s CMC in, posledično, na porast celokupnega naboja vlaken.

Vlaknom smo določili hidrofobne/hidrofilne lastnosti s uporabo tenziometrije. Prav tako smo analizirali vpliv topokemijske modifikacije vlaken s CMC na mehanske lastnosti modificiranih vlaken.

Ugotovili smo:

1. Modificirana bombažna vlakna imajo v primerjavi z neobdelanimi bombažnimi vlakni večji celokupni naboj za več kot 50 %.
2. Zaradi povečanega števila karboksilnih skupin imajo obdelana vlakna boljše adsorpcijske sposobnosti za kationsko površinska aktivna sredstva.
3. Porast stičnega kota je minimalen, za cca. 1%. To je pričakovati, saj je CMC polimer, ki se v glavnem adsorbira na površino celuloze in tako malce zapre površinsko dostopnost za tekočine. Hkrati pa je zaradi kemijskega vpliva kot je zvišanje OH in COOH skupin pričakovati rahel porast hidrofilnega značaja. Ob upoštevanju obeh dejstev so rezultati meritev stičnega kota pričakovani.
4. Topokemijska modifikacija bombažnih vlaken s CMC vodi k boljšim mehanskim lastnostim le-teh. Finost in pretržna sila CMC modificiranih vlaken primerjavi s referenčnim vzorcem A naraste za približno 5 %, medtem ko pretržni raztezek in pretržna sila narasteta za 15 %.
5. Protimikrobne lastnosti vlaken so sledeče (redukcija v % na patogene mikroorganizme): Staph. aureus R = 91%; E. coli R = 4%; Strept. agalac. R = 43%; Candida albicans R = 27%; Candida glabrata R = 50%.

Tehniko funkcionalizacije vlaken smo vzpostavili v podjetju Tosama d.d.. Namen modifikacije celuloznih bombažnih vlaken s CMC je povečanje celokupnega naboja, kar posledično izboljša adsorpcijske in mehanske lastnosti modificiranih vlaken. S tehniko pršenja izhodnega celuloznega materiala s CMC se zviša sorptivnost oz. reaktivnosti izhodnih vlaken.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Vse zastavljene naloge in cilji triletnega projekta so uspešno zaključene. Laboratorijska spoznanja smo prenesli v Tosamo d.d. in vzpostavili tehniko pršenja CMC na viskozna vlakna. Ugotovili smo, da tehnološki parametri vlaken ustrezajo zahtevam proizvajalca. Ugotovili smo, da povišana količina naboja, ki jo dosežemo s topokemijsko modifikacijo bombažnih vlaken s karboksimetilcelulozo (CMC), vpliva na izboljšanje mehanskih kakor tudi adsorpcijskih lastnosti obdelane celuloze. Kljub adsorpciji visokomolskih polimerov je hidrofilni značaj celuloze skoraj nespremenjen (glede na referenco). Material izkazuje boljše protimikrobne lastnosti kot

referenca.

Ocenjujemo, da se bo v Tosami tovrstna funkcionalizacija materiala v prihodnosti uporabljala pri proizvodnji novih medicinskih produktov.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> FRAS ZEMLJIČ, Lidija, STENIUS, Peer, LAINE, Janne, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Topochemical modification of cotton fibres with carboxymethyl cellulose.
		<i>ANG</i> FRAS ZEMLJIČ, Lidija, STENIUS, Peer, LAINE, Janne, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Topochemical modification of cotton fibres with carboxymethyl cellulose.
	Opis	<i>SLO</i> V članku je opisana metoda funkcionalizacije vlaken s karboksimetil celulozo. Razložen je vpliv adsorpcije le-te na zvišanje celokupnega naboja. Celokupni naboj poraste za cca 50%.
		<i>ANG</i> The article describes the functionalization of cellulose fibres using carboxymethyl cellulose. The influence of this adsorption onto charge amount was analysed. The adsorbed charge correlated linearly with the amount of CMC adsorbed. The total charge of the cotton fibres could be increased by more than 50% by adsorption of CMC
Objavljeno v		Cellulose (Lond.), Apr. 2008, vol. 15, no 2, str. 315-321. http://dx.doi.org/10.1007/s10570-007-9175-3 , doi: 10.1007/s10570-007-9175-3. [COBISS.SI-ID 11942166]
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		11942166
2.	Naslov	<i>SLO</i> Characterization of cotton fibres modified by carboxymethyl cellulose.
		<i>ANG</i> Characterization of cotton fibres modified by carboxymethyl cellulose.
	Opis	<i>SLO</i> Podan je opis funkcionalizacije vlaken s CMC. Podan je vpliv funkcionalizacije vlaken na mehanske lastnosti, ki so po obdelavi izboljšane.
		<i>ANG</i> Description regarding functionalization of fibres by CMC is given. The influence of functionalization onto final fibre mechanical properties was discussed. The modified fibres appeared to have better mechanical properties. It is expected that this modification procedure can be used for practical applications.
Objavljeno v		Lenzing. Ber., 2006, 85, str. 68-76. [COBISS.SI-ID 10715414]
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10715414
3.	Naslov	<i>SLO</i> Influence of adsorbed carboxymethyl cellulose on the cotton fibre adsorption capacity for cationic surfactant.
		<i>ANG</i> Influence of adsorbed carboxymethyl cellulose on the cotton fibre adsorption capacity for cationic surfactant.
	Opis	<i>SLO</i> Opisan je vpliv funkcionalizacije vlaken s CMC na zvišanje kationskega naboja. Na vlakna funkcionalizirana s CMC smo adsorbirali kationski tenzid CPC. S spektrofotometrijo je bilo ugotovljeno, da zvišanje karboksilnih skupin kot posledica adsorpcije CMC, zviša adsorpcijsko kapaciteto za kationske substance. Izvedena je bila študija kinetike adsorpcijskega procesa.
		<i>ANG</i> The adsorption of N-cetylpyridinium chloride (CPC) from an aqueous solution onto the CMC-modified fibres was measured using UV-spectrometric determination of the surfactant concentration in the solution. Adsorption onto the cotton fibres was studied in a weakly basic environment (pH 8.5) where cotton fibres are negatively charged and the CPC ion is positively charged. Modification of the fibres by adsorption of CMC introduces new carboxyl

		groups onto the fibre surfaces, thereby increasing the adsorption capacity of the fibres for CPC.
Objavljeno v		V: 12. Österreichische Chemietage : September 10-13, 2007, Klagenfurt, Austria : book of abstracts. [Vienna]: Gesellschaft Österreichische Chemiker, 2007, str. MS-37. [COBISS.SI-ID 11647766]
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		11647766
4. Naslov	<i>SLO</i>	Functionalisation of cellulose surface.
	<i>ANG</i>	Functionalisation of cellulose surface.
Opis	<i>SLO</i>	Opisane so tehnike funkcionalizacije vlaken kot tudi karakterizacije le teh. Predstavljeni so bili postopki modifikacije in karakterizacije vlaken s uporabo karboksimetil celuloze ter hitozana.
	<i>ANG</i>	Several advanced techniques for functionalization of fibres were introduced. Fibres were functionalised using two polysaccharides, chitosan and carboxymethyl cellulose. Those fibres were physico-chemically characterised.
Objavljeno v		V: European Polymer Congress [tudi] EPF'09, Graz, Austria, 12.-17. 7. 2009. Book of abstracts and basic information about the congress. Graz: Graz University of Technology, Institute for Chemistry and Technology of Materials [etc.], 2009, str. 209. [COBISS.SI-ID 13379094]
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		13379094
5. Naslov	<i>SLO</i>	The effect of adsorbed carboxymethyl cellulose on the cotton fibre adsorption capacity for surfactant.
	<i>ANG</i>	The effect of adsorbed carboxymethyl cellulose on the cotton fibre adsorption capacity for surfactant.
Opis	<i>SLO</i>	Opisan je vpliv funkcionalizacije vlaken s CMC na zvišanje kationskega naboja. Na vlakna funkcionalizirana s CMC smo adsorbirali kationski tenzid. Ugotovljeno je bilo, da zvišanje karboksilnih skupin kot posledica adsorpcije CMC, zviša adsorpcijsko kapaciteto za kationske substance. Izvedena je bila študija kinetike adsorpcijskega procesa ter diskutirani difuzijski koeficienti za kationski tenzid na /v vlakna. Ugotovljeno je bilo, da je vezava kationskega tenzida na kisle skupine vlaken stehiometrična.
	<i>ANG</i>	The adsorption of N-cetylpyridinium chloride (CPC) from an aqueous solution onto the CMC-modified fibres was measured using UV-spectrometric determination of the surfactant concentration in the solution. Modification of the fibres by adsorption of CMC introduces new carboxyl groups onto the fibre surfaces, thereby increasing the adsorption capacity of the fibres for CPC. The initial rate of adsorption of CPC increased proportionally with the amount of charge; however, this rate slowed down at high degrees of coverage on fibres with a high charge.
Objavljeno v		Cellulose (Lond.), 2006, vol. 13, 6, str. 655-663. http://dx.doi.org/10.1007/s10570-006-9071-2 . [COBISS.SI-ID 11043606]
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		11043606

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1. Naslov	<i>SLO</i>	Metoda za topokemično modifikacijo bombažnih vlaken
	<i>ANG</i>	Method for topochemical modification of cotton fibres.
Opis	<i>SLO</i>	Patent opisuje tehnološki proces modifikacije vlaken z uporabo CMC. Podana je natančna receptura modifikacije vlaken. Vlakna so podrobno okarakterizirana. Ugotovljeno je bilo, da povišana količina naboja, ki jo dosežemo s topokemijsko modifikacijo bombažnih vlaken s karboksimetilcelulozo (CMC), vpliva na izboljšanje mehanskih kakor tudi adsorpcijskih lastnosti obdelane celuloze.

		ANG	The increased amount of charge that can be achieved by means of topochemical modification of cotton fibers by use of the carboxymethylcellulose (CMC) can improve mechanical as well as adsorption properties of the cellulose. The treated cotton fibers receive higher number of carboxyl groups than the original cotton fibers consequently the fibers have better sorption capacity for cationic surfactant as well as better mechanical properties.
Šifra	F.09		Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	odločba o podelitvi patenta št. SI 21805 A Urada Republike Slovenije za intelektualno lastnino, datum objave 31.12.2005 : št. prijave P 200400148, datum prijave 20.05.2004.Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2005. 12 f., s pril. [COBISS.SI-ID 8768534]		
Tipologija	2.24		Patent
COBISS.SI-ID	8768534		
2.	Naslov	SLO	Surface treatment in cellulose processing : invited lecture,
		ANG	Surface treatment in cellulose processing
Opis	SLO	Predstavljeni so procesi površinskih funkcionalizacij vlaken; med drugim tudi topokemijske modifikacije celuloze. Podana je karakterizacija novih materialov.	
	ANG	Different procedures for surface functionalization of fibres are presented. The emphasis is given on topochemical modification of fibres using CMC. The detailed characterization of fibres is presented.	
Šifra	B.04		Vabljen predavanje
Objavljeno v	presented at the Pre-conference Symposium on Biopolymer Processing, March 1, 2009, Goa, India as part of 25th Annual Meeting of the Polymer Processing Society (PPS-25), Goa, India, March 1-5, 2009. Goa, 2009. [COBISS.SI-ID 13081878]		
Tipologija	1.06		Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
COBISS.SI-ID	13081878		
3.	Naslov	SLO	Funkcionalizacija bombažnih vlaken s karboksimetilcelulozo : diplomsko delo.
		ANG	Functionalization of fibres using CMC.
Opis	SLO	V diplomski nalogi smo skušali dognati kako funkcionalizacija oz. modifikacija bombažnih vlaken s karboksimetilcelulozo vpliva predvsem na uporabne lastnosti bombaža. Rezultati so vzpodbudni, saj uporabljena topokemijska modifikacija bombažnih vlaken s karboksimetilcelulozo daje očitno zelo plodne rezultate. Je metoda, ki sočasno z zvišanjem celokupnega naboja ter hidrofилnega značaja vlaken, ohranja tudi nekatere mehanske lastnosti vlaken.	
	ANG	In the diploma work the influence of functionalization with CMC on the cotton properties, especially of fibre total charge and fibre hydrophilicity was analysed. The results are quite promising due to the fact that fibre adsorption capacity increases as well as hydrophilicity. Mechanical properties are improved as well.	
Šifra	D.10		Pedagoško delo
Objavljeno v	[M. Mlakar], 2009. X, 41 f., ilustr. http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=9667 . [COBISS.SI-ID 13372438]		
Tipologija	2.11		Diplomsko delo
COBISS.SI-ID	13372438		
4.	Naslov	SLO	The European Polysaccharide Network, Topic 2: New knowledge-based higher materials for macro-scale applications
		ANG	The European Polysaccharide Network, Topic 2: New knowledge-based higher materials for macro-scale applications
Opis	SLO	V poročilu je podan pregled aktivnosti iz področja raziskav in uporabnosti polisaharidov. Tako so podrobno opisane lastnosti raztopin polimerov, derivatizacija polisaharidov ob uporabi encimatskih ter kemijskih modifikacij, nova struktura biopolimerov za inovativne materiale z visoko dodano vrednostjo, nano in mikro površinske modifikacije polisaharidov, uporabnost polisaharidov v farmaciji, medicini, kozmetiki, živilstvu, itd. Prav tako so podani opisi protokolov za laboratorijske tehnike za določitev specifičnih	

		lastnosti le-teh.
	ANG	The researches from the topic of polysaccharide functionalization and modification are presented. The report included topics regarding polymer solution behaviour, derivatisation of polysaccharides using enzymatic and chemical modifications, new structures of biopolymers as an inovative materials, nano and micro modifications of polysaccharides, the appliaction of them in medicine, pharmacy, cosmetics, etc. The protocols for analytical techniques for different fibre parameters were established.
Šifra		D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
Objavljeno v		: final activity report : period covered: from 01 May 2008 to 31 October 2009, (The European Polysaccharide Network, Instrument Network of excellence, Thematic priority: Nanotechnologies and nano-sciences, knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices, NMP research area: Engineering support for materials development
Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID		13864470470
5.	Naslov	SLO The European Polysaccharide Network : project deliverables Month 54 ANG The European Polysaccharide Network : project deliverables Month 54
	Opis	SLO Postavljene so smernice za razvoj in uporabnost polisaharidov v različnih industrijskih segmentih: materiali, živilstvo, medicina, farmacija itd. Glede na to, so bile nakazane perspektivne temeljne in aplikativne raziskave za funkcionalizacijo ter karakterizacijo najbolj primernih polisaharidov. ANG The trends regarding the future developmment and application of polysaccharides into different industrial segments as medicine, pharmacy, cosmetics, etc are presented. The research lines (basic and applicative) for functionalization and characterization of the most perpspective polysaccharides were defined.
	Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
	Objavljeno v	Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Laboratory for Characterization and Processing of Polymers, 2009. 92 f. [COBISS.SI-ID 13910550]
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija
	COBISS.SI-ID	13910550

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

V okviru projekta je potekla izmenjava kadrov med Tosamo in Univerzo v Mariboru, Fakulteto za strojništvo. Skozi triletno projektno delo so bile vzpostavljene nove raziskovalne navezave in v skladu s tem so bili prijavljeni in odobreni novi projekti. Prav tako so bile izvedene diplomske naloge. Trenutno poteka program MR iz gospodarstva na tematiko funkcionalizacije vlaken.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Razvoj novih naprednih postopkov obdelav celuloznih polimerov kot naravnega materiala, vodi k bistvenemu razvoju polimerne tehnologije. Skozi projektno delo smo patentirali novo tehnologijo za izboljšanje lastnosti vlaknotvornih polimerov; kot so recimo: boljše mehanske lastnosti, večja hidrofilnost, boljša adsorptivnost, itd. Prav tako smo publicirali članke v znanstvenih revijah s visokim impact faktorjem. Pridobljena znanja smo predstavili na uglednih mednarodnih in nacionalnih konferencah.

S pomočjo tovrstnega projekta je Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, razvila in nadgradila vodilna znanja za obnovljive postopke modifikacij orientiranih polimerov, ki predstavljajo trdno osnovo za korak v izboljšanje tehnoloških procesov in posledično hitro prilagajanje izdelkov potrebam in zahtevam kupce ter s tem povečanje tržnega dela v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov v Sloveniji. Praktično pa predstavlja raziskava korak v novo kvaliteto izdelkov podjetja Tosame d.d.

ANG

Each transfer of knowledge into practice is only possible by the simultaneous discovery of new scientific phenomena, and the development (optimisation) of new, quick and precise methods. The project group established new technology for cellulose fibre modification using CMC that was introduced into the Tosama d.d. Regarding this, the national patent was applied. The research articles were presented in Journals with High impact factors and on several prestige conferences.

From this point of view, both partners keep their leading position in the field of important international polymer material research. In this way they contribute to the strengthening of national identity.

This project has a strategic meaning for University Maribor when spread heading and increasing knowledge about renewable processes for orientated polymers' modifications. These represent a firm basis for improving technological processes in different industrial fields whilst consecutively, a quick adaptation of products to the customers' needs and demands.

In a practical way, this research represents the new quality for Tosama d.d. Production of Medical Supplies company. These products would therefore lead to an increase in the company's competitive position, and a massive breakthrough of new product onto the existing market, is possible.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj Slovenije je ključno povečanje tehnološke ravni slovenske polimerne in tekstilne industrije in s tem delež proizvodnje izdelkov z višjo dodano vrednostjo. Na področju modifikacije površin materialov pričakujejo strokovnjaki visoko stopnjo gospodarske rasti. Znanje o modificiranju materialov za doseganje specifičnih lastnosti vlaken oz. orientiranih polimerov je zaželen produkt projekta za sedanjega pa tudi bodoče potencialne partnerje. Razvita nova tehnologija in novi materiali bodo zaradi svojih specifičnih lastnosti (med drugim tudi biorazgradljivosti in potenciala obnovljivosti) nadomestili nekatere materiale, in kot taki našli novo komercialno uporabnost. Tosama d.d. bo s pršenjem izhodnih celuloznih materialov razvila nove bolj vpojne izdelke. Praktično predstavlja raziskava korak v novo kvaliteto izdelkov podjetja Tosame. Dana tehnologija bo izboljšala kvaliteto higienskih in sanitetnih materialov in tako prispevali k zadovoljstvu potrošnikov.

Tehnologija, ki je razvita v okviru projekta bi se kot taka lahko aplicirala tudi na druga industrijska področja v Sloveniji, kot recimo:

- papirna industrija
- kemijska industrija
- farmacija.

ANG

Using the Slovenian textile industry, which is in a phase of rejuvenation and looking for new market niches for specialized European and World Trade, the development of products with high-added value is of great importance.

Within this project's framework, together with the Tosama d.d. Production of Medical Supplies company, new, high adsorptive and anti-infection sanitary products will be developed which would make Tosama d.d. practicable for launching onto the national and international trade market using products with high-added value. This means keeping and gaining new customers and resulting in an increase in the company's economic-business. This applicable project represents the foundation for a successful, long-lasting and fruitful cooperation between the Tosama d.d. Production of Medical Supplies company and University Maribor in the sense of forming a research-development group that is able to produce new and higher quality products by the Tosama d.d. The technology developed during this project could in this way also be applied in other industrial fields within Slovenia such as:

- the paper industry,
- the chemical industry and
- pharmacy.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2009

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	skupaj: 3.150 od tega v letu 2009: 1.050
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

2. Sofinancerji¹

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 projekta²

Pakirni materiali, ki jih uporablja prehrabena 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. V dogovoru s sofinancerjem smo testirali njihove embalarne material kot so biaksialno orientirani poliamid z polietilnskim 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. Te rezultate bomo upoštevali pri umirjanju našega senzorskega sistema. V tej fazi smo tudi preučevali sistem nanašanja senzorjev na embalirane folije ter samo adhezijo med senzorjem in folijo. Preizkusili smo različne tehnike (tiskanje, premazovanje) nanašanja senzorjev 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.

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.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Cilj raziskav za zadnje leto projekta je bil integracija senzorja v embalirane izdelke z modificirano atmosfero (MAP) in preveriti možnosti in-situ integracije senzorjev v MAP izdelke na pakirni liniji ter preveriti delovanje samih senzorjev. Senzorji so se odzivali v skladu s pričakovanji. Izkazalo se je, da jih je možno uporabiti v predvidene namene. Zastavljeni cilji za projekt so bili v celoti uresničeni.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2009⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Detection of nanomolar concentrations of copper (II) with a Tb-quinoline-2-one probe using luminescence quenching or luminescence decay time

		ANG	Detection of nanomolar concentrations of copper (II) with a Tb-quinoline-2-one probe using luminescence quenching or luminescence decay time
Opis		SLO	V raziskavi smo predstavili nov terbijev kompleks za določevanje bakrovih ionov v nanomolarnih koncentracijah s pomočjo tehnike časovno-razločene fluorometrije. Analize so bile izvedene v mikrotiterskih ploščah.
		ANG	We present a time-resolved (gated) luminescence-based method for determination of Cu ²⁺ ions in microtiterplate format in the nanomolar concentration range using the novel long lived terbium complex.
Objavljeno v	Objavljeno v Analytica Chimica Acta [Printed edition], 2009, vol. 644, iss. 1/2, str. 53-60		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
COBISS.SI-ID	13136406		
2. 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	Optical pH sensing offers numerous advantages over conventional electrochemical techniques, for example, immunity to electrical interferences, ease of miniaturization and the possibility of remote sensing 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.
		ANG	Optical pH sensing offers numerous advantages over conventional electrochemical techniques, for example, immunity to electrical interferences, ease of miniaturization and the possibility of remote sensing 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		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2009⁶

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 osebna zaščita
		ANG	Optical chemical sensors and personal protection

Opis	SLO	Predavanja na temo Fiber Optic Chemical Sensors, visiting professor on Faculty of Textile Science and Technology of Shinshu University, Global COE program, International Center of Excellence on Fiber Engineering, Tokida, Ueda-city, Nagano, Japan, from June 22nd to June 26th, 2009. Nagano, 2009
	ANG	
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
Objavljeno v	Nagano, 2009	
Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
COBISS.SI-ID	13272086	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2009⁷

Izvedeni dve delavnici "Optični senzorji za varno hrano" za tehnologe v živilsko predelovalni industriji in strokovno javnost ter za študente FS UM in širšo zainteresirano javnost. 8. in 9. oktober 2009; v pripravi je monografija.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Razvit senzorski sistem na podlagi merjenja vsebnosti kisika, aminijaka in aminov v pakiranih izdelkih v modificirani atmosferi poda informacijo o svežosti oz. kakovosti pakiranega mesnega izdelka. Po naših podatkih je to prvi senzorski sistem, ki omogoča nedestruktivno merjenje definiranih parametrov, ki je primeren za uporabo v prehranski industriji. Optični kemijski senzorski sistem 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.

ANG

The developed sensor system enables oxygen, ammonium and amines monitoring and its output is the information about quality and freshness of packed meat product in modified atmosphere. According to our knowledge and available data this system is the first one enabling non-invasive monitoring of defined parameters in food industry. Optical chemical system represents a new and present contribution to practical side of science and for consumers Furthermore, optical chemical system fulfils the European and other Directives on the field of food traceability, quality and food safety requirements.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Proizvajalcem mesnih embaliranih proizvodov omogoča uporaba predlaganega senzorskega sistema optimizacijo in kontrolo pogojev pakiranja, skladiščenja in transportiranja. Senzorski sistem jim prav tako omogoča natančnejšo določitev učinkovnega 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.

ANG

The proposed sensor system enables optimisation and control of packaging, storage and transportation conditions. Moreover, it allows the products to have a longer effective shelf life by allowing freshness to be measured visually along the best-before date, hence reducing margins of error. Reduction of wastes through more accurate estimation of best before dates and confidence to product is certainly of interest of manufacturers and retailers. As soon as the best-before date is reached, the products must be disposed no matter it is fit to be consumed or not. More efficient food quality traceability increases the product added value, economical efficiency and, hence, manufacturer's reputation. Moreover, by applying optical chemical sensor system in food packaging process, the manufacturers would be able to follow the newly released and future European and other world Directives in the field of food quality, food traceability and food safety.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-9713
Naslov projekta	Dinamična trdnost lasersko rezanih elementov konstrukcije
Vodja projekta	1375 Janez Kramberger
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	3.150
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2009
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	ADK d.o.o.
	Naslov	Miklavška cesta 59, 2311 Hoče
2.	Naziv	SIRIUS d.o.o.
	Naslov	Cesta k Tamu 6, 2000 Maribor
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Začetne aktivnosti raziskovalnega dela v okviru tega projekta so bile usmerjene na področje karakterizacije kakovosti in stanja rezalnih robov pri rezanju s plazmo ter analizi vpliva na dinamično trdnost. Material, ki smo ga izbrali za začetno testiranje je bilo jeklo z visoko trdnostjo S960Q. Glede na razpoložljive zmogljivosti raziskovalne opreme smo ustrezno oblikovali preskušance, in sicer kot ploščate preskušance, dimenzij 200×110×5 mm. Na sredini preskušanca smo predvideli luknjo premera 40 mm, ki zagotavlja kontrolirano koncentracijo napetosti v opazovanem delu preskušanca, ob upoštevanju zmogljivosti obremenjevanja preskusnega stroja. Preskušanci so bili izrezani iz pločevine z optimalno hitrostjo (2120 mm/min) in povečano hitrostjo rezanja (2400 mm/min). Dinamično trdnost preskušancev smo določali na enosnem visokofrekvenčnem resonančnem pulzatorju

Amsler UBM 200. Za vpenjanje ploščatih preskušancev smo izdelali vpenjalne čeljusti, ker takšnih čeljusti v setu našega stroja prej še ni bilo. Preskuse smo izvajali na šestih napetostnih nivojih v območju pričakovane dinamične trdnosti. Iz iste plošče, ki smo jo uporabili za izdelavo preskušancev za utrujenostne preskuse, smo izrezali tudi trakove za metalografske raziskave. Rezalne robove smo vizuelno pregledali, izmerili hrapavost površin s pomočjo profilometra in opravili pregled roba z optičnim mikroskopom. Pripravili smo obruse za metalografske preiskave. Z meritvijo mikrotrdote smo ocenili debelino toplotno vplivane plasti, ki je v obravnavanih primerih segala do povprečne globine 0,2-0,3mm. Z visokocikličnimi utrujenostnimi testi smo ugotovili, da je trajno dinamična trdnost obravnavanih preskušancev rezanih z optimalno hitrostjo rezanja 475 MPa, pri povečani hitrosti rezanja pa 435 MPa.

V nadaljnjem izvajanju projekta smo raziskavo razširili na obravnavo rezanja z laserjem. Podobno kot v začetnih raziskavah smo izdelali dve seriji preskušancev, rezanih pri optimalni in največji hitrosti rezanja (2700 mm/min). Nadaljnje aktivnosti so bile usmerjene na določevanje dinamične trdnosti preskušancev rezanih z laserjem. Za dve različni seriji preskušancev (poimenovane: LA in LB glede na hitrost razreza) iz materiala S960Q, ki sta bili izdelani pri optimalni (2430 mm/min-LA) in največji možni hitrosti rezanja (2700 mm/min-LB) na stroju Trumatic 6030, smo z visokocikličnimi utrujenostnimi testi na enososnem visokofrekvenčnem pulzatorju Amsler UBM 200 določevali dinamično trdnost. Preskuse smo izvedli na štirih napetostnih nivojih v razponu napetosti med 400 in 660 MPa, pri frekvenci obremenjevanja 150 Hz in napetostnem razmerju 0,1. V posamezni seriji smo uporabili 6-9 preskušancev. Eksperimentalno določena dinamična trdnost je bila v razponu med 100.000 in 2.000.000 obremenitvenih ciklov. Primerjava rezultatov za trajno dinamično trdnost preskušancev rezanih s plazmo in z laserjem je pokazala najvišjo trdnost preskušancev rezanih z laserjem z optimalno hitrostjo, in sicer 485 MPa. Preskušanci rezani z laserjem, pri največji hitrosti (LB), so imeli najnižjo trajno dinamično trdnost (400 MPa). Trajna dinamična trdnost plazemsko rezanih preskušancev z optimalno hitrostjo (2120 mm/min-PA) je bila 475 MPa in pri povečani rezalni hitrosti 435 MPa (2400 mm/min-PB).

Z enakimi hitrostmi rezanja smo izdelali tudi vzorce, s pomočjo katerih smo izmerili hrapavost rezanega roba z uporabo profilometra. Glede na pričakovano hrapavost smo izbrali merilno dolžino 12.5 mm. Izmerjena hrapavost Ra je bila: PA-5.1, PB 5.8, LA-5.0 in LB 9.1 mm.

Za določitev debeline toplotno vplivanega področja (TVP) smo opravili meritve mikrotrdote HV pri obremenitvi 0.5 kg. Meritve smo izvedli v območju 50mm od roba do globine 1mm. Opravili smo po tri meritve na zgornji in spodnji površini rezanega roba. Iz povprečnih rezultatov meritev mikrotrdote je razvidno, da je globina TVP pri lasersko rezanih preskušancih manjša (največja trdota 496 HV na globini 100 mm) kot pri plazemsko rezanih (največja trdota 471 HV na globini 250 mm).

Iz navednih rezultatov je razvidno, da hitrost rezanja močno vpliva na trajno dinamično trdnost materiala, saj imata seriji PB in LB nižjo trajno dinamično trdnost kot odgovarjajoči seriji PA in PB. Tudi sam rezalni postopek ima pomemben vpliv na trajno dinamično trdnost. Seriji PB in LA sta bili rezani spodobno hitrostjo, a imajo lasersko rezani preskušanci serije LA za skoraj 10% višjo trajno dinamično trdnost. Iz rezultatov je moč tudi sklepati, da ima površinska hrapavost Ra bistven vpliv na doseženo trajno dinamično trdnost, prav tako je pomembna velikost toplotno vplivanega področja. Hitrost rezanja ima precejšen vpliv na velikost toplotno vplivanega področja. Povečanje rezalne hitrosti za 10% povzroči 10-20% manjšo toplotno vplivano področje. Vrsta postopka termičnega rezanja ima pomemben vpliv na profil hrapavosti rezanega roba. Lasersko rezanje povzroči nastanek gosto postavljenih površinskih raz. Manjša površinska hrapavost in ožje toplotno vplivano področje povzročita višjo trajno dinamično trdnost rezanega elementa. Zaostale tlačne napetosti imajo pozitiven vpliv na trajno dinamično trdnost. Serija preskušancev, ki je bila rezana z laserjem in optimalno rezalno hitrostjo, je dosegla višjo trajno dinamično trdnost.

Z elektronsko mikroskopijo smo opravili preiskovanje mikrostrukture in določili tip mikrostrukture v toplotno vplivanem področju rezanega roba in tipično velikost kristalnih zrn v posameznih delih toplotno vplivanega področja in v osnovnem materialu. Pred pričetkom opazovanja z elektronskim mikroskopom smo pripravili mikroobruše preskušancev. Analiza površin za preiskovanje mikrostrukture je bila izvedena z okoljskim vrstičnim elektronskim mikroskopom Qanta 200 3D. Področje najbližje rezanemu robu je imelo martenzitno-bainitno mikrostrukturo. Kristalna zrna so bila tipične velikosti 10 μm . Na področju, kjer je bila dosežena največja trdota v toplotno vplivanem področju je bila kristalna struktura popolnoma martenzitna, pri čemer so bila zrna tipične velikosti 20 μm . V področju, kjer je bila dosežena najnižja trdota je bila struktura bainitno-martenzitna. Zrna so bila nekoliko manjša in so dosegla velikost 10 μm . Kristalna struktura osnovnega materiala je bila pretežno bainitna, zrna pa zelo majhna, do velikosti 5 μm .

Preskuse iniciacije mikro-razpok smo opravili na enoosni hidravlično vodeni preskuševalni napravi Instron 1255. Uporabili smo ploščate preskušance, z dvema krožnima izrezoma, ki sta zagotavljala nastanek utrujenostnih mikro-razpok na majhnem območju najožjega prereza. Preskušanci so imeli obrušeno zgornjo in spodnjo ploskev. Preskušance smo vpeli z dvema sornikoma. Preskusi so bili opravljeni s kontrolo sile. Frekvenca obremenjevanja je bila precej nižja kot pri resonantnem stroju in je znašala 12 Hz. Namen tega preskušanja je bil pokazati razvoj iniciacije razpoke. Pri tem smo želeli ugotoviti kolikšna je gostota mikrorazpok na enoto površine v odvisnosti od števila ciklov obremenjevanja. Izvedli smo le eno serijo preskusov, s preskušanci izdelanimi po postopku LA, pri čemer je bilo opravljeno pet preskušanj pri enakem nivoju napetosti 600 MPa. Prvi preskušanec smo utrujali do zloma, s čemer smo dobili referenčno življenjsko dobo. Druge preskuse smo prekinili pri doseženem določenem številu ciklov, ki so bili potrebni za zlom prvega preskušanca. Tako smo dobili serijo preskušancev, ki so bili obremenjeni do 20%, 40%, 60% in 80% predvidene življenjske dobe. Preskušanci so bili nadalje opazovani z elektronskim mikroskopom. Iz posnetkov smo ugotovili, da so bile mikrorazpoke, ki smo jih zasledili pri različnih deležih predvidene življenjske dobe orientirane pod kotom približno 45° glede na smer obremenjevanja. Žal zaradi premajhnega števila opravljenih preskusov in zelo zahtevnega preiskovanja površine pod mikroskopom nismo uspeli empirično oceniti gostote mikro-razpok glede na število opravljenih obremenitvenih ciklov.

Raziskavo smo razširili tudi na numerično modeliranje iniciacije in širjenje utrujenostne razpoke v toplotno rezanem elementu. Razvili smo numerični postopek ki omogoča simulacijo širjenja mikrorazpok v sintetični polikristalni mikrostrukturi. V modelu opazujemo reprezentativno površino (volumen) polikristalne mikrostrukture (TVP), ki zajema različne mikrostrukturne značilnosti kot so velikost zrn, oblika zrn ipd. Za implementacijo metalografsko izmerjenih mikrostrukturnih veličin (velikost zrn, orientacija) v numerični model je uporabljen Voronojev algoritem za generiranje ustrezne sintetične mikrostrukture. Voronojev algoritem omogoča generiranje mikrostrukture dovolj realistično. Z uporabo sintetične Voronojeve mikrostrukture in upoštevanjem kristalografske orientacije zrn, lahko z numeričnim modelom simuliramo širjenje mikrostrukturnih kratkih razpok, na podlagi upoštevanja premikanja dislokacij oz. drsnih ravnin v posameznih zrnih in ocenjujemo kritične napetosti za njihovo aktiviranje. S sproščanjem drsnih ravnin simuliramo razpoke v posameznih zrnih, ki vplivajo na novo porazdelitev napetosti v opazovani mikrostrukturi. S ponavljanjem postopka napovedujemo iniciacijo/širjenje mikrostrukturno kratkih razpok v opazovanem modelu. Nadaljnjo širjenje začetne inženirske razpoke obravnavamo po principu linearne mehanike loma. Obstoječi modeli za iniciacijo mikrorazpok imajo mnogo pomanjkljivosti, ki omejujejo njihovo uporabnost, zato smo uvedli nekaj izboljšav. Izboljšan postopek omogoča nukleacijo potencialnih mikrorazpok na več drsnih ravninah v posameznem kristalnem zrnju, uporablja segmentirano nukleacijo mikrorazpok in tako poveča občutljivost na visoke gradiente napetosti, upošteva akumulacijo deformacijske energije na drsnih ravninah skozi posamezne faze simulacije ter omogoča združevanje mikrorazpok v makrorazpoko. V ta namen je bil razvit dodatek za programski paket ABAQUS, ki poskrbi za avtomatizacijo celotnega postopka. Za oceno primernosti predlaganega numeričnega postopka za določitev življenjske dobe toplotno rezanih

elementov so bili uporabljeni rezultati dinamične trdnosti predhodno opravljenih preizkusov v obliki Wöhlerjevih krivulj. Primerjava je potrdila primernost postopka. V zaključni fazi izvajanja projekta smo opravili še nekaj dodatnih eksperimentov z novim resonančnim strojem Rumul Cracktronic 160Nm.

V času izvajanja projekta smo v letu 2008 vzpostavili sodelovanje s EPF-Ecoles d'Ingénieurs ERMESSE-Equipe de Recherche en Mécanique des Eléments et Structures Soudés iz SCEAUX v Franciji. Član projektne skupine-mladi raziskovalec Niko Jezernik je opravil enomesečni obisk na tej ustanovi. Na temo obravnavane problematike smo vzpostavili sodelovanje v okviru dvostranskega sodelovanja tudi s partnerji iz Norveške, z University of Agder, Faculty of engineering and science v Grimstadu (projekt SLO/NO BI/07-09-005, z naslovom: Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivosti varjenih konstrukcij). Sodelovanje z norveškimi partnerji smo izvajali v obdobju 2007-2009 [COBISS.SI-ID 13817878]. V letu 2008 je bilo na novo vzpostavljeno dvostransko sodelovanje na obravnavanem področju s Tehniško univerzo v Pragi, Fakulteto za strojništvo, v okviru bilateralnega projekta (projekt SLO/CZ BI/08-09-014, z naslovom: Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla) [COBISS.SI-ID 13866774]. Sodelovanje z obema partnerskima ustanovama se je pokazalo za zelo koristno, saj imata obe ustanovi veliko izkušenj na področju določevanje dinamične trdnosti varjenih konstrukcij.

V letu 2008 je član projektne skupine Tomaž Vuherer zagovarjal doktorsko disertacijo, v kateri se raziskava nanaša na mehanizem nastanka in zgodnjega širjenja razpok v jeklih (TVP) v različnih stanjih, z upoštevanjem vpliva mikronapak ter lokalnih in globalnih zaostalih napetosti [COBISS.SI-ID [240161536](#)].

V projektno delo je bil ves čas aktivno vključen mladi raziskovalec Niko Jezernik (šifra raziskovalca 27723), katerega doktorski študij se je v celoti nanašal na problematiko dinamične trdnosti toplotno rezanih elementov konstrukcij. Niko Jezernik je zaključil doktorski študij v mesecu juniju 2009 (vodja projekta je bil so-mentor pri doktorski disertaciji) [COBISS.SI-ID 247801856].

V projektno delo je bil vključen tudi diplomant univerzitetnega študijskega programa Roman Hanžekovič, z izdelavo diplomske naloge z naslovom Nastanek utrujenostne razpoke na toplotno rezanem robu (vodja projekta je bil so-mentor pri diplomu) [COBISS.SI-ID 12446998].

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Z izvedenim eksperimentalnim delom smo potrdili raziskovalno hipotezo, da imajo tehnološki parametri postopka toplotnega rezanja s plazmo in laserjem velik vpliv na kakovost/stanje rezalnega roba in posledično na dinamično trdnost elementa, ki je izdelan s postopkom toplotnega rezanja. Raziskali smo vpliv glavnih parametrov, ki karakterizirajo rezalni rob in sicer: geometrijske lastnosti, kot sta oblika roba (poševnina, brada) in stanje površine (hrapavost in valovitost), metalurške spremembe, kot sta zakalitev in trdota. Iz eksperimentalno določene dinamične trdnosti obravnavanih preskušancev (rezani s plazmo in z laserjem) sklepamo, da ima izbrana hitrost rezanja in posledično kakovost rezanega roba velik vpliv na dinamično trdnost.

Z razširitvijo raziskave na numerično modeliranje problema smo postavili računski (multiscale) model, ki omogoča simulacijo vpliva dinamične obremenitve na nastanek mikrorazpok v toplotno vplivanem področju toplotno rezanega roba in njeno nadaljnje utrujenostno širjenje, z upoštevanjem mikrostrukturnih in geometrijskih sprememb na rezanem robu. Primerjava rezultatov numerične analize in eksperimentalnih rezultatov kaže zadovoljivo ujemanje. Računski model smo izpopolnili tako, da je mogoče upoštevati tudi

zaostale napetosti, ki nastanejo pri toplotnem rezanju. Predlagan model je bil verificiran s strani strokovne javnosti s publiciranjem v mednarodnih znanstvenih revijah in predstavljen na mednarodnih konferencah.

Pri izvajanju tega aplikativnega projekta smo povezali raziskovalno in pedagoško delo, v katerega smo vključili dodiplomske in podiplomske študente. Pri tem pa smo angažirali tudi tuje raziskovalce v okviru mednarodnega sodelovanja, ki je potekalo v času izvajanja projekta.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Začetne eksperimentalne raziskave smo opravili na preskušancih, ki so bili izdelani s postopkom rezanja s plazmo. Sofinancer raziskave uporablja tehnologijo plazemskega rezanja v večjem obsegu v svoji vsakodnevni proizvodnji, zato smo najprej uporabili plazemsko rezanje. V nadaljevanju raziskave smo te rezultate primerjali z laserskim rezanjem. Drugih sprememb ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv plazemskega rezanja na utrujanje jekla z visko trdnostjo S960Q
		<i>ANG</i> The influence of plasma cutting process on the fatigue of high strength steel S960Q
	Opis	<i>SLO</i> V članku je obravnavana raziskava vpliva termičnega rezanja s plazmo na utrujenostne lastnosti jekla z visoko trdnostjo S960Q. Predstavljeni so rezultati naših začetnih raziskav v okviru obravnavane problematike. Izvedena je bila serija visoko-cikličnega utrujanja na preskušancih, ki so bili izdelani s postopkom rezanja s plazmo pri različnih hitrostih rezanja. Opravljene so bile metalografske raziskave in merjenje mikrotrdote rezanega roba. Dobljeni eksperimentalni rezultati podajajo odnos med hitrostjo rezanja in dinamično trdnostjo preskušanca s termično rezanim robom.
		<i>ANG</i> The paper presents the influence of plasma cutting process on the fatigue properties of structural elements, made of high strength steel S960Q. The specimens were manufactured from sheet steel using different cutting speeds, with the intent to analyse the influence of cut edge quality on fatigue strength. The experimental results show a relationship between the quality of cut edge and fatigue life with respect to chosen parameters of the thermal cutting process.
	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, VUHERER, Tomaž, ŠPES, Bojan, KRAMBERGER, Janez. Key.eng.mater., 2007, vol.348/349, str. 669-672, http://www.scientific.net/0-87849-448-0/669/
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11484438
2.	Naslov	<i>SLO</i> Razširitev Tanaka-Mura modela za iniciacijo utrujenostne razpoke v toplotno rezanem martenzitnem jeklu
		<i>ANG</i> Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels.
	Opis	<i>SLO</i> Prikazan je multi-scale numerični model za modeliranje iniciacije in širjenja utrujenostne razpoke v toplotno rezanem robu z martenzitno mikrostrukturo. Simulacija temelji na uporabi Tanaka-Mura modela na mikro nivoju, z uporabo sintetične mikrostrukture, modelirane z Voronojevo tesalacijo. Model vključuje tri izboljšave (modeliranje večih drsnih ravnin, združevanje mikro razpok in segmentiranje mikro razpoke). Nadaljnje širjenje razpoke je modelirano na makro nivoju z LEML.
		<i>ANG</i> A multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation in thermally cut structural elements made of martensitic steel is presented. A numerical simulation of micro-crack initiation is based on the Tanaka-Mura micro-crack nucleation model, where individual grains of

		synthetic microstructure are simulated using the Voronoi tessellation. Three improvements are added to this model (multiple slip bands, micro-crack coalescence and segmented micro-crack) generation). Crack propagation is then solved on a macro scale model using LEFM.
Objavljeno v		KRAMBERGER, Janez, JEZERNIK, Niko, GÖNCZ, Péter, GLODEŽ, Srečko. Eng. fract. mech.. [Print ed.], Available online 22 December 2009., doi: 10.1016/j.engfracmech.2009.12.003.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		13864982
3.	Naslov	<i>SLO</i> Numerično modeliranje iniciacije utrujenostne razpoke v martenzitnem jeklu <i>ANG</i> Numerical modelling of fatigue crack initiation of martensitic steel
	Opis	<i>SLO</i> V članku smo prikazali numerično simulacijo iniciacije mikro-razpoke z uporabo izboljšane Tanaka-Mura modela. Numerično simulacijo smo izvedli s programom ABAQUS, za katerega smo pripravili ustrezne podprograme za modeliranje iniciacije in združevanja mikrorazpok. V modelu smo upoštevali tudi površinsko hrapavost toplotno rezanega roba in zaostale napetosti zaradi rezanja. <i>ANG</i> Numerical simulation of micro-crack initiation that is based on improved Tanaka-Mura micro-crack nucleation model is presented. Numerical simulation of crack-initiation was performed with ABAQUS, using a plug-in that was written specially for handling micro-crack nucleation and coalescence. Since numerical model was directed at simulating fatigue properties of thermally cut steel with martensitic structure, edge properties of specimen were additionally inspected in terms of micro-structural properties, surface roughness and residual stresses.
	Objavljeno v	GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, KRAMBERGER, Janez, LASSEN, Tom. Adv. eng. softw. (1992). [Print ed.], Available online 2 February 2010., doi: 10.1016/j.advengsoft.2010.01.002.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	13864726
4.	Naslov	<i>SLO</i> Analiza vpliva mikro napak na trdnost pri utrujanju grobozrnatga TVP na zvarih <i>ANG</i> Analysis of influence of micro defects on fatigue strength of coarse grain HAZ in welds
	Opis	<i>SLO</i> V delu je obravnavan vpliv mikro napak na odpornost zvarov proti utrujenosti. V raziskavi so bili rotacijsko upogibno preskušeni številni vzorci jekla, z mikro napakami v različnih stanjih, pripravljene z uporabo simulacije temperaturnega cikla varjenja in s toplotno obdelavo v peči. Eksperimentalno je bila raziskana hitrost širjenja majhnih in velikih razpok. V delu je dokazano, da je nastanek razpok iz umetnih mikro napak, katerih velikost je primerljiva z največjimi mikrostrukturnimi enotami jekla, funkcija lokalnih zaostalih napetosti zaradi priprave napak. <i>ANG</i> The work discussed the impact of micro-defects on the resistance of welds against fatigue. With the rotating bending numerous samples of steel, with micro-defects in the various states, prepared by using simulation of thermal cycles of welding and by heat treatment in a furnace were tested. It has been experimentally studied the growth rate of small and large cracks. In work it is proved that the formation of cracks in the man-made micro-defects, whose size is comparable with the largest microstructural units of steel, a function of local residual stresses.
	Objavljeno v	VUHERER, Tomaž. Analiza vpliva mikro napak na trdnost pri utrujanju grobozrnatga TVP na zvarih : doktorska disertacija. Maribor: [T. Vuherer], 2008. XX, 199 str., [7] str. pril., ilustr., tabele.
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
	COBISS.SI-ID	240161536
5.	Naslov	<i>SLO</i> Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij <i>ANG</i> Fatigue strength of thermally cut structural elements
	Opis	<i>SLO</i> V delu je obravnavan postopek numerične simulacije, od nukleacije mikro-razpok, nastanka in širjenja makro-razpoke. Predlagani postopek upošteva mikrostrukturne posebnosti obravnavanega materiala. Postopek omogoča segmentirano nukleacijo potencialnih mikrorazpok na več drsnih ravninah v posameznem kristalnem zrnu, upošteva akumulacijo deformacijske energije na drsnih ravninah skozi posamezne faze simulacije in združevanje mikro

		razpok v makrorazpoko. Izvedeni so bili tudi preizkusi veliko cikličnega utrujanja termično rezanega jekla, ki potrjujejo primernost predlaganega postopka.
	ANG	The work discussed numerical simulation of micro-crack nucleation, macro-crack formation and propagation. The proposed procedure encompasses all the microstructural peculiarities of investigated material. The procedure enables segmented micro-crack nucleation of potential micro-cracks on multiple slip bands of each grain, incorporates the accumulation of deformation energy in slip bands throughout simulation, and enables micro-crack coalescence into a macro-crack. High-cycle fatigue experiments on thermally cut steel confirm the validity of the proposed model.
Objavljeno v		JEZERNIK, Niko. Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij : doktorska disertacija. [Maribor: N. Jezernik], 2009. XVI, 101 str., ilustr., preglednice. http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=10011 .
Tipologija		2.01 Znanstvena monografija
COBISS.SI-ID		247801856

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Utrujenostne lastnosti toplotno rezanih konstrukcijskih elementov
		<i>ANG</i> Fatigue behaviour of thermal cutted steel structural elements
Opis	<i>SLO</i>	Z vabljenim predavanjem na ugledni mednarodni konferenci smo predstavili širši strokovni javnosti model za numerično simulacijo dinamične trdnosti toplotno rezanih komponent. Prikazali smo izboljšave, ki smo jih vgradili v obstoječe modele. Prikazan je bil način reševanja problema na mikro in makro nivoju. Za verifikacijo modela je bila prikazana primerjava z eksperimentalnimi rezultati.
	<i>ANG</i>	At invited lecture at international conference a multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation of thermal cutted structural elements was presented. Some improvements, added to existing model, were presented. For verification of proposed model comparison with experimental results were shown.
Šifra		B.04 Vabljeno predavanje
Objavljeno v		KRAMBERGER, Janez, JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko. Fatigue behaviour of thermal cutted steel structural element. V: International Conference on Crack Paths (CP 2009), Vicenza (Italy), 23 - 25 September, 2009. 2009, str. 261-272.
Tipologija		1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)
COBISS.SI-ID		13654038
2.	Naslov	<i>SLO</i> Širjenje kratkih razpok v toplotno rezanih konstrukcijskih elementih
		<i>ANG</i> Short crack growth in thermally cut structural elements
Opis	<i>SLO</i>	V članku je predstavljena raziskava vpliva laserskega razreza na utrujenostne lastnosti jekla z visoko trdnostjo S960Q. Upoštevani sta dve značilnosti rezanega roba: profil odrezanega roba, ki povzroča zarezne učinke in mikrostrukturne lastnosti toplotno vplivanega področja, ki se močno razlikujejo od lastnosti osnovnega materiala. Z uporabo eksperimentalnih podatkov smo oblikovali računski model za širjenje kratkih razpok z upoštevanjem vpliva mikrostrukture, profila rezanega roba in utrujenostnih lastnosti toplotno vplivanega področja.
	<i>ANG</i>	The paper investigates the effects of laser cutting on the fatigue properties of S960QL high strength steel. Two features of cut edge were taken into consideration. The cut edge profile, as surface grooves left by the cutting process act as stress concentrators, and the size and properties of heat affected zone, as crack growth parameters in this zone significantly differ from those in base material. Experimental data enabled us to formulate a short crack growth computational model while considering the effects of microstructure, cut edge profile and fatigue properties of heat affected zone.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci

	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. Short crack growth in thermally cut structural elements. ICEFA-III 2008 / Third International Conference on Engineering Failure Analysis, Sunday 13-Wednesday 16 July 2008, Sitges, Spain. - [Amsterdam] : Elsevier, 2008. - [P090].
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID	12419606
3.	Naslov	<i>SLO</i> Ocena življenjske dobe toplotno rezanih komponent <i>ANG</i> The evaluation of the service life of thermal cut components
	Opis	<i>SLO</i> V delu je obravnavana karakterizacija toplotno rezanega roba elementov iz jekla z visoko trdnostjo S960Q. Predstavljeni so rezultati visokocikličnega utrujanja na resonančnem pulzatorju pri konstantni amplitudi obremenjevanja in napetostnem razmerju 0,1. Predstavljen je tudi numerični model za modeliranje iniciacije razpoke, ki temelji na modelu Tanaka-Mura. V modelu je upoštevana hrapavost površine rezanega roba in velikost toplotno vplivanega področja, v odvisnosti od parametrov rezanja. Mikrostrukturne spremembe, ki nastanejo pri rezanju so zajete s simuliranjem sintetične mikrostrukture. <i>ANG</i> This work deals with the characterization of heat-cutted edge of the elements of high-strength steel S960Q. The results of high cycle fatigue on resonant pulsator at constant amplitude load and load ratio of 0.1 are given. Represented is the numerical model for simulation of the initiation of cracks, which is based on Tanaka-Mura model. The model is taken into account the surface roughness and the size of the heat affected zone, depending on the cutting parameters. Microstructural changes that occur by cutting are covered by simulating synthetic microstructure
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. Multilevel approach to fracture of materials, components and structures [Elektronski vir] / 17th European Conference of Fracture, Brno, Czech Republic, September 2 - 5, 2008. - Brno : ESIS Czech Chapter ; Brno : VUTIUM, cop. 2008. - ISBN 978-80-214-3692-3. - Str. 1872-1878.
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID	12567318
4.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv plazemskega in laserskega rezanja na trajno dinamično trdnost jekla <i>ANG</i> Effect of plasma and laser cutting on the fatigue limit of steel
	Opis	<i>SLO</i> V okviru vabljenega predavanja na strokovnem sejmu Varjenje in rezanje smo strokovni javnosti predstavili rezultate naših raziskav v okviru obravnavane problematike. Predstavljeni so bili rezultati visoko-cikličnega utrujanja preskušancev, ki so bili izdelani s postopkom rezanja s plazmo in laserjem pri različnih hitrostih rezanja. Prikazani rezultati, ki povezujejo kvaliteto rezanega roba, parametre rezanja in dinamično trdnost obravnavanih preskušancev so bili še posebej zanimivi za predstavnike iz industrije. <i>ANG</i> In the context of the invited lectures in the professional trade fair Welding and cutting, we present a professional public the results of our research. They have been presented the results of high-cycle fatigue test of specimens, which were prepared by the procedure of cutting with plasma and laser, cutting at different speeds. Results shown, connecting the cut edge quality, cutting parameters and the dynamic strength of the specimens have been particularly interested in representatives from the industry.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, VUHERER Tomaž, KRAMBERGER, Janez. Vpliv plazemskega in laserskega rezanja na trajno dinamično trdnost jekla : vabljen predavanje na 3. mednarodnem sejmu Varjenje in rezanje v okviru Celjskega sejma, 16. maj 2008, Celje, 2008
	Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa
	COBISS.SI-ID	12305942
5.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla <i>ANG</i> Effect of laser cutting on the fatigue strength of steel

Opis	SLO	V okviru izvajanja dvostranskega projekta smo skupaj obravnavali način reševanja problemov, ki se nanašajo na obravnavo procesa utrujanja dinamično obremenjenih konstrukcij, katerih elementi so izdelani s postopkom termičnega rezanja. Opravili smo načrtovanje eksperimentov, ki smo jih pozneje izvajali na visokofrekvenčnem pulzatorju Amsler. V Sloveniji smo izvajali preskušanje na jeklenih preskušancih, medtem ko so češki partnerji opravili preskuse na preskušancih iz aluminijeve zlitine. Sodelovanje se je razširilo tudi na podiplomsko izobraževanje.
	ANG	In framework of bilateral cooperation we have dealt with solving problems related to the fatigue process of thermally cutted dynamic loaded structures. Planned experiments were performed on pulsating machine Amsler. In Slovenia steel specimens were tested and in Czech Republic testing on aluminium alloys specimens were done. Our cooperation was extended on postgraduate study.
Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov	
Objavljeno v	KRAMBERGER, Janez, RŮŽIČKA, Milan, GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, GLIHA, Vladimir, VUHERER, Tomaž, RUDOLF, Rebeka, ŠRAML, Matjaž, ŠPANIEL, Miroslav, JURENKA, Josef, PAPUGA, Jan, DOUBRAVA, Karel, HRUBY, Zbynek : znanstveno tehnološko sodelovanje s Češko republiko, 2008 - 2009, project report: Maribor	
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
COBISS.SI-ID	13866774	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Rezultati raziskav predstavljajo razširitev temeljnih spoznanj na področjih:

- nove proizvodne tehnologije:

Ocena primernosti uporabe sodobne laserske tehnologije za izdelavo dinamično obremenjenih delov konstrukcij brez dodatne obdelave;

- odkritje temeljnih znanstvenih zakonov:

Izboljšano znanje o fizikalnih in numeričnih modelih za opis mehanizma utrujanja toplotno rezanih robov in določitev parametrov utrujanja (iniciacija in širjenje kratkih razpok);

- odkritje novih znanstvenih spoznanj:

Določitev vplivnih veličin, ki karakterizirajo lasersko rezani rob s poudarkom na uporabi jekel z visoko trdnostjo.

ANG

Research results represent an extension of fundamental knowledge in the areas of:

- New production technologies:

Evaluation of the use of modern laser technology for producing dynamic loaded parts of the structure without further processing;

- The discovery of basic scientific laws:

Improved knowledge of the physical and numerical models to describe the fatigue mechanism of heat-cut edges and determine the parameters of fatigue (initiation and growth of short cracks);

- The discovery of new scientific knowledge:

Determination of influence quantities, which characterise laser-cut edge with an emphasis on the use of high strength steel.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Za sofinancerja:

Za sofinancerja raziskave so rezultati projekta direktno uporabni. Obvladovanje konstrukcijskih znanj in tehnologije na višjem nivoju sofinancerjema daje večjo težo in boljše možnosti pri iskanju poslovnih partnerjev na področju strojegradnje.

Za Slovenijo:

Izvajanje raziskav na področju sodobnih izdelovalnih tehnologij za slovenska podjetja, ki proizvajajo kovinske konstrukcije in njihove dele, predstavlja krepitev identitete slovenske kovinsko predelovalne industrije in povečanje njene konkurenčnosti na trgu. Izboljšano znanje o kakovosti lasersko rezanih elementov in poznavanje njihove dinamične trdnosti, omogoča uporabnikom, konstrukterjem/tehnologom, oceniti trajnost posamezne jeklene komponente in konstrukcije kot celote bolj učinkovito in natančno ter s tem oblikovati/izdelovati zanesljive, konkurenčne in optimirane konstrukcije.

ANG

For the co-financiers:

For the co-financiers are the results of research projects directly usable. Control of design skills and technology to higher levels gives co-financiers greater weight and better opportunities to find business partners in the field of machinery.

For Slovenia:

Conducting research in the field of advanced manufacturing technologies for Slovenian companies, which produce metal structures and parts thereof, represents a strengthening of the identity of slovenian metal processing industry and increase its competitiveness in the market. Improved knowledge of the quality of laser cut components and the knowledge of their dynamic strength, allows users, designer / production engineers, to assess the durability of steel components and structures as a whole more efficiently and accurately, and thereby creating / producing a reliable, competitive and optimized structure.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-1062
Naslov projekta	Študija procesov v mehansko gnanih strojih za peskanje z namenom njihove uporabe za utrjevanje površin
Vodja projekta	19096 Gorazd Bombek
Tip projekta	Zg Podoktorski projekt za gospodarstvo
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2010
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	13. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Cilji raziskovalnega projekta so bili razdeljeni v tri sklope. Prvi sklop je vseboval aktivnosti povezane z razvojem merilnega sistema, drugi sklop je vseboval aktivnosti povezane s samim procesom pospeševanja delcev (vpliv oblike notranjih delov "turbine" na hitrost, masni tok in izkoristek), tretji pa na učinek procesa pospeševanja (različni material in oblika abraziva).

Prvi sklop: Merilni sistem

Glavni cilj prvega sklopa je bil razviti merilno napravo za merjenje hitrosti delcev, ki bo dajala več informacij o samem toku (hitrost v več točkah, ocena masnega toka). Pri razvoju naprave smo se naslonili na podoben tip zaznaval, kot smo jih uporabili v

primeru doktorata (mikrofonska kapsula za jekleno membrano). Razlika je v tem, da jih imamo na napravi nameščenih 79. V primeru doktorata smo imeli 3. V obeh primerih smo uporabili en kanal za referenčni signal, ki je nameščen na gredi "turbine". Največja razlika je v sistemu za zajemanje signalov, kjer smo testirali več možnosti in se odločili za večfunkcijsko kartico NI USB 6255. (le ta omogoča zajemanje 80 kanalov s skupno frekvenco zajemanja več kanalov približno 1 MHz -odvisno od razmerja velikosti signalov in dopustnega nivoja prebijanja signalov oz. cross-talka). Glede na to, da potrebujemo frekvenco zajemanja na enem kanalu 100 kHz to pomeni, da moramo signale zajemati v več skupinah. To poveča čas meritve ampak druge možnosti so trenutno še predrage, čeprav so izvedljive in smo jih tudi preskusili na manjšem številu kanalov. Preskusili smo sistem C RIO z modulom NI 9215, ki omogoča paralelno zajemaje 4 kanalov s frekvenco 100 kHz. Pri tem se pojavi težava s številom modulov (20) in številom ohišij, ki bi jih potrebovali za namestitve vseh modulov ter hitrostjo prenosa podatkov. Po oceni bi potrebovali 5 ali 7 ohišij (odvisno od hitrosti prenosa podatkov po mreži), kar je trenutno predrago in ekonomsko ni upravičeno, čeprav je rešitev tehnično zelo zanimiva in boljša (paralelno zajemanje, možnost sinhroniziranega proženja, krajši čas meritve). Raziskali smo tudi možnost prenosa dela obdelave signala na FPGA vezje. Ta možnost trenutno ni izvedljiva (zaradi omejitev FPGA vezij tudi v bližnji prihodnosti verjetno ne bo). Kot najboljša opcija za prihodnost se kaže sinhrono zajemanje signalov na več modulih v času trajanja enega vrtljaja "turbine" kar pa zahteva večje število modulov in več ohišij kar je trenutno ekonomsko vprašljivo.

Smatramo, da je trenutni sistem za zajemanje podatkov optimalna rešitev kar se tiče cene, zmogljivosti in mobilnosti, ker smo uporabili USB verzijo večfunkcijske kartice. Vgradna verzija ima nekoliko manjši cross-talk, tako bi omogočala nekoliko večjo skupino signalov ki se zajemajo naenkrat (en kanal več), vendar smo dali prednost mobilnosti merilnega sistema.

V sklopu projekta smo tudi izboljšali algoritem za izračun hitrosti in uvedli "prekrivanje signalov", ki bo predstavljeno v članku, ki je v pripravi.

Drugi sklop: Spremembe notranjih delov "turbine"

V tem sklopu smo sodelovali s podjetjem Gostol TST, ki je tudi proizvajalec strojev za peskanje. Namen sodelovanja je bil povečati masni tok skozi "turbino". Omejitev pa je bila, da ne smemo posegati v obliko lopatic. Tako so bile naše raziskave omejene na obliko naslednjih elementov: vstopni lijak, dodelilnik (predrotor), končnik in morebitni dodatki za usmerjanje toka. Ugotovili smo, da so največji vplivni faktor notranje izgube. Uspeli smo najti takšno kombinacijo spremenjenih notranjih delov "turbine" da je prišlo do povečanja masnega toka abraziva za 80%, moči za 50% ob hkratnem izboljšanju izkoristka za 10 odstotnih točk. Meritve so bile izvedene na mehansko obdelanih notranjih delih "turbine". Le ti so mehkejši in tudi manj hrapavi kot liti, ki se uporabljajo v serijski proizvodnji tako da dopuščamo možnost, da bodo rezultati na serijskih kosih nekoliko slabši ampak ne bistveno. Skupaj z Gostol TST smo ugotovili, da so potrebne velike spremembe notranjih delov "turbine" in naročilo novih odlitkov. Skupaj smo se prijavi na razpis za sofinanciranje interdisciplinarnih skupin (3. partner je bila Livarna Vuzenica), da bi delno pokrili stroške razvoja nove generacije "turbin", ki bi vključevala tudi regulacijski ventil za uravnavanje dotoka abrazivnega materiala in nov način ščitenja "turbine"- nov material in oblika ščitov. Na prvem odpiranju smo bili zavrjeni zaradi manjkajočega dokumenta, na drugem pa ker je bil recenzent mnenja da to niso industrijske raziskave. Tako zaradi pomanjkanja sredstev in težkega položaja Gostol TST ni prišlo do izdelave in testiranja prototipa z modificiranimi deli iz odlitkov. Pokazalo pa se je, da je hitrost delcev močno odvisna od količine abrazivnega materiala (pospeševanje materiala na lopaticah v več plasteh) tako da je pri modificirani "turbini" regulacijski ventil za doziranje količine abrazivnega materiala potreben in verjetno ključen element za doseganje procesnih parametrov potrebnih za utrjevanje površin.

3. sklop: Material in oblika

V tem sklopu smo bili omejeni s trenutnimi potrebami Gostol TST, saj nima smisla preskušati materialov, ki niso praktično uporabni. Tako smo kot abrazivni material preskusili medeninaste sekance vendar nismo dobili uporabnih rezultatov.

Tok sekancev skozi standardno obliko "turbine" je bil preveč neenakomeren in kaotičen tako da nismo dobili dovolj izrazitega pulznega delovanja delcev na katerem temelji naša merilna metoda in nismo uspeli izmeriti njihove hitrosti. So pa medeninasti sekanci ekstremna možnost za izbiro peskalnega materiala, še posebej ker smo uporabili odrezke in ne sekane žice. Glavna težava pri odrezkih je slabo kotaljenje odrezkov po lopatici (bolj drsenje) in slabe aerodinamične lastnosti (velik padec hitrosti med izstopom iz "turbine" in merilno napravo. Previdevamo, da bi lahko dosegli boljše rezultate, če bi prestavili merilni sistem bližje k "turbini" vendar bi morali predelati testno komoro. Smo pa sodelovali pri razvoju in testiranju novega materiala za ščite. Običajni material v uporabi je termično obdelano manganovo jeklo izrezano iz plošč. Sodelovali smo pri zasnovi in testiranju ščitov iz belo strnjene legirane sive litine. Pri teh ščitih ni potrebna termična obdelava, mogoče so drugačne oblike in različne debeline. Pri pospešenih testih (takoj na izhodu delcev iz "turbine" so se ščiti pokazali kot slabši od termično obdelanih in boljši od termično neobdelanih jeklenih ščitov. Testi v dejanskih razmerah so dolgotrajni, saj se ščiti običajno zamenjajo ob letnem remontu, tako da bodo rezultati na testnih ščitih, ki so nameščeni v peskalnem stroju znani poleti. Trenutno pa kaže da bodo ščiti enake debeline kot so jekleni izpolnili zahteve in preživel eno leto.

Prednosti in omejitve merilnega sistema

Merilni sistem, ki smo ga razvili daje več informacij kot predhodni vendar ni univerzalen in ga je potrebno uporabljati z določeno previdnostjo in ob upoštevanju delovanja in nastavitvev "turbine". V primeru zelo širokega curka delcev lahko dobimo do 15 vrednosti hitrosti naenkrat, vendar se število zmanjšuje z ožanjem curka (potrebujemo določeno gostoto delcev). Prav tako je potrebno biti zelo previden pri pozicioniranju (središče curka mora biti v središču merilne naprave). Merilni sistem je dovolj mobilni za namestitvev v peskalni stroj vendar ni primeren za stalno namestitvev, ker je sestavljen iz jeklenih in gumijastih delov, ki so podvrženi obrabi. Pri nameščanju je potrebno zavarovati vodnike in jih na ustreznem mestu speljati iz stroja, kaj pomeni predelave na stroju (rezanje odprtin). Mikrofonske kapsule so vtisnjene v gumo, da se zmanjša prenos vibracij in možnost kontaminacije s prahom, vendar je ujem med gumo in jeklenimi elementi različno tesen, tako da lahko pride do različnih amplitud signala pri enaki mehanski spodbudi. Tako lahko algoritmi temeljijo samo na trenutku zadetka in ne na njegovi amplitudi. O masnem toku lahko sklepamo iz števila zadetkov ampak štetje zadetkov je lahko problematično v primeru velike gostote delcev in večjega števila zadetkov v kratkem časovnem intervalu. Koncept merilnega sistema omogoča zamenjavo jeklenih membran tako da lahko z obliko in površino membran nekoliko povečamo ali zmanjšamo število zadetkov in s tem merilni sistem prilagodimo vrsti toka in njegovemu masnemu toku oziroma številu delcev. Del merilnega sistema, ki se ga namešča v peskalni stroj ali njegovo neposredno bližino ne vsebuje vodnikov z napetostjo večjo od 24 V (dejansko dosega napetost do 5 V) tako da tudi v primeru poškodbe ne more ogrožati zdravja oseb. Tudi mesto za merilca je mogoče od stroja odmakniti za najmanj 5 m. Na mestu za merilca pa je potreben električni priključek 230V.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Pri pisanju ocene bomo sledili trem glavnim sklopom, ki smo jih predstavili v poročilu o realizaciji programa raziskovalnega projekta

1. sklop: Merilni sistem

Merilni sistem deluje, daje več informacij kot predhodni in je ohranil podobno mobilnost. Preskušen je bil v peskalnem stroju pri masnih tokovih ki se uporabljajo v večini primerov. Sistem je mogoče prilagoditi za delovanje pri drugačnih masnih tokovih. Po dosedanjih izkušnjah deluje dobro, tako da mislimo, da so cilji tega sklopa doseženi.

2. sklop: Spremembe notranjih delov "turbine" in njihov vpliv na tok delcev
 Raziskali smo vpliv oblike posameznih delov na porazdelitev masnega toka in hitrosti delcev. S spremenjenimi notranjimi deli je mogoče povečati masni tok in izkoristek pospeševanja. Masni tok na lopaticah vpliva na izstopno hitrost delcev (hitrost se zmanjšuje s povečevanjem masnega toka). Dosegli smo tudi bolj homogen profil masnega toka in hitrosti. Meritve so bile izvedene na mehansko obdelanih kosih in žal ne tudi na kosih MLP- make like production, ker zaradi krize in neuspele prijave na razpis ni prišlo do spremembe zasnove celotne "turbine" in novih odlitkov. Uspeli smo zmanjšati notranje izgube in povečati izkoristek pospeševanja kar bo imelo za posledico zmanjšanje porabe energije pri procesu peskanja. Menimo da so cilji tega sklopa doseženi, žal pa še ni prišlo do uporabe pridobljenega znanja v praksi (nova "turbina")

3. sklop: Različni materiali in oblika abrazivnega materiala.
 Ta sklop je vezan na specifične zahteve končnega kupca peskalnega stroja. Tako smo poskusili izmeriti hitrost medeninastih sekancev vendar neuspešno zaradi premalo ponovljivega procesa pospeševanja. Ker ni bilo drugih zahtev, smo se posvetili ščitom v samem stroju. Pri tem smo raziskovali delovanje delcev na belo strnjeno legirano sivo litino. Le ta ima lokalno višjo trdoto kot termično obdelana jeklena vendar se obrablja hitreje. Največja razlika v obrabi se je pokazala ko so po materialu udarjali manjši delci. Zgleda, da je prihajalo do odnašanja mehkejše matrice iz evtektika in potem do krhanja trših delov (karbidov). Zgleda, da bodo ščiti (trenutno na testiranju v Livarni Vuzenica) izpolnili zahtevo po življenjski dobi (1 leto) in da bodo šli v serijsko proizvodnjo. Za del ščitov je že bilo izdelano livarsko orodje, za del pa se bo oblika ščitov prilagodila možnostim litja-bolj kompleksne oblike. Ta sklop bi ocenili kot delno uspešen.

V sklopu projekta smo pripravili tudi članek, ki opisuje merilni sistem in del aktivnosti iz drugega sklopa. Članek smo poslali **Measurement Science and Technology** in smo do sedaj pridobili pozitivno mnenje recenzentov vendar smo morali izvesti nekaj jezikovnih popravkov in čakamo na odločitev.

Ocenjujemo, da smo realizirali večino ciljev, pričakujemo da bo objava sledila v nekaj mesecih.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Izboljšana metoda za merjenje hitrosti delcev v stroju za peskanje
		ANG	Improved method for shot particle velocity measurement within a shotblasting chamber
	Opis	SLO	Članek, ki opisuje prvo verzijo merilne naprave in osnoven algoritem za izračun hitrosti
		ANG	Article presenting the first version of measurement device and basic algorithm for velocity calculation.
	Objavljeno v	Flow meas. instrum.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	10263830		
2.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	

		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
3.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
4.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Poročilo o testiranju materiala za ščite strojev za peskanje iz belo strnjene legirane sive litine.
		ANG	Testing report of high alloy gray cast iron shield material
	Opis	SLO	Poročilo o rezultatih pospešenega testiranja materiala za lite ščite. Testiranje je bilo izvedeno z namestitvijo plošč neposredno na izhod curka. Namen je bil primerjati obstojnost različnih materialov pred njihovo namestitvijo v peskalni stroj.
		ANG	Testing report of accelerated test of material for casted shields. The plates were placed directly in the particle flow exiting the wheel. The purpose was to compare the durability of different materials before placing the shield in the shot-blasting machine for real life test.
	Šifra	F.04	Dvig tehnološke ravni
	Objavljeno v		ni objave
	Tipologija	2.13	Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID		13570582	
2.	Naslov	SLO	Razvoj nove peskalne turbine razreda PEP 300 s povečano močjo in pretokom
		ANG	development of new shotblasting wheel PEP 300 class with increased power and mass flow
	Opis	SLO	analiza vpliva oblike posameznih delov naprave za pospeševanje delcev na masni pretok, potrebno moč in izkoristek
		ANG	analysis of influence of shotblasting wheel parts on mass flow, power consumption and efficiency
	Šifra	F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin

	Objavljeno v	ni objave
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
	COBISS.SI-ID	12805654
3.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
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 skupine⁷

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Merilni sistem katerega nadgradnja je bila del projekta omogoča merjenje hitrosti delcev v dvofaznem toku trdno-plin. Tok ima zaradi načina pospeševanja in lastnosti delcev abraziven značaj in je pulzne narave, kar je s stališča meritev zelo neugodno. Metoda ne temelji na snovskih lastnostih delcev, ampak na pulzirajoči naravi toka, ki je značilna za turbinske stroje s končnim številom lopatic. Takšna vrsta toka pa je v praksi kar pogosta. Merilni sistem omogoča tudi posredno sklepanje o dogajanju v napravi za pospeševanje delcev. Po mnenju recenzentov in člana uredniškega odbora revije s področja merilne tehnike smo razvili unikatno merilno metodo in jo tudi dobro predstavili.

ANG

Measurement system which was upgraded during the project enables measurements of the velocities of particles in two-phase (solid-gas) flow. The flow has abrasive properties due to the nature of particle's acceleration and particle's material which makes it very complicated from measurement point of view. The method is independent from material properties but depends on pulse nature of the flow characteristic for turbo machinery with finite number of blades. That kind of flow is quite common in real life. The measurement system gives some ideas of the process in the particle acceleration device. I would like to finish with the opinion of the referees

and the Board member form the journal from the field of measuring technology that we developed and presented a unique measurement method.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

V sodelovanju s proizvajalcem peskalne tehnike smo izboljšali zgradbo "turbine" in povečali mehanski izkoristek procesa pospeševanja delcev za 10 odstotnih točk. Ko bodo tehnične rešitve prešle v redno proizvodnjo, bo to pomenilo znaten prihranek energije in tudi tehnološko prednost (povečanje masnega toka lahko doprinese k skrajšanju tehnoloških časov in tudi k večjim kapacitetam strojev). To pa pomeni tudi prednost za proizvajalca peskalne tehnike Gostol TST.

Uvedba litih ščitov omogoča obliko le teh, ki ni vezana na standardne debeline jeklene pločevine, zmanjša se količina materiala zaradi odreza ter poraba energije in škodljivih snovi v procesu termične obdelave. Potrebno je poudariti, da so odsluženi ščiti primerni za reciklažo. Proizvodnja in reciklaža ščitov je predvidena v Livarni Vuzenica.

ANG

In cooperation with the producer of shot-blasting machinery we improved the design of the wheel and improved the efficiency of the particle acceleration process for 10 %. Modified design in serial production would result in lower energy consumption and some technological advantage (increase in mass flow can result in lower cycle time and higher machine capacity). This improves the position Gostol TST as the shot-blasting equipment producer too.

The implementation of cast shields offers new design possibilities since the thickness and shape of the shield are not limited by standard plate thickness dimensions. The material waste from cutting is reduced and the energy toxic substances consumption from heat treatment reduced as well. It has to be stressed that the waste shields are suitable for recycling. The production and recycling is scheduled to be in Livarna Vuzenica.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-7076
Naslov projekta	Uvajanje kemijsko-termičnih razkuževalnih postopkov pranja bolnišničnih tekstilij
Vodja projekta	6095 Sonja Šostar - Turk
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	09.2005 - 08.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

<p>1. Testiranje kemijsko-termičnega razkuževalnega učinka postopkov pranja v laboratorijskem merilu</p> <p>Testirali smo kemijsko-termični razkuževalni učinek postopkov pranja z uporabo treh različnih razkuževalnih sredstev: natrijev klorat (I), peroksiocetna kislina in vodikov peroksid S pomočjo programske opreme (Wash program manager) smo za laboratorijski pralni stroj Electrolux Wascator FOM 71 CLS LAB (model Nyborg W365H MP) pripravili ustrezne programe pranja. Spreminjali smo naslednje parametre: doziranje razkuževalnih sredstev; čas trajanja razkuževanja in temperatura razkuževanja. Pripravili smo bioindikatorje na naslednji način: na predhodno sterilizirane kose bioindikatorskih tkanin smo najprej nanесли raztopino znoja (ISO 105-E04, 1987) kot substrat za simuliranje človeških izločkov. Pripravili smo kulture bakterij: Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Enterobacter aerogenes in Pseudomonas aeruginosa. Po inkubaciji smo kulture nato prenesli na bioindikatorske tkanine in pustili na zraku 48 h, da se suspenzija mikroorganizmov posuši. Bioindikatorske tkanine s suspenzijami mikroorganizmov smo dali v postopke pranja in nato po končani fazi razkuževanja določili odstotek uničenja tako, da smo bioindikatorske tkanine vstavili v fiziološko raztopino s Tween 80 in nato ustrezen alikvot prenesli na selektivne agarje za posamezne vrste mikroorganizmov: Kanamicin eskulin azidni agar za določanje E. faecium, Baird-Parkerjev agar za določanje S. aureus, VRBD-agar za določanje E. aerogenes, Cetrimidni agar za določanje P. aeruginosa. Po predpisanih inkubacijskih dobah smo prešteli cfu in izračunali odstotek uničenja glede na cfu na bioindikatorskih tkaninah pred pranjem, ki smo jih določili na analogen način. Rezultati raziskave tega dela podoktorskega projekta so objavljeni v dveh</p>
--

znanstvenih člankih. Prvi ima naslov "Antimicrobial disinfection effect of a laundering procedure for hospital textiles against various indicator bacteria and fungi using different substrates for simulating human excrements" in je objavljen v reviji: *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 2007 (57), str. 251-257, dostopnem na Web of Science in PubMed. Drugi članek pa ima naslov "Antimicrobial Activity of Selected Disinfectants Used in a Low Temperature Laundering Procedure for Textiles" in je objavljen v reviji *Fibres and textiles in Eastern Europe*, 2010 (78), str 89-92.

2. Meritve parametrov in prisotnosti virusov v bolnišnični pralnici

V bolnišnični pralnici smo preiskali prisotnost virusov na različnih kontrolnih točkah z brisi. Na Medicinski fakulteti v Ljubljani, Inštitutu za mikrobiologijo in imunologijo smo nato osamili RNA s sistemov SV RNA, izvedli reakcije reverzne transkripcije in verižne reakcije s polimerazo s sistemom Access in nato produkte PCR analizirali z agarozno gelsko elektroforezo. Rezultati so objavljeni v znanstvenem članku z naslovom "Rotaviral RNA found on various surfaces in a hospital laundry", objavljen v reviji *Journal of virological methods*, 2008 (148), str. 66-73., dostopnem na Web of Science. in PubMed.

3. Testiranje senzorja za merjenje redoks potenciala za določanje razkuževalnih sredstev.

V bolnišnični pralnici smo v posameznih prekatih pralne linije izvedli meritve parametrov tako, da smo vzeli vzorce vode in izmerili temperaturo, pH, električno prevodnost, BPK5, KPK, vsebnosti anionskih tenzidov, vsebnost neionskih tenzidov. Rezultati so objavljeni v znanstvenem članku z naslovom "Implementing sustainable laundering procedures for textiles in a commercial laundry and thus decreasing wastewater burden." *Journal of cleaner production*, 2008 (16), str. 1258-1263, dostopnem na Web of Science.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

V okviru raziskovalnega projekta se je izvedlo 90 % raziskovalne hipoteze, saj smo dobili nova spoznanja o temperaturi pri kateri mikroorganizmi več ne preživijo posotpkov pranja z uporabo različnih sistemov razkuževalnih sredstev. Pridobili smo nova spozanja o prisotnosti virusov v pralnicah. Izvedli smo tudi meritve posameznih parametrov v vzorcih vod iz posameznih prekatov v pralnih linijah z namenom ugotavljati možnosti uporabe senzorjev v pralnicah za izboljšanje učinkovitosti razkuževanja postopkov pranja.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni bistvenih sprememb v realiziranem programu podoktorskega projekta z naslovom "Uvajanje kemijsko-termičnih razkuževalnih postopkov pranja bolnišničnih tekstilij".

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<p><i>SLO</i> Protimikrobni razkuževalni učinek postopka pranja bolnišničnih tekstilij z uporabo različnih indikatorskih bakterij in gliv</p> <p><i>ANG</i> Antimicrobial disinfection effect of a laundering procedure for hospital textiles against various indicator bacteria and fungi</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Eden izmed možnih vzrokov bolnišničnih okužb so okužene tekstilije zaradi neprimernih postopkov pranja. Večina slovenskih pralnic za razkuževanje bolnišničnih tekstilij uporabljajo termične postopke pranja z visoko porabo energije in vode. V naši raziskavi smo določili protimikrobni učinek pranja s simulacijo programa pranja bolnišničnih tekstilij v laboratorijskem pralnem stroju pri različnih temperaturah z uporabo različnih bioindikatorjev. <i>E. faecium</i>, <i>S. aureus</i>, <i>E. aerogenes</i> in <i>P. aeruginosa</i> so preživel pri 60 °C, vendar nismo našli nobenih mikroorganizmov pri 75 °C.</p> <p><i>ANG</i> A possible cause of nosocomial infections are infected textiles due to inappropriate laundering. Most Slovenian laundries use thermal laundering procedures with high energy and water consumption. On the other hand, decreasing laundering temperature enhances the possibility of pathogenic microorganisms to survive laundering. In our research, we determined the antimicrobial laundering effect by simulating a laundering procedure for hospital textiles. It was found that <i>E. faecium</i>, <i>S. aureus</i>, <i>E. aerogenes</i>, and <i>P. aeruginosa</i> survived at 60 °C but no microorganisms were found at 75 °C.</p>
	Objavljeno v	<p>FIJAN, Sabina, KOREN, Srečko, CENCIC, Avrelija, ŠOSTAR-TURK, Sonja. <i>Diagn. microbiol. infect. dis.</i> [Print ed.], Mar. 2007, vol. 57, iss. 3, str. 251-257. http://dx.doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2006.08.020. [JCR: 2.448, WoS, št. citatov do 7.4.09: 4, brez avtocitatov: 2, normirano št. citatov: 1]</p>

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10756118
2.	Naslov	<i>SLO</i> Uvedba trajnostnih postopkov pranja tekstilij v industrijsko pralnico in s tem znižanje bremena odpadne vode
		<i>ANG</i> Implementing sustainable laundering procedures for textiles in a commercial laundry and thus decreasing wastewater burden
	Opis	<i>SLO</i> V tem članku je prikazana raziskava optimiranja postopka pranja z namenom znižanja obremenitve odpadnih vod in s tem doseganja bolj trajnostnega postopka pranja. Raziskali smo program pranja in opravili prvi korak optimizacije. Izvedli smo tudi eksperimentalni program pranja z visokim doziranjem natrijevega hipoklorita. Ker smo pri tem smo našli približno korelacijo, obstaja možnost vključitve senzorja v pralni stroj, s katerim bi izvajali online meritve s katerimi bi regulirali doziranje natrijevega hipoklorita.
		<i>ANG</i> This paper presents a research on how to optimize a laundering program to reduce wastewater burden thus achieving a more sustainable laundering procedure. A textiles program was investigated and the first step of optimization was performed. An experimental laundering procedure with a high dosage of sodium hypochlorite was also conducted. As an approximate correlation was found this could result in the possibility of incorporating a sensor in the washing machine measuring online the conductivity with the possibility of regulating the dosage of sodium hypochlorite.
	Objavljeno v	FIJAN, Sabina, FIJAN, Rebeka, ŠOSTAR-TURK, Sonja. J. clean. prod. [Print ed.], Aug. 2008, vol. 16, iss. 12, str. 1258-1263. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.06.017 , doi: 10.1016/j.jclepro.2007.06.017. [JCR: 1.362,]
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	11582230
3.	Naslov	<i>SLO</i> Rotavirusni RNK najden na različnih površinah bolnišnične pralnice
		<i>ANG</i> Rotaviral RNA found on various surfaces in a hospital laundry
	Opis	<i>SLO</i> Namen te raziskave je bil določiti prisotnost rotavirusne RNA na različnih kontrolnih točkah bolnišnične pralnice. Poleg tega smo še na različnih označenih površinah inokulirali suspenzije rotavirusov. Rotavirusno RNK smo našli na različnih površinah v pralnici. Rotavirusno RNK smo tudi našli na vseh pozitivnih kontrolah površin po 24 urah. V tej raziskavi se prvič poroča o prisotnosti rotavirusne RNK na površinah v pralnici.
		<i>ANG</i> The aim of this investigative study was to determine the presence of rotaviral RNA at various control points of a hospital laundry. In addition, rotavirus suspensions were inoculated on marked surfaces as positive controls for different surfaces. Rotaviral RNA was found on various laundry surfaces. Rotaviral RNA was also detected at all positive controls on tested surfaces after 24 h. This paper reports the presence of rotaviral RNA for the first time on surfaces in laundries.
	Objavljeno v	FIJAN, Sabina, STEYER, Andrej, POLJŠAK-PRIJATELJ, Mateja, CENCIČ, Avrelija, ŠOSTAR-TURK, Sonja, KOREN, Srečko. J. virol. methods. [Print ed.], Mar. 2008, vol. 148, iss. 1/2, str. 66-73. http://dx.doi.org/10.1016/j.jviromet.2007.10.011 . [JCR: 2.077]
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	11935766
4.	Naslov	<i>SLO</i> Protimikrobna aktivnost izbranih razkuževalnih sredstev uporabljenih v nizko teperaturnem postopku pranja tekstilij
		<i>ANG</i> Antimicrobial Activity of Selected Disinfectants Used in a Low Temperature Laundering Procedure for Textiles
	Opis	<i>SLO</i> Namen raziskave je bil primerjava razkuževalnega učinka razkuževalnih sredstev v postopkih pranja pri nizkih temperaturah. Razkuževalni učinek smo določevali z uporabo bakterij <i>E. faecium</i> in <i>E. aerogenes</i> . Razkuževalni učinek je bil primeren za enega od treh izbranih razkuževalnih sredstev pri 30 °C pri času trajanja glavnega pranja 43 min. Po izpiranju nismo našli nobenih bakterij ali zaradi razkuževalnega učinka ali zaradi prenosa v pralno kopel.

		ANG	The aim of this study was to compare the disinfection effect of disinfection agents in washing procedures at a low temperature. The disinfection effect was determined using <i>E. faecium</i> and <i>E. aerogenes</i> . It was determined that the disinfection effect was appropriate for one of the three disinfection agents at 30 °C for a duration of the main washing of 43 min, after which both bacteria were inactivated. No bacteria were found after rinsing neither due to a disinfection effect nor their transfer into the washing bath.
	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. [COBISS.SI-ID], [JCR: 0.439]
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13991958
5.	Naslov	SLO	Določevanje razkuževalnega učinka postopkov pranja bolnišničnih tekstilij z uporabo različnih indikatorskih bakterij
		ANG	Determining the disinfection effect of laundering procedures for hospital textiles using different indicator bacteria
	Opis	SLO	V naši raziskavi smo določevali protimikrobni učinek pranja s simulacijo pogostega postopka pranja bolnišničnih tekstilij v laboratorijskem pralnem stroju pri različnih temperaturah z uporabo naslednjih indikatorskih bakterij. Vse bakterije so preživele postopek pranja pri 60°C, vendar nismo našli nobenih bakterij pri 75°C.
		ANG	In our research we determined the antimicrobial laundering effect by simulating a common laundering procedure for hospital textiles in the laboratory washing machine at different temperatures by the use of the following indicator bacteria. It was found that all bacteria survived at 60°C, but no microorganisms were found at 75°C.
	Objavljeno v		FIJAN, Sabina, ŠOSTAR-TURK, Sonja, PUŠIČ, Tanja. 43rd WFK International Detergency Conference, 24th to 26th April 2007, Düsseldorf. Proceedings. [Krefeld]: WFK, 2007, str. 636-641.
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID		11331094

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Razvoj online senzorja na osnovi sistema kontrole pranja in recikliranje vode za uporabo v tekstilnih barvarnah in pralnicah
		ANG	Development of an online-sensor-based WashControl system and water recycling for use in textile dyeing houses and laundries
	Opis	SLO	Razviti so bili senzorji, ki so nam omogočili »on-line« spremljanje ekoloških parametrov v plemenitilnih procesih barvanja tekstilij) in v pralnih vodah pralnic. S pomočjo on-line senzorskega nadzora postopka pranja v pralnici smo ugotovili, da je možno znižati porabo vode za 30%. Kot najbolj pomembni "online" senzor za pralnice se je pokazal UV senzor za identifikacijo površinsko aktivnih snovi in pralnih sredstev v vodah pralnic.
		ANG	Sensors that enable online detection of ecological parameters in dyeing processes and washing waters of laundries were developed and tested. With the aid of the online sensor control of the laundering procedure in the laundry it was found that up to 30 % of water savings could be realized. The combination of developed sensors (pH, conductivity, temperature, color, redox potential, active oxygen content) was considered. The most reasonable online sensor device for laundries was a relevant UV-light sensor for the identification of surfactants and certain detergent ingredients in laundry waters.
	Šifra		D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
	Objavljeno v		ŠOSTAR-TURK, Sonja, SCHNEIDER, Reinhold, FIJAN, Sabina, FIJAN, Rebeka, PETRINIČ, Irena, ARNUŠ, Suzana, KELC, Alenka, ŠTANC, Darko, KNUDSEN, Hans Henrik. confidential final activity report - from 1.4.2005 to 31.3.2007, (EU-Project WashControl, COOP-CT-2004-005864). [S.l.: s.n.], 2007. 1 mapa (loč. pag.), ilustr.
	Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav

	COBISS.SI-ID	11610134
2.	Naslov	SLO Uvajanje kemijsko-termičnih postopkov pranja v pralnice bolnišničnih tekstilij
		ANG Introducing chemo-thermal laundering procedures in laundries for hospital textiles
	Opis	SLO Higiena tekstilij je še posebej pomembna pri tekstilijah iz bolnišnic, saj je za bolnike, ki preživijo v bolniški postelji veliko časa pomembno, da niso nepotrebno izpostavljeni škodljivim mikroorganizmom. Pralnice so največji porabniki detergentov za pranje, zato je treba temu področju posvetiti veliko pozornosti, zlasti z ekološkega vidika. V projektu smo izvedli testiranje termičnih postopkov pranja in uvedli kemijsko-termične postopke pranja v pralnicah bolnišničnih tekstilij v Sloveniji in na Hrvaškem.
		ANG Textile hygiene is especially important for hospital textiles, because the patients, that are in the hospital bed most of the time, should not be unnecessarily exposed to harmful microorganisms. Laundries are the greatest consumers of detergents; therefore it is necessary to dedicate emphasis to this field, especially from an ecological view. In the project thermal laundering procedures were tested and chemo-thermal laundering procedures were implemented in laundries for hospital textiles in Slovenia and Croatia.
	Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
	Objavljeno v	ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina, PETRINIĆ, Irena, NERAL, Branko, MIKUŽ, Mašenka, ARNUŠ, Suzana, PUŠIĆ, Tanja, SOLJAČIĆ, Ivo, GRANCARIĆ, Ana-Marija, BOKIĆ, Ljerka, PEZELJ, Emira, TARBUK, Anita, VOJNOVIĆ, Branka, LALJEK, Marija, MAĐAREVIĆ, Darko. bilateralni projekt : trajanje projekta: 01. januar 2006-31. december 2007. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za inženirske materiale in oblikovanje, 2007. 12 f.
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID	12074262	
3.	Naslov	SLO Učni moduli o trajnostnem razvoju industrijskih procesov pranja tekstilij : e-učno orodje za učence in zaposlene v pralnicah
		ANG Training modules on the sustainability of industrial laundering processes
	Opis	SLO Članice EU so morale izpolniti evropsko direktivo 2000/60/EG do leta 2003. V prihodnosti bo ta direktiva vsa podjetja prisilila, da realizirajo obsežno zmanjšanje porabe vode. Pri tem so posebej prizadete evropske pralnice, saj so njihovi celotni stroški odvisni od stroškov vode, energije in detergentov. V okviru projekta Leonardo da Vinci so se prvič pripravili specifični izobraževalni moduli, ki se nanašajo na vpeljavo trajnostnih pralnih procesov. V modulih je predstavljeno znanje o modernih pralnih procesih, porabi vode, detergentov in energije, kot tudi možnosti ponovne uporabe vode.
		ANG The European directive 2000/60/EG had to be implemented by 2003. This directive forces all companies to realize extensive measures regarding the minimization of water consumption. European laundries are affected by this because their total costs are influenced by costs of water, energy and detergents. Specific training modules regarding the introduction of sustainable laundering processes were developed within this Leonardo da Vinci-project. The current knowledge about modern laundering processes regarding water-, detergent- and energy consumption as well as water reuse measures was presented.
	Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
	Objavljeno v	ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina, ALTENBAHER, Brigita, BOROVIK, Anja, HLOCH, Hans, RYBICKI, Edward, DUFKOVA, Petra, GOOIJER, Henk, BETTERIDGE, Charles, LANGER, Andreas, OCZEPA, Przemyslaw. final report: 01.10.2005-30.09.2007 = , (Development of training modules on the sustainability of commercial cleaning processes), (Leonardo da Vinci, Education and culture). Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2007. [12] f.
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID	12073750	
4.	Naslov	SLO Določanje stopnje higiene pranja industrijskih tekstilij v Sloveniji, Norveški in Danski
		ANG Determining the hygiene of laundering industrial textiles in Slovenia, Norway and Denmark

	Opis	SLO	Stopnja higiene bolnišničnih tekstilij in tekstilij iz živilske industrije je bila določena v Slovenskih pralnicah po Nemških priporočilih RAL-GZ 992 za kontrolo kakovosti, Evropskem standardu RABC in HACCP-principih; v Danskih pralnicah z določanjem celotnega števila bakterij in enterobakterij na kontrolnih točkah (KT), ter v Norveških pralnicah s štejem aerobnih, koliformnih in E.coli bakterij na kontrolnih točkah. Z upoštevanjem ukrepov razkuževanja in rednega čiščenja s strani vseh zaposlenih ter doseganja dezinfekcijskega učinka pralnih postopkov lahko dosežemo ustrezno stopnja higiene.
		ANG	The hygiene level of hospital textiles and textiles from the food-processing industry were evaluated using German RAL-GZ 992 quality assurance system, European standard RABC and HACCP-principles in Slovenian laundries, determining total bacteria count, and enterobacteria count at control points (CP) in Danish laundries and aerobic, coliform and E.coli count at CP in Norwegian laundries. Using regular cleaning and disinfecting 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	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Objavljeno v	FIJAN, Sabina, GUNNARSEN, Jan Tore H., WEINREICH, John, ŠOSTAR-TURK, Sonja. Tekstil, 2008, vol. 57, no. 3, str. 73-95. [COBISS.SI-ID 12584470], [JCR: 0.137]	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	12584470	
5.	Naslov	SLO	Rotavirski RNK najden na različnih površinah in v odpadnih vodah bolnišnične pralnice
		ANG	Rotaviral RNA found on various surfaces and in wastewater of a hospital laundry
	Opis	SLO	Namen te raziskave je bil določiti prisotnost rotavirusne RNK na različnih kontrolnih točkah bolnišnične pralnice. Poleg tega smo inokulirali suspenzije rotavirusov na označene površine kot pozitivne kontrole. Našli smo rotavirusno RNK v vzorcih odpadne vode po pranju ter na različnih kontrolnih točkah v pralnici. Rotavirusno RNK smo tudi našli na vseh pozitivnih kontrolah po 24 urah. Na podlagi teh rezultatov je zelo pomembno upoštevati pravilno ravnanje s tekstilijami po pranju kot eden izmed ukrepov proti bolnišničnim okužbam.
		ANG	The aim of this investigative study was to determine the presence of rotaviral RNA at various control points of a hospital laundry. In addition, rotavirus suspensions were inoculated on marked surfaces as positive controls for different surfaces (cotton textiles, folding table and industrial dryer). The results show that rotaviral RNA was found in wastewater after the washing process and on various laundry surfaces. Rotaviral RNA was also detected at all positive controls on tested surfaces after 24 h.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	FIJAN, Sabina, STEYER, Andrej, POLJŠAK-PRIJATELJ, Mateja, CENCIČ, Avrelija, ŠOSTAR-TURK, Sonja, KOREN, Srečko. V: BARLIČ-MAGANJA, Darja (ur.), RASPOR, Peter (ur.). 4th Congress of the Slovenian Microbiological Society with International Participation, Portorož, November 2008. Microbiology for today : book of abstracts = zbornik povzetkov. Ljubljana: Slovensko mikrobiološko društvo: = Slovenian Microbiological Society, 2008, str. 41.	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
COBISS.SI-ID	25100249		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Vsi pomembni rezultati so dokumentirani v COBISU.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

- nova dognanja o prisotnosti rotavirusne RNK v vzorcih odpadne vode po pranju in s tem potrditev nezadostnega razkuževalnega učinka raziskanih postopkov pranja. Prvič objavljena prisotnost rotavirusne RNK na različnih kontrolnih točkah v pralnici bolnišničnih tekstilij in sicer: tehnična oprema, shranjevalne police, transportni vozički, roke osebja, vlažne in zložene tekstilije. Prisotnost rotavirusne RNK na vseh pozitivnih kontrolah po 24 urah (bombažne tekstilije, zlagalna mize, industrijski sušilnik) in s tem potrditev preživetja na različnih površinah v pralnici tekstilij.

- nova dognanja o temperaturi in pogojih pranja tekstilij pri kateri mikroorganizmi več ne preživijo postopkov pranja z uporabo različnih sistemov razkuževalnih in pralnih sredstev. In sicer pri raziskanem postopku pranja z uporabo kopelnega razmerja 1:5, časom trajanja postopka pranja 35 min, končni temperaturi pranja 75°C in uporabi 3 mL/L razkuževalnega sredstva peroksiocetne kisline v kombinaciji z vodikovim peroksidom, so naslednji mikroorganizmi preživeli izbran postopek pranja pred dosegom temperature pranja 60°C: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter aerogenes* in *Pseudomonas aeruginosa*, medtem ko noben mikroorganizem ni preživel končano glavno pranje pri 75°C. V tej raziskavi smo tudi dokazali, da izbrane vrste substrata za simuliranje človeških izločkov (svinjska kri, umetni znoj in svinjska mast) niso vplivali na preživetje mikroorganizmov po izbranem postopku pranja. Pri drugem izbranem postopku pranja z uporabo različnih razkuževalnih sredstev (natrijev klorat, peroksiocetna kislina v kombinaciji z vodikovim peroksidom in sam vodikov peroksid), kopelnem razmerju 1:8, času trajanja postopka glavnega pranja 43 min in temperaturi pranja 30°C, smo ugotovili, da je *Enterococcus faecium* preživel postopek pranja pri dveh razkuževalnih sredstvih in da noben izbran mikroorganizem ni preživel še postopka izpiranja.

- nova dognanja o možnosti uporabe "online" senzorjev v vzorcih vod v posameznih prekatih pralnih linij z namenom izboljšati učinkovitosti pranja in razkuževanja tekstilij.

ANG

- new findings on the presence of rotaviral RNA in wastewater samples after laundering and thus confirming inadequate disinfection effect of laundering procedures. The presence of rotaviral RNA on various control points in the hospital laundry published for the time, i.e.: technical equipment, storage shelves, transport vehicles, personnel's hands, damp textiles and folded laundry. The presence of rotaviral RNA on all positive controls after 24 hours (cotton textiles, folding table and industrial dryer) and thus confirming the survival on various surfaces in the laundry.

- new findings on temperature and laundering conditions at which microorganisms do not survive laundering procedures using various disinfection systems and detergents. In the research of the laundering procedure with the bath ratio 1:5, duration of 35 min, end temperature of 75°C and dosage of 3mL/L disinfection agent peroxyacetic acid in combination with hydrogen peroxide, the following microorganisms survived the laundering procedure before reaching 60°C: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter aerogenes* and *Pseudomonas aeruginosa*, whilst no microorganisms were found after the completed main washing at 75°C. In this research it was also confirmed that the chosen substrates for simulating human excrements (swine blood, artificial sweat and swine fat) did not have an influence on the survival of microorganisms after the laundering procedure. In another chosen laundering procedure using different disinfection agents (sodium chlorate (I), peroxyacetic acid in combination with hydrogen peroxide and only hydrogen peroxide), a bath ratio of 1:8, a main laundering duration of 43 min at 30°C it was found that *Enterococcus faecium* survived the laundering procedure for two of the chosen disinfection agents and that no microorganisms survived the rinsing procedure.

- new findings on the possibility of using online sensors in water samples of individual laundering chambers thus improving the laundering and disinfection efficiency.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

- prispevali smo k obogatitvi slovenske znanosti na področju higiene tekstilij v obliki prispevkov na domačih in mednarodnih konferencah, kjer smo zgoraj opisana teoretična in praktična spoznanja predstavili širši publiki.

- prav tako smo rezultate tudi predstavili na strokovnih srečanjih slovenskih vzdrževalcev tekstilij in tako povečali konkurenčnost slovenskih malih in srednje velikih podjetij industrijskega pranja tekstilij.

ANG

CRP PROJEKTI V LETU 2009

Številka projekta: **M1-0209**
Trajanje projekta: **1.8.2007 do 30.11.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Razvoj optičnih kemijskih senzorjev za zasebno zaščito vojaka pred kemijskimi agensi**

Številka projekta: **M1-0241**
Trajanje projekta: **1.10.2007 do 30.9.2009**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Darinka Fakin**
Naslov projekta: **Izdela sodobnih okolju primerljivih kamuflažnih materialov za doseganje mimikrije v različnih okoljih**

MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2009

6. in 7. OKVIRNI PROGRAMI EU

- Številka projekta: **TREN/04/FP6EN/S07.37886/513562**
Trajanje projekta: **1.2.2005 do 31.1.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Breda Kegl**
Naslov projekta: **Mobility Initiatives for Local Integration and Sustainability; MOBILIS**
- Številka projekta: **NMP3-CT-2005-500375**
Trajanje projekta: **1.5.2005 do 1.5.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Network of Excellence "Polysaccharides"; EPNOE**
- Številka projekta: **MTKD-CT-2005-029540**
Trajanje projekta: **1.1.2006 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **Development of smart polymer surfaces ; POLYSURF**
- Številka projekta: **Ga.N. 211534**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 1.1.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal**
Naslov projekta: **Sustainable Water Use in Chemical, Food, Paper and Textiles Industry, Fit-for-Use; Aquifit4use**
- Številka projekta: **Ga.N. 214653**
Trajanje projekta: **1.9.2008 do 1.9.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Surface finctionalization of cellulose matrices using coatings of functionalised polysaccharides with embedded nano-particles; Surfucell**
- Številka projekta: **Ga.N. 214015**
Trajanje projekta: **1.9.2008 do 1.9.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides; Step**
- Številka projekta: **Ga.N. 222051**
Trajanje projekta: **1.9.2008 do 1.10.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Sonja Šostar Turk**
Naslov projekta: **Improved LCO2 cleaning for pliable (textile and leathers) and hard surfaces (medical devices, implants and fine metal parts) - Accept**

PROJEKTI MNT Era-Net; MATERA PLUS

Številka projekta: **3211-07-000023**
Trajanje projekta: **1.5.2007 do 1.5.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Production and properties of Nanostructural Metal – Ceramic Composites ; Nano-MCC**

Številka projekta: **3211-07-000024**
Trajanje projekta: **1.2.2007 do 1.2.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Vascular Graft Interfaces**

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: **3211-08-000026**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 30.10.2010**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **MANUNET - NANOWELL**

PROJEKTI EUREKA

Številka projekta: **E!3654**
Trajanje projekta: **1.3.2006 do 28.2.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **Biodegradation of polymeric substrates**

Številka projekta: **E!3776**
Trajanje projekta: **1.7.2006 do 30.7.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Polona Dobnik Dubrovski; prof.dr. Bojana Vončina**
Naslov projekta: **Nanotex**

Številka projekta: **E!3971**
Trajanje projekta: **1.1.2007 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Bio-medical shape memory alloys**

Številka projekta: **E!4956**
Trajanje projekta: **17.6.2009 do 30.10.2012**
Nosilec projekta: **dr. Lucija Črepinšek-Lipuš**
Naslov projekta: **Magnetna naprava za biološko obdelavo odpadnih vod; MAGNET**

Številka projekta: **E!4952**
Trajanje projekta: **1.4.2009 do 30.10.2012**
Nosilec projekta: **doc.dr. Lidija Fras Zemljič**
Naslov projekta: **Development of bioactive packaging; BIOPACKING**

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!3927**
Trajanje projekta: **1.2.2007 do 31.10.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Nenad Gubelj**
Naslov projekta: **Mobilni sistem za zagotovitev celovitosti konstrukcij**

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**

PROJEKT Leonardo da Vinci

Številka projekta: **UK/08/LLP-LdV/TOI/163_154**
Trajanje projekta: **1.10.2008 do 30.9.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Zoran Stjepanovič**
Naslov projekta: **Inovation transfer in textiles – ITT**

PROJEKT Tempus

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

PROJEKTI COST

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

Številka projekta: **D32/001/05**
Trajanje projekta: **1.3.2005 do 1.9.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal**
Naslov projekta: **Hight-Energy Micro-Environments Applications in Textiles**

MEDNARODNO AKADEMSKO SODELOVANJE

Številka projekta: **KRO/006/07**
Trajanje projekta:
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal; prof.dr. Zoran Stjepanovič**
Naslov projekta: **MUDRA - Learning Network**

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

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

Številka projekta: **D-34/2007**
Trajanje projekta: **22.2.2007 do -**
Nosilec projekta:
Naslov projekta: **FS MB and Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia**

Številka projekta: **D-33/2007**
Trajanje projekta: **22.2.2007 do -**
Nosilec projekta:
Naslov projekta: **FS MB and Faculty of Mechanical Engineering, Skopje, R. Macedonija**

Številka projekta: **P-145/07**
Trajanje projekta: **3.7.2007 do -**
Nosilec projekta:
Naslov projekta: **FS MB - Univerzitet u Beogradu Tehnologo-Metalurški fakultet, Beograd, Srbija**

Številka projekta:
Trajanje projekta: **2009 do 2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal; prof.dr. Bojana Vončina**
Naslov projekta: **KAUNAS University of technology – University of Maribor**

MEDNARODNO GOSPODARSKO IN TERITORIALNO SODELOVANJE

Številka projekta: **Slovenija - Avstrija 2007- 2013 št.: 1536-09G400040**
Trajanje projekta: **1.6.2009 - 31.3.2013**
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 Contract Length Measurement; Training in the field of Length Measurement**

Številka projekta: **P-142/2007**
Trajanje projekta: **2006 -**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Innovative, umweltfreundliche Nanobeschichtungen für 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 – Avstrija; BI-AT/09-10-003**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Nanostrukturni kovinskotermični kompoziti**

Številka projekta: **Slovenija – Bosna in Hercegovina; BI-BA/08-09-022**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Miran Brezočnik**
Naslov projekta: **Inteligentni proizvodni stroji in sistemi**

Številka projekta: **Slovenija – Češka; BI-CZ/08-09-0016**
Trajanje projekta: **1.3.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr.Iztok Potrč**
Naslov projekta: **Analiza računalniških podsklopov zvarnih spojev s pomočjo MKE**

Številka projekta: **Slovenija – Češka; BI-CZ/08-09-014**
Trajanje projekta: **1.3.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Janez Kramberger**
Naslov projekta: **Vpliv laserskega rezanja na dinamičnostrdnost jekla**

Številka projekta: **Slovenija – Češka; BI-CZ/08-09-0017**
Trajanje projekta: **1.3.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **pH optični kemijski senzorji**

Številka projekta: **Slovenija - Francija; BI-FR/09-10-PROTEUS-013**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Nenad Gubeljak**
Naslov projekta: **Vpliv vodika na iniciacijo utrujenostne razpoke v jeklih za cevovod**

Številka projekta: **Slovenija – Hrvaška; BI-HR/09-10-004**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Franci Čuš**
Naslov projekta: **Mreženje in modeliranje razvojnih sposobnosti malih in srednje velikih podjetij**

Številka projekta: **Slovenija – Hrvaška; BI-HR/09-10-011**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal**
Naslov projekta: **Obdelava tekstilnih substratov z ultrazvokom za multifunkcijsko zaščito**

Številka projekta: **Slovenija – Hrvaška; BI-HR/09-10-023**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Razvoj novih kovinskih materialov z oblikovnim spominom**

Številka projekta: **Slovenija – Italija; BI-IT/05-08-015**
Trajanje projekta: **1.3.2006 do 1.3.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Sonja Šostar Turk**
Naslov projekta: **Spremembe molekularnih in reoloških lastnosti barvnih gošč po postopku recikliranja**

Številka projekta: **Slovenija – Italija; BI-IT/05-08-016**
Trajanje projekta: **1.3.2006 do 1.3.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **Uporaba ekološko prijaznih tehnologij v procesiranju naravnih vlaknotvornih polimerov**

Številka projekta: **Slovenija – Italija; BI-IT/05-08-018**
Trajanje projekta: **1.3.2007 do 31.2.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal**
Naslov projekta: **Razbarvanje odpadnih vod iz tekstilne industrije s pomočjo naprednih oksidacijskih postopkov**

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 – Madžarska; BI-HU/08-08-005**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jelka Geršak**
Naslov projekta: **The research of asymmetric behavior of complex textile structures and considering in computer modelling**

Številka projekta: **Slovenija – Norveška; BI-NO/07-09/006**
Trajanje projekta: **1.1.2007 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **dr. Sabina Fijan**
Naslov projekta: **Higienski in ekološki postopki pranja tekstilij iz živilske industrije**

Številka projekta: **Slovenija – Norveška; BI-NO/07-09/005**
Trajanje projekta: **1.1.2007 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Janez Kramberger**
Naslov projekta: **Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivost varjenih konstrukcij**

Številka projekta: **Slovenija – Poljska; BI-PL/08-09-005**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Vladimir Gliha**
Naslov projekta: **Lastnosti ciklično obremenjenih varjenih spojev na konstrukcijskih jeklih pri eksploatacijskih pogojih**

Številka projekta: **Slovenija – Romunija; BI-RO/08-09-005**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Darinka Fakin**
Naslov projekta: **Izboljšanje okoljskih kazalcev z uporabo biotehnologije pri plemenitenu tekstilij**

- Številka projekta: **Slovenija – Romunija; BI-RO/08-09-007**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Bojana Vončina**
Naslov projekta: **Funkcionalni materiali-uporaba bikompatibilnih polimerov za mikroenkapsuliranje zdravil in eteričnih olj**
- Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-RS/08-09/034**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vladimir Gliha**
Naslov projekta: **Vpliv hladne deformacije na zanesljivost konstrukcij pri uporabi**
- Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-RS/08-09**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **dr. Jožef Predan**
Naslov projekta: **Preprečitev porušitve v nehomogenih materialih in konstrukcijah**
- Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-RS/08-09/003**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2009**
Nosilec projekta: **dr. Rebeka Rudolf**
Naslov projekta: **Biomedicinske zlitine z oblikovnim spominom**
- Številka projekta: **Slovenija – Turčija; BI-TR/06-09/01**
Trajanje projekta: **30.11.2006 do 30.11.2009**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal**
Naslov projekta: **The use of ultrasound and UV for the oxydative treatment of textile materials or the acceleration of processes and treatment of textile wastewaters**
- Številka projekta: **Slovenija – Turčija; BI-TR/08-10/001**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **doc.dr. Simona Jevšnik**
Naslov projekta: **Uporaba novih tehnologij za študij vpliva obdelovanih postopkov na mehanske lastnosti in drapiranje tekstilnih materialov**
- Številka projekta: **Slovenija – Ukrajina; BI-UA/09-10-011**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Sol-gel optični senzorji na osnovi novih luminiscenčnih lantanidnih kompleksov**
- Številka projekta: **Slovenija – Ukrajina; BI-UA/09-10-006**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2010**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vladimir Gliha**
Naslov projekta: **Uporaba determinističnih pristopov pri določanju preostale življenske dobe konstrukcij**