

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/9



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0063
Naslov programa	Konstruiranje poroznih struktur
Vodja programa	8779 Zoran Ren
Obseg raziskovalnih ur	31280
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 589 Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta 797 Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.11 Konstruiranje
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Temeljna usmeritev raziskovalnega programa v obdobju 2009-2013 je bila razvoj metodologije ciljno usmerjenega inteligentnega računalniškega konstruiranja aplikacij s sodobnimi inženirskimi gradivi, ki se uporabljajo v avtomobilski in letalski industriji, medicini, robotiki in na drugih področjih. V okviru raziskovalnega programa so bila določena izbrana gradiva (visokotrnostna jekla, gradiva s celično strukturo) obravnavana z analitičnih, numeričnih in eksperimentalnih metodami. Na osnovi teh raziskav so bile podane osnovne smernice za njihovo uporabo pri konstruiranju, dimenzioniranju, vzdrževanju in razgradnji strojnih delov in konstrukcij. Poseben poudarek je bil namenjen predvsem naslednjim raziskovalnim aktivnostim:

- Dimenzioniranje statično in dinamično obremenjenih strojnih delov in konstrukcij iz visokotrnostnih jekel.
- Razvoj metod, algoritmov in modelov za izvajanje najzahtevnejših inženirskih simulacij deformabilnih procesov raznih celičnih gradiv pri statičnih, dinamičnih in

udarnih obremenitvah.

- Proučevanje kontaktnih problemov oziroma triboloških sistemov v strojništvu.
- Razvoj zobniških dvojic iz nekovinskih gradiv in ustreznih računskih modelov za njihovo dimenzioniranje.
- Razvoj inteligentne platforme za podporo ciljno usmerjenemu konstruiranju.
- Razvoj postopkov 3D-digitalizacije z namenom izvajanja celostnih meritev in primerjalnih analiz orodij in drugih elementov, izdelanih na podlagi CAD-modelov (postopki vzvratnega inženiringa).
- Raziskave aktivnih mehanizmov in haptičnih naprav ter implementacija le-teh v industrijska in druga okolja.
- Proučevanje porozne strukture klasičnih in nano-strukturiranih tekstilij in načrtovanje optimalnih konstrukcij tkanin za zaščito pred ultravijoličnim sevanjem.

ANG

The research programme was in the period 2009-2013 focused on development of target-oriented intelligent computer-aided engineering methodologies to support design of new applications with modern engineering materials, which are being used in automotive and aircraft industry, medicine, robotics and other fields. The main objective of the research programme was to acquire detailed knowledge and understanding of behaviour of some particular materials (high-strength steels, materials with cellular structure), 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 was dedicated to the following research activities:

- Design of statically and dynamically loaded machine parts and assemblies made of high-strength steels.
- 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 contact problems and tribological systems in mechanical engineering.
- Development of gear pairs made of non-metallic materials and appropriate computational models for their design.
- Development of intelligent computer platform to support the target-oriented design process.
- Development of methods for accurate 3D-digitalisation with 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.
- Study of porous structure of classical and nano-structured textiles and planning of the optimal woven fabric design regarding the ultraviolet protection.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

Realizacija zgoraj navedenih raziskovalnih aktivnosti je bila v obdobju 2009-2013 zelo zadovoljiva. Na področju dimenzioniranja dinamično obremenjenih strojnih delov in konstrukcij je bil narejen znaten napredek pri razvoju računskega modela za določitev utrujenostnega obnašanja jekel z visoko trdnostjo. Določeni so bili potrebni materialni parametri malocikličnega in visokocikličnega utrujanja visokotrdnostnih jekel, ki so potrebni za dimenzioniranje strojnih delov in konstrukcij z napetostno ali deformacijsko metodo. V ta namen je bilo tudi razvito in izdelano namensko preskuševališče za določitev parametrov malocikličnega utrujanja. Dimenzioniranje dinamično obremenjenih elementov iz visokotrdnostnih jekel je bilo razširjeno na analize utrujanja toplotno rezanih elementov konstrukcij z martenzitno strukturo. Razvit model je zasnovan na Tanaka-Mura modelu iniciranja utrujenostnih razpok, ki je izboljšán v naslednjih segmentih: obravnava večih drsnih ravnin znotraj kristalnih zrn, združevanje mikro razpok, segmentacija drsnih ravnin. Na področju kontaktnih problemov je bil razvit računski model za določitev statične in dinamične nosilnosti velikih aksialnih ležajev.

Prav tako je bilo zelo uspešno znanstveno-raziskovalno delo na področju analize poroznih gradiv, še posebej zaradi multi-internacionalnega sodelovanja, kar je razvidno in številnih

znanstvenih objav. V preteklem raziskovalnem obdobju smo analizirali tako urejene kot neurejene vrste celičnih gradiv z odprto- in zaprto celične strukture (npr. m.pore pene, lotus celična gradiva, UniPore strukture, pene z napredno morfologijo por, strukture iz votlih kovinskih kroglic) s pomočjo kvazi-statičnih in dinamičnih testov in parametričnih računalniških simulacij. V okviru te raziskave so bili ovrednoteni številni parametri (npr. vpliv osnovnega gradiva, hitrost deformacije, smer deformacije, anizotropnost, vrsta polnila), ki vplivajo na odziv poroznih gradiv. Razviti numerični modeli so bili potrjeni s pomočjo izvedenih eksperimentov pri različnih obremenitvenih pogojih.

V okviru razvoja inteligentne platforme za podporo konstruiranju s sodobnimi gradivi so bile v obdobju 2009-2013 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 razvoju baze znanja inteligentnega svetovalnega sistema za konstruiranje izdelkov iz umetnih mas in celičnih gradiv. 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 bilo zato dokaj težavno in tudi časovno kompleksno.

Na področju načrtovanja porozne strukture nanostrukturiranih tekstilij so bili razviti modeli napovedovanja parametrov poroznosti (volumen por, specifična površina por, premer por, volumenska poroznost) na podlagi temeljnih konstrukcijskih parametrov netkanih tekstilij (finost vlaken, gostota vlaken, debelina koprene, masa koprene, gostota koprene), živosrebrne porosimetrije ter nedeterministične metode napovedovanja, tj. genetskih algoritmov. V preteklem raziskovalnem obdobju smo analizirali tudi vpliv konstrukcije tkanin na faktor zaščite tkanin pred ultravijoličnim sevanjem in prav tako razvili modele napovedovanja faktorja zaščite tkanin, ki so uporabni v fazi razvoja novega izdelka.

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

SLO

Na osnovi raziskovalnih aktivnosti, predstavljenih pod točko 3, lahko zaključimo, da je stopnja realizacije programa glede na zastavljene cilje relativno visoka. Na področju dimenzioniranja dinamično obremenjenih strojnih delov in konstrukcij je bilo objavljenih 8 izvirnih znanstvenih člankov v uglednih mednarodnih revijah s faktorjem vpliva. Na tem področju je bil razvit računski model za analizo utrujanja dinamično obremenjenih elementov iz visokotrdnostnih jekel. Naslednji dosežek s področja dimenzioniranja dinamično obremenjenih elementov je namensko preskuševališče za določitev parametrov malo cikličnega utrujanja, ki je bilo patentirano. Dodatnih 7 člankov s faktorjem vpliva je bilo objavljenih s področja kontaktnih problemov, kjer je bila posebna pozornost namenjena velikim aksialnim ležajem.

Stopnja realizacije programa na področju analize odprtih in zaprtih celičnih struktur je zelo visoka. Doseženi so bili vsi predvideni cilji, kar je tudi razvidno iz večjega števila objav. V okviru raziskovalnega dela je bilo za doseganje ciljev poglavitno sodelovanje s tujimi univerzami in institucijami, kar je omogočilo še bolj dovršeno mehansko karakterizacijo omenjenih gradiv. Doseženi cilja pa so prav tako nakazali smernice za nadaljnjo geometrijsko in mehansko karakterizacijo poroznih gradiv, ki bo ključnega pomena za njihovo uspešno uporabo v inženirstvu.

Na področju razvoja inteligentne platforme za podporo konstruiranju s sodobnimi gradivi so bili v obdobju 2009-2013 doseženi vsi predvideni cilji. Zgrajen je bil prototip svetovalnega inteligentnega sistema za podporo odločitev v procesu izbire ustreznega materiala pri razvoju novih izdelkov iz umetnih mas. Prototip sistema je podrobno predstavljen v doktorski disertaciji, ki jo je uspešno zagovarjala MR Urška Sancin, in je navedena med najpomembnejšimi družbeno-ekonomsko relevantnimi rezultati programske skupine v tem obdobju. Poleg tega smo na to temo objavili tudi nekaj člankov v visoko rangiranih revijah s faktorjem vpliva in tudi poglavje v znanstveni monografiji.

Na področju konstruiranja tekstilij so bili v raziskovalnem obdobju 2009-2013 objavljeni trije izvirni znanstveni članki v revijah s faktorjem vpliva (v zgornji polovici ustrezne kategorije), dva samostojna poglavja v znanstveni monografiji, dva vabljena predavanja ter trije znanstveni prispevki na mednarodnih konferencah. V tem obdobju sta bila izdana dva

univerzitetna učbenika, povezana s tematiko raziskovanja. Sodelovali smo v Eureka projektu (E!3776 Nanotex) ter se povezali z realnim sektorjem, v katerem se je usposabljala mlada raziskovalka za pridobitev magisterija.

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

V obdobju 2009-2013 ni bilo bistvenih sprememb raziskovalnega programa v njegovi vsebini in obsegu, razen normalne spremembe sestave, ki je odražala vključitev novih mladih raziskovalcev in občasno vključitev nekaterih zunanjih raziskovalcev glede na potrebe in naravo dela raziskovalnega programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	13864982	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razširitiv Tanaka-Mura modela za iniciranje utrujenostnih razpok v toplotno rezanih martenzitnih jeklih
		ANG	Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen numerični model za evalvacijo iniciranja razpok v toplotno rezanih elementih iz jekel z martenzitno strukturo. Numerična simulacija iniciranja mikro razpok je zasnovana na Tanaka-Mura modelu, kjer so posamezna kristalna zrna simulirana z Voronojevo tesalacijo. Omenjenemu modelu so dodane tri izboljšave, in sicer: simuliranje večih drsnih ravnin, združevanje mikro razpok, segmentacija drsnih ravnin. Rezultati predstavljenega modela kažejo dobro ujemanje z razpoložljivimi eksperimentalnimi rezultati.
		ANG	A numerical approach for evaluation of crack initiation in thermally cut structural elements made of martensitic steel is presented. A numerical simulation of micro-crack initiation is based on the Tanaka-Mura 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). The results of the proposed computational model show a reasonable correlation with the experimental results.
	Objavljeno v	Elsevier; International Conference on Crack Paths 2009; Engineering fracture mechanics; 2010; Vol. 77, iss. 11; str. 2040-2050; Impact Factor: 1.571; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.214; A': 1; WoS: PU; Avtorji / Authors: Kramberger Janez, Jezernik Niko, Göncz Péter, Glodež Srečko	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	16367894	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba genetskih metod za napovedovanje poroznosti ploskih tekstilij
		ANG	The usage of genetic methods for prediction of fabric porosity
	Opis	SLO	Poglavje v znanstveni monografiji predstavlja teorijo poroznosti ploskih tekstilij. V prvem delu je predstavljen idealni model porozne strukture tkanin, na podlagi katerega so definirani nekateri parametri poroznosti, v drugem delu pa idealni model porozne strukture netkanih tekstilij. Naslednja poglavja se osredotočajo na možnost modeliranja porozne strukture tekstilij s pomočjo nedeterminističnih metod (genetsko programiranje, genetski algoritmi) kot orodje v rokah konstrukterjev pri razvoju novih konstrukcij za specifičen namen uporabe. Takšna orodja namreč omogočajo zniževanje stroškov raziskav, kakor tudi poskusnih serij izdelave, v fazi razvoja novega izdelka.

			ANG	The chapter in scientific monograph presents the theory of flat fabric porosity. In the first part, the ideal geometric model of fabric porous structure on which some porous parameters of woven fabrics can be defined, is presented. The second part deals with the ideal model of porous structure of non-woven fabrics with theoretically defined porous parameters. Further sub-chapters are focused on the possibility of porous structure modelling by non-deterministic modelling tools (genetic programming, genetic algorithms) as "tools" for fabric engineers in a process of a new product development for specific applications. Such tools namely allow the reduction of research costs as well as sample production costs in the phase of a new fabric development.
	Objavljeno v	InTech; Genetic programming - new approaches and successful applications; 2012; Str. 171-198; Avtorji / Authors: Dobnik-Dubrovski Polona, Brezočnik Miran		
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
3.	COBISS ID	14672406	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Inteligentna podpora odločitev pri inženirskih analizah	
		ANG	Intelligent decision support for structural design analysis	
	Opis	SLO	Članek obravnava ogrodje za inteligentno podporo odločitev pri inženirskih analizah z uporabo metode končnih elementov. Predstavljeno inteligentno okolje je sestavljeno iz več modulov, ki temeljijo na znanju. Namen je uporabniku pomagati pri obravnavi najpomembnejših ozkih grl v procesu izboljševanja konstrukcije na podlagi rezultatov inženirskih analiz. V članku so predstavljeni štirje prototipi takšnih inteligentnih modulov, in sicer: inteligentni modul za podporo pri začetnih odločitvah v procesu inženirske analize, inteligentni modul za izbiro ustreznih končnih elementov, inteligentni modul za pomoč pri izgradnji ustrezne mreže končnih elementov in inteligentni modul za podporo pri interpretaciji rezultatov analize. Glede na odzive strokovnjakov, ki so te module strokovno evalvirali, lahko ugotovimo, da je predstavljeno inteligentno ogrodje uporabno kod podpora za neizkušene inženirje v procesu razvoja izdelkov, kot je to prikazano tudi v nekaterih primerih, predstavljenih v članku.	
		ANG	This paper discusses a framework for intelligent decision support for structural design analysis using a finite element method. The intelligent environment presented is composed of several knowledge-based modules in order to address some major bottlenecks within the analysis-based design improvement process. The prototypes of four intelligent modules are presented within this context. These are: an intelligent module for supporting some initial decisions within the design analysis process, an intelligent module for finite elements' selection, an intelligent module for finite element mesh design, and an intelligent module for supporting the results' interpretation process. According to the feedbacks of those experts who participated in the evaluation process, these prototypes could be applied as useful supporting tools for inexperienced designers in design practice, as shown in certain examples presented in this paper.	
	Objavljeno v	Elsevier Science; Advanced engineering informatics; 2011; Vol. 25, iss. 2; str. 330-340; Impact Factor: 1.489;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; A': 1; WoS: EP, IF; Avtorji / Authors: Dolšak Bojan, Novak Marina		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	17097494	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Strukturna karakterizacija elementov z napredno morfologijo por (APM)	
		ANG	Structural characterisation of advanced pore morphology (APM) foam elements	

	Opis	SLO	Prispevek obravnava strukturno karakterizacijo poroznih elementov z napredno por morfologija (APM). APM elementi imajo krogličasto obliko s povrhnjico in kompleksno notranjo porozno strukturo. Razumevanje lastnosti med strukturo in lastnostmi je odvisna od natančne opredelitve in karakterizacije zapletene porozne geometrije. V ta namen je bilo izvedeno zajemanje slik APM elementov z mikro računalniško tomografijo. Slike so bile nato analizirale z novo metodologijo za določanje porazdelitve in velikosti por.	
		ANG	The paper addresses the structural characterisation of advanced pore morphology (APM) foam elements. APM foam elements have a sphere-like shape with solid skin and a complex internal porous structure. The understanding of structure-property relations depends on accurate characterisation of this complex porous geometry. To this end, micro-computed tomography scanning of APM foam elements is conducted and obtained images are analysed using a novel methodology for determination of spatial and size distribution of pores.	
	Objavljeno v		North-Holland; Materials letters; 2013; Vol. 110; str. 201-203; Impact Factor: 2.224; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A': 1; WoS: PM, UB; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Borovinšek Matej, Fiedler Thomas, Higa Yoshikazu, Ren Zoran	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
	5. COBISS ID		17274902	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija neenakomerne odprtocelične strukture s silikonskim polnilom por	
		ANG	Characterization of irregular open-cell cellular structure with silicone pore filler	
	Opis	SLO	Članek podaja rezultate raziskave vpliva silikonskega polnila v porah kovinske pene za namen povečanja sposobnosti absorpcije deformacijske energije. S pomočjo kvazi-statičnih in dinamičnih tlačnih eksperimentov ter termografije je bil analiziran vpliv velikosti celic, deformacijske hitrosti in vpliv polnila na odziv ter mehanske lastnosti kovinskih pen.	
		ANG	The paper presents the results of studying the influence of silicone polymer pore filler on the mechanical energy absorption capacity of aluminium foam. Based on quasi-static and dynamic compression tests supported by thermography the influence of pore size, strain rate and the influence of the silicone pore filler on the mechanical properties of metal foams has been analysed.	
	Objavljeno v		Applied Science Publishers Ltd; Polymer testing; 2013; Vol. 32, iss. 8; str. 1538-1544; Impact Factor: 1.646; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.757; A': 1; WoS: QF, UY; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Krstulović-Opara Lovre, Ren Zoran	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID		13647638	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava za določevanje parametrov malo-cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom	
		ANG	Device for determination of low cycle fatigue parameters using rotating bending test	
			Navedeno preskuševališče je uporabno za določitev parametrov	

	Opis	SLO	malocikličnega utrujanja s klasičnim upogibnim preskusom. Za doseg tega cilja je bila razvita metoda za določevanje materialnih parametrov, ki temelji na uporabi cilindričnih preskušancev, ki jih obremenimo s čistim upogibnim momentom in izpostavimo rotaciji. Na osnovi izmerjenih vrednosti momentov, zasukov in sil, ki se med preskušanjem pojavijo na preskušancu, določimo parametre malocikličnega utrujanja z uporabo razvitega matematičnega modela.	
		ANG	The presented device can be used to determine the low-cycle fatigue parameters using classical rotating bending testing procedure. To achieve this goal, a new method for determination of low-cycle fatigue parameters has been developed. The new method is based on cylindrical specimens loaded with pure bending moment and exposed to the rotation. According to the measured values of moments, distortions and forces, which are induced on the specimen during the test, low-cycle fatigue parameters can be determined using the developed mathematical model.	
	Šifra	F.08 Razvoj in izdelava prototipa		
	Objavljeno v	Minsitrstvo za gospodarstvo, Urad RS za intelektualno lastnino; 2009; 1 mapa (loč. pag.); Avtorji / Authors: Knez Marko, Glodež Srečko, Kramberger Janez		
	Tipologija	2.24 Patent		
2.	COBISS ID	17408534		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	SymPorMat / Simpozij o poroznih materialih, 17. december 2013, Maribor, Slovenia ; [urednika] Zoran Ren, Matej Vesenjak	
		ANG	SymPorMat / Symposium on Porous Materials, December 17th, 2013, Maribor, Slovenia ; [Editors] Zoran Ren, Matej Vesenjak	
	Opis	SLO	Namen simpozija je bil povezati domače in tuje strokovnjake, ki raziskujejo različne vidike izdelave, karakterizacije, modeliranja in uporabe poroznih materialov, z inženirji iz industrije in jim ponuditi forum za razpravo o trenutnem stanju in prihodnosti razvoja in uporabe poroznih materialov. Na simpoziju je sodelovalo 24 znanstvenikov iz 8 držav, ki so predstavili svoje prispevke. Srečanja se je udeležilo skupno 65 udeležencev.	
		ANG	The aim of the symposium was to bring together the international professional community consisting of researchers from academia, engineers from industry and commercial solution providers to give an overview of advances in state-of-the-art production technologies, methods of characterisation, computer modelling and simulation of porous materials and to discuss the current status and to drive the future of porous materials development and application. 24 scientists from 8 different countries presented their work at the symposium. The total number of participants was 65.	
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja		
	Objavljeno v	zbornik SymPorMat		
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo		
3.	COBISS ID	251739392		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Statična nosilnost in življenjska doba velikih aksialnih dvorednih krogličnih ležajev	
		ANG	Static load capacity and service life of large double row slewing ball bearing	
			V doktorski disertaciji je predstavljen računski postopek za določitev kontaktnih obremenitev v velikih aksialnih krogličnih ležajih. Računski postopek je zasnovan na vektorskem pristopu opisa geometrije ležaja z upoštevanjem glavnih zunanjih obremenitev ležaja (radialna obremenitev, aksialna obremenitev, prekucni moment). Tak pristop omogoča analizo ležajev s poljubno geometrijo in predstavlja osnovo za preračun ležajev z	

	Opis	SLO	upoštevanjem vnaprej predpisanih deformacij obročev. Na podlagi tako določenih kontaktnih obremenitev ter statične in dinamične nosilnosti tečine je določena statična in dinamična nosilnost celotnega ležaja. Celoten računski postopek je vgrajen v računalniški program, ki ga lahko uporabimo za preračun dvo ali štiri-točkovnih eno- ali dvorednih velikih aksialnih krogličnih ležajev.	
		ANG	Within this doctorate thesis, a calculation procedure to determine contact load distribution in large slewing ball bearings was developed. The procedure is based on a vector description of the bearing geometry considering the main external loads of bearing (radial forces, axial forces, tilting moment). Such an approach allows for a definition of any geometry of a bearing and presents a basis for simulation of the influence of the bearing deformations. On the basis of the contact load distribution, as well as the static and dynamic capacity of the raceway, the static and dynamic capacity of the large axial double-row slewingbearing was defined. The calculation procedure was implemented in a computer programme, which can be used to analyze two- and four-contact point single- and double-row large slewing ball bearings.	
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom		
	Objavljeno v	R. Potočnik]; 2010; XXI, 131 str.; Avtorji / Authors: Potočnik Rok		
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
4.	COBISS ID	262505728	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Model inteligentnega sistema za podporo odločanju pri izbiri polimernih materialov v procesu razvoja izdelkov	
		ANG	Intelligent decision support system model for polymer material selection within a product development process	
	Opis	SLO	Proces razvoja izdelka je kompleksen proces, znotraj katerega mora inženir sprejemati mnogo pomembnih odločitev, ki se ne nanašajo le na konstrukcijo, ampak na vse faze dobe trajanja izdelka. Izbira materiala je v sklopu procesa konstruiranja izrednega pomena, saj izbrani material v začetnih fazah razvoja izdelka znatno vpliva na vse prihodnje aktivnosti v procesu, ter na posledice, ki jih ima izdelek na okolico v njegovi celotni dobi trajanja. Pri svojem delu konstrukterji mnogokrat naletijo na dileme v procesu odločanja, pri čemer so mladi, neizkušeni inženirji na začetku kariere, kot tudi mala in srednje velika podjetja, v zapostavljenem položaju, saj pomanjkanje izkušenj posledično pomeni slabši izdelek ali najem strokovnjaka. Vpliv izdelka na okolje je definiran z različnimi parametri ekološkega spektra, ki jih lahko nadzorujemo v procesu izbire materiala. Eden takih je recikliranje, ki je pereča problematika polimernih materialov, saj je delež reciklirane plastike bistveno manjši od deleža drugih materialov. Kvarni vpliv človeka na okolje in izkoriščanje neobnovljivih virov tako kažeta na pomembnost težnje k trajnostnemu razvoju. Z razvojem modela sistema za podporo odločanju pri izbiri polimernih materialov z upoštevanjem okoljskega vidika smo v sklopu doktorske disertacije skušali doprinesti k znanosti tega področja ter predvsem razviti računalniško podporo pri konstruiranju okolju prijaznih izdelkov iz polimernih materialov v inženirski praksi.	
			Product development process is a complex process and also decision-making process, which is not related only to product design but to all phases of product's life cycle. Material selection within design process is of great importance as preliminary material selection in early stages of design influences activities to follow and define the impact that product has on the environment through its life cycle. Young and inexperienced designers as well as small and medium sized enterprises are often in arduous position as they face dilemmas in decision-making due to lack of experience	

		consequentially resulting as a bad design or a need for hiring an expert. Product's environmental impact is defined with various ecological parameters, which could be controlled in material selection process. Recyclability is one of problematic ecological parameters for polymer materials as their recycle fracture in current supply is quite low in comparison to other materials. Negative human influence on the environment and exploitation of non-renewable resources are pointing out the importance of sustainable development. Intelligent decision support system model for polymer material selection considering environmental impact developed and presented in this doctoral thesis is an original contribution to scientific society. Moreover, system model is computer support for designing environment-friendly polymer products in engineering practice.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	U. Sancin]; 2012; X, 91 f., [51] f. pril.; Avtorji / Authors: Sancin Urška
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija
5.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
		ANG membership in foreign/international committees
	Opis	SLO Izr. prof. dr. Polona Dobnik Dubrovski je članica znanstvenega odbora mednarodne konference Smartex, katere organizatorja sta Kafrelsheikh University Egypt in Ivanovo State Textile Academy Russia, kar je razvidno iz spletne strani organizatorja mednarodne konference (http://www.kfs.edu.eg/smartex2/display.aspx?topic=7305).
		ANG Associate Professor Polona DOBNIK Dubrovski is a member of the scientific committee of international textile conference Smartex, which organisers are Kafrelsheikh University Egypt and Ivanovo State Textile Academy Russia. This is evident from the following website http://www.kfs.edu.eg/smartex2/display.aspx?topic=7305 .
	Šifra	D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v	http://www.kfs.edu.eg/smartex2/display.aspx?topic=7305
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

Vzpostavitev raziskovalnega sodelovanja z National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) v Tokyu na Japonskem, kjer je MR Gregor Harih leta 2013 izvedel zelo uspešno trimesečno raziskovalno gostovanje.

Vzpostavitev znanstvenega sodelovanja z "University of Brescia (Italija), kjer je MR Peter Goncz leta 2013 izveden enomesečno izpopolnjevanje na področju kotalno kontaktnega utrujanja. Bil je prijavljen tudi skupen evropski projekt "Marie Curie".

Vzpostavitev stalnega raziskovalnega sodelovanja z Univerzo v Kumamotu na Japonskem, kjer raziskovalni program izvaja vse eksperimentalne preizkuse materialov pri velikih hitrostih obremenjevanja.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V okviru raziskovalnega programa so bili 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. Izvedeno znanstveno-raziskovalno delo je prispevalo k razvoju znanosti in stroke na področju računalniškega konstruiranja v širšem (svetovnem) merilu z originalnimi znanstvenimi rešitvami na področju konstruiranja in oblikovanja inženirskih konstrukcij z uporabo sodobnih inženirskih gradiv. Razvita so bila nova inteligentna programska orodja, izvirne numerične metode, algoritmi in modeli za računalniške simulacije najzahtevnejših inženirskih problemov s področja konstruirana sodobnih strojnih konstrukcij.

Razviti modeli omogočajo natančnejše in zanesljivejše rezultate opisa odziva urejenih in neurejenih celičnih gradiv pod vplivom udarnih obremenitev. Razvoj novih konstitutivnih in računalniških modelov zagotavlja natančnejše rezultate in omogoča razvoj inovativnih in konkurenčnih rešitev za povečanje varnosti pri trkih v različnih industrijskih panogah in aplikacijah.

Za dimenzioniranje najzahtevnejših konstrukcij iz visokotrdnostnih jekel so bili razviti novi postopki za določitev dobe trajanja le-teh pri kompleksnih dinamičnih obremenitvah in izvedene ustrezne eksperimentalne raziskave za določitev potrebnih materialnih parametrov tovrstnih gradiv. Fundamentalne raziskave nestabilnih lomnih procesov visokotrdnostnih jekel predstavljajo bistven prispevek k razvoju znanosti predvsem pri uveljavitvi dvoparametrične mehanike loma kot orodja za popolnejši opis lomnega obnašanja za oceno celovitosti dejanskih konstrukcijskih komponent.

Izvedene raziskave na področju mehanizmov in haptičnih naprav in razvite metodologije omogočajo bistveno boljši vpogled v sposobnosti robotov v delovnem prostoru in optimizacijo njihovih strukturnih parametrov s ciljem doseči homogenejšo hitrostno polje v delovnem prostoru. Razvoj učinkovitih adaptivnih baznih funkcij projektnega elementa pomeni bistven prispevek k razvoju postopkov za optimizacijo topologije tako ravninskih kot prostorskih robotov.

Rezultati raziskav na področju projektiranja in konstruiranja ploskih tekstilij predstavljajo nova temeljna znanja, povezana z vplivom konstrukcijskih parametrov netkanih tekstilij na njihovo porozno strukturo ter vplivom konstrukcijskih parametrov tkanin na UPF (faktor zaščite tkanin pred ultravijoličnim sevanjem) ter predstavljajo orodje za optimalno načrtovanje uporabnih lastnosti ploskih tekstilij.

ANG

The entirely new procedures for dedicated intelligent computer-aided design of machine elements made of modern (light-weight) engineering materials, used in airspace and automotive industry, medicine, robotics and in other fields of application, were developed in the framework of the research programme, which will then be used. The conducted scientific research work contributed to the development of science in the field of engineering design of modern engineering structures made of modern engineering materials. New intelligent software tools, original computational methods, algorithms and models for computer simulations of the most complex engineering problems were developed for this purpose.

The developed computer models 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. New constitutive and computer models ensure more accurate simulation results and enables development of innovative and competitive solutions to increase impact safety in different industrial fields and applications.

New procedures to define the lifetime of most complex engineering structures made from high-strength steel and subjected to dynamic load were also developed together with relevant experimental testing programme to determine required material parameter. Fundamental research of instable fracture processes of high-strength steels 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 conducted research and developed methodologies enable better understanding of the robot capabilities in its working environment and provide tools for efficient optimisations of their structural parameters with the objective to

achieve homogeneity of a robot speed field. The development of effective adaptive basic functions of project elements contributes to further the procedures for topology optimization of planar and spatial robots.

The research results in the field of flat fabric engineering and construction represent a new fundamental knowledge regarding the influence of non-woven fabric constructional parameters on the porous structure and the influence of woven fabric constructional parameters on UPF (ultraviolet protection factor of fabrics). This knowledge is an useful "tool" for optimal planning of fabric's end-usage properties.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Nova znanja in rezultati raziskav raziskovalnega programa zagotavljajo večjo konkurenčnost tako raziskovalne, kakor tudi družbeno-ekonomske sfere oziroma podjetij, ki to znanje v neposredni ali posredni obliki izrabljajo. Uspešen prenos novih znanj v industrijsko okolje je osnova za povečanje dodane vrednosti izdelkov in s tem večjo konkurenčnost slovenskih podjetij na evropskem in svetovnem trgu. Člani raziskovalnega programa že vrsto let uspešno sodelujejo s številnimi podjetji v Sloveniji in v nekaterih sosednjih državah na področjih svojega raziskovalnega delovanja. S prenosom razvitih metodologij, modelov in rešitev v okviru raziskovalnega programa v podjetja le-le-tem omogočen dostop do uporabe najsodobnejših orodij za dimenzioniranje in konstruiranje najzahtevnejših inženirskih konstrukcij, s čimer lahko bistveno povečajo svojo konkurenčno sposobnost. Predvsem proizvajalci bele tehnike vse več uporabljajo moderna inženirska gradiva (npr. umetne mase, kovinske in nekovinske pene), pri čemer za učinkovito konstruiranje s temi gradivi uporabljajo nekatera aplikativna orodja razvita v okviru raziskovalnega programa, ki prispevajo k učinkovitejši in bolj ekonomični izdelavi posameznih konstrukcijskih komponent. Vpeljava v okviru programa razvitih inteligentnih računalniških sistemov za namene razvoja novih izdelkov, njihove izdelave, trženja, uporabe in vzdrževanja omogoča slovenskim podjetjem učinkovitejši razvoj optimalnih izdelkov in s tem tudi lažje nastopanje na domačem in zahtevnih svetovnih tržiščih.

Izsledki raziskovalnega programa na področju modeliranja dinamičnih udarnih problemov se uporabljajo tudi za razvoj novih cestnih varnostnih elementov, ki zagotavljajo zmanjšanje in ublažitev posledic prometnih nesreč. Povečanje varnosti in zmanjšanje števila poškodb ter žrtev udeležencev v prometu posredno vpliva na krajšo odsotnost zaposlenih z delovnega mesta, zmanjševanje obsega bolniških izostankov in posledično na upadanje motenosti delovnih procesov ter obsega stroškov zaradi odškodnin, kar se odraža v prihrankih v gospodarstvu in zdravstvu.

Na področju razvoja mehanizmov in haptičnih naprav rezultati izvedenih raziskave nudijo podporo podjetjem, ki se ukvarjajo z robotskimi aplikacijami ter projektiranjem in izvedbo robotiziranih proizvodnih sistemov. Razvita programska orodja predstavljajo strateško prednost na področju realnega in virtualnega projektiranja in konstruiranja robotiziranih proizvodnih sistemov.

Razviti modeli napovedovanja parametrov porozne strukture netkanih tekstilij in UPF faktorja tkanin omogočajo tekstilnim podjetjem lažje in hitrejše razvijanje novih konstrukcij ploskih tekstilij v fazi razvoja novega izdelka in hkrati znižujejo stroške raziskav ter poskusnih serij izdelave tekstilij.

ANG

Newly developed knowledge and research results generated within the research programme contribute to competitiveness increase of research and socio-economic sphere e.g. companies that make use of this knowledge in direct and indirect way. The successful transfer of new knowledge in an industrial environment is the basis for the increase in value added products and to improve the competitiveness of Slovenian companies on the European and world market. Members of the research programme have been successfully working with many companies in Slovenia and in some neighboring countries in the areas of their research activities for many years. Transfer of knowledge in form of developed methodologies, models and solutions developed within the research programme into industrial businesses enables them access to use the cutting-edge tools for design and construction of the most complex engineering structures,

which significantly increase their competitiveness. Specifically home appliances manufacturers are increasingly using modern engineering materials (e.g. plastics, metal and non-metallic foams) and they are using some applicative tools developed within the research programme for the efficient design of these materials, contributing to a more efficient and economical manufacturing of engineering components. The introduction of the developed intelligent computer systems for the purpose of developing new products, manage their production, marketing, use and maintenance allows Slovenian companies development of more efficient products and thus facilitates their competitive access to the domestic and demanding world markets.

The results of the research program in the field of modeling dynamic impact problems are also used to develop new road safety elements designed to minimize and mitigate the consequences of 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 is reflected in savings in the economy and in the health care system.

In the field of mechanisms and haptic devices, the research results are used to support companies in planning and implementation of robotised productions systems. The results in form of developed computer tools present strategic advantage to companies in actual and virtual planning of robotised production systems.

Newly developed prediction models of nonwoven's porosity parameters and woven fabric's UPF allow textile companies easier and faster development of a new fabric constructions within the phase of a new product development and at the same time reduce costs of research and experimental batches of textile production.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	84
bolonjski program - II. stopnja	8
univerzitetni (stari) program	81

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29566	Urška Sancin	☐	☒	☒	
25791	Marko Knez	☐	☒	☒	
25799	Matej Borovinšek	☐	☒	☒	
27557	Rok Potočnik	☐	☒	☒	
27723	Niko Jezernik	☐	☒	☒	
27726	Matej Rajh	☐	☒	☒	
24100	Jasmin Kaljun	☐	☒	☒	
29576	Franci Gačnik	☐	☒	☒	
28665	Melita Jovan	☒	☐	☐	
33728	Mihael Volk	☐	☒	☐	

30955	Peter Goncz	☐	☒	☒	
32713	David Potočnik	☐	☒	☐	
1379	Vinko Močilnik	☐	☒	☐	
32923	Iztok Noč	☐	☒	☐	
0	Tomaž Petrun	☐	☒	☐	
0	Lajqi Shpetim	☐	☒	☐	
23891	Sašo Lenart	☒	☐	☐	
0	Matej Ozbek	☒	☐	☐	
0	Marjan Potočan	☒	☐	☐	
3701	FRANČIŠEK TAŠNER	☒	☐	☐	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29566	Urška Sancin	☐	☒	C - Gospodarstvo	
25791	Marko Knez	☐	☒	C - Gospodarstvo	
25799	Matej Borovinšek	☐	☒	D - Javni zavod	
27557	Rok Potočnik	☐	☒	C - Gospodarstvo	
27723	Niko Jezernik	☐	☒	C - Gospodarstvo	
27726	Matej Rajh	☐	☒	C - Gospodarstvo	
29576	Franci Gačnik	☐	☒	C - Gospodarstvo	
30955	Peter Goncz	☐	☒	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Zoran Domitrov	C - študent – doktorand	5	
0	Takuya Nishi	C - študent – doktorand	3	
0	Soichiro Hanashiro		2	

		C - študent – doktorand ▼	
--	--	---------------------------	--

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

Bilateralni projekti:

1. Slovenija - Bosna in Hercegovina; BI-BA/12-13-020 (prof. dr. Bojan Dolšak)
Naslov: Inteligentno orodje za ergonomski in estetski razvoj izdelkov
2. Slovenija - Hrvaška; BI-HR/12-13-042 (doc. dr. Matej Vesenjaj)
Naslov: Eksperimentalno in računalniško testiranje APM krogel z napredno morfologijo por
3. Slovenija - Japonska; BI-JP/12-14-002 (prof. dr. Zoran Ren)
Naslov: Karakterizacija mehanskega obnašanja naprednih celičnih materialov pod vplivom udarnih obremenitev
4. Slovenija - Japonska; BI-JP/11-13-004 (doc. dr. Matej Vesenjaj)
Naslov: Eksperimentalno in numerična določitev dinamičnih mehanskih lastnosti kovinskih pen z napredno morfologijo por
5. Slovenija - Koreja; BI-KR/11-12-005 (prof. dr. Zoran Ren)
Naslov: Večfizikalne simulacije visokoenergijskih celičnih gradiv
6. Slovenija - Bosna in Hercegovina; BI-BA/10-11-007 (prof. dr. Bojan Dolšak)
Naslov: Inteligentna podpora razvoja izdelkov iz umetnih mas s sklepanjem na podlagi rešenih primerov
7. Slovenija - Japonska; BI-JP/09-11-001 (prof. dr. Zoran Ren)
Naslov: Eksperimentalna in računalniška analiza širjenja udarnih valov v celičnih gradivih
8. Slovenija - Hrvaška; BI-HR/09-10-033 (prof. dr. Srečko Glodež)
Naslov: Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij

EUREKA projekti:

1. E!3776 Nanotex (prof. dr. Polona Dobnik Dubrovski)
Naslov: Razvoj multifunkcionalnih nanostrukturiranih tekstilij

Sodelovanje v evropskih projektih:

- HPC-EUROPA
- HPC-EUROPA2 (št. projekta: 228398)

Mednarodno sodelovanje:

- Kumamoto University, Japonska – odziv celičnih gradiv pri eksplozijskih obremenitvah in razvoj novih celičnih gradiv z vzdolžnimi porami (prof. Itoh, prof. Hokamoto),
- Univerza v Splitu, Hrvaška – karakterizacija različnih vrst celičnih gradiv z mehanskimi eksperimenti in termografijo (prof. Krstulović-Opara, prof. Domazet),
- The University of Newcastle, Avstralija – razvoj novih računalniških modelov neurejenih celičnih materialov (dr. Fiedler, prof. Murch, prof. Belova),
- University of Aveiro, Portugalska – karakterizacija zaprto-celičnih gradiv pri tlačnih in upogibnih obremenitvah (prof. Gracio, dr. Duarte),
- Karlsruhe Institute of Technology, Nemčija – karakterizacija celičnih gradiv s pomočjo intenzivnega paralelnega procesiranja (prof. Schweizerhof),

- Okinawa National College of Technology, Japonska – analiza deformiranja poroznih elementov z napredno morfologijo por na osnovi μ CT slik (prof. Higa, prof. Shimojima, prof. Masaki),
- IFAM Fraunhofer, Nemčija – mehanska in geometrijska karakterizacija poroznih elementov z napredno morfologijo (dr. Lehmhus),
- Universität Bayreuth, FAN, Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD - sistemi za podporo odločanja pri razvoju izdelkov (Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg)
- Osaka University, Japonska – geometrijska rekonstrukcija in določitev mehanskih lastnosti lotus poroznih struktur (prof. Nakajima),

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

- Računalniške simulacije testov enostranske jeklene cestne varnostne ograje LOSCO-N2W2-O za nivo zadrževanja N2 v skladu s standardom SIST EN 1317-2.
- Računalniške simulacije cestne varnostne ograje JDO/1,33m-H za nivo zadrževanja H2 (EN-1317).
- Računalniške simulacije cestne varnostne ograje JDO/2m-H1 za nivo zadrževanja H1 (EN-1317).
- Računalniške simulacije cestne varnostne ograje JO/4m-N2 za nivo zadrževanja N2 (EN-1317).
- Poročilo o preizkusu mehanskih lastnosti akustičnega elementa vertikalne protihrupne ograje K-UIET S.
- Računalniške simulacije testov cestne enostranske jeklene varnostne ograje LOSCO-H2W4-O za nivo zadrževanja H2 v skladu s standardom SIST EN 1317-2.
- Računalniške simulacije testov cestne jeklene varnostne ograje LOSCO-KVEDER-H1W5-OBJEKT za nivo zadrževanja H1 v skladu s standardom SIST EN 1317-2.
- Računalniške simulacije testov dvostranske jeklene cestne varnostne ograje LOSCO-H2W4-D za montažne prehode za nivo zadrževanja H2 v skladu s standardom SIST EN 1317-2.
- Računalniške simulacije testov jeklene cestne varnostne ograje LOSCO-H1W5 za montažne prehode za nivo zadrževanja H1 v skladu s standardom SIST EN 1317-2.
- Računalniške simulacije testov lesene cestne varnostne ograje K-SAFE N2 LO za montažo na objekt za nivo zadrževanja N2 v skladu s standardom SIST EN 1317-2.
- Trdnostni preračun konstrukcije nosilcev odbojnikov.
- Računalniške simulacije cestne varnostne ograje AC-H1 za nivo zadrževanja H1 (EN-1317).
- Računalniške simulacije skopa kontejnerjev pri potresni obremenitvi.
- Računalniške simulacije cestne varnostne ograje z enojnim profilom za nivo zadrževanja H2 (EN-1317).
- Testiranje mehanskih lastnosti nateznih preizkušancev iz pločevine za cestne varnostne ograje.
- Eksperimentalna analiza vijakov M10x25-4.6, M10x30-5.8, M16x30-6.8 i M16x40-8.8.
- Optimizacija konstrukcije nosilca zadnjega sedeža osebnega vozila.
- Računalniška simulacija "drop" testa kontejnerja.
- Poročilo o analizi mehanskih lastnosti vijakov cestne varnostne ograje K-SAFE N2-L.
- Poročilo o preizkušanju nateznih preizkušancev izdelanih iz pločevine cestne varnostne ograje K-SAFE N2-L.
- Predlagana merilna mesta za merjenje deformacij in napetosti turbinskega pokrova agregata 2 HE Zlatoličje.
- Primerjava izmerjenih in izračunanih vrednosti povosov sklopa turbinskega pokrova in zgornjega vodilniškega obroča agregata 2 HE Zlatoličje.
- Računalniške simulacije obnašanja obremenjenega turbinskega pokrova in zgornjega vodilniškega obroča agregata 2 HE Zlatoličje.
- Računalniške simulacije testov lesene cestne varnostne ograje K-SAFE N2 L za nivo zadrževanja N2 v skladu s standardom SIST EN 1317-2
- Preračun revizijskih odprtih tlačnega cevovoda.
- Tehniška dokumentacija poštno opreme
- Trdnostni preračun adapterjev priprave za zamenjavo izolacijskih členov U 160 SEDIVER
- Konceptna zasnova avtodvigalk
- Razvoj koncepta multifunkcijskih mehanskih prijemal in njihove hitre menjave
- Razvoj novega koncepta za izdelavo lesnih sekancev
- Razvoj nastavljlivega podstavka za bankomatne blagajne

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

SLO

Na področju dimenzioniranja strojnih delov in konstrukcij člani programske skupine že vrsto let uspešno sodelujejo s številnimi podjetji. Z razvitimi modeli bo tem podjetjem omogočen dostop do najsodobnejših orodij za dimenzioniranje in konstruiranje najzahtevnejših konstrukcij, s čimer bodo lahko bistveno dvignila svojo konkurenčno sposobnost. Tukaj izpostavljamo predvsem naslednja razvita orodja, ki so neposredno uporabna v praksi:

- Računski model za analizo utrujanja strojnih delov in konstrukcij iz visokotrnostnih jekel (razpoložljiv računalniški program).
- Računski model za preračun statične in dinamične nosilnosti velikih aksialnih ležajev (razpoložljiv računalniški program).
- Namensko preskuševališče za določitev parametrov malocikličnega utrujanja.
- Programska koda, namenja pripravi rekonstruiranih poroznih gradiv za nadaljnjo karakterizacijo in analizo.

Prav tako je bil natančno ovrednoten odziv številnih različnih vrst celičnih gradiv z različno topologijo in morfologijo s pomočjo eksperimentov in računalniških simulacij pri različnih obremenitvenih pogojih. Rezultati teh analiz se lahko direktno uporabijo v praksi, saj predstavljajo smernice za učinkovito uporabo različnih vrst celičnih gradiv.

Razvoj inteligentne platforme za podporo konstruiranju s sodobnimi gradivi je potekal v sodelovanju s podjetjem Gorenje Velenje d.d., ki je prepoznalo potencial takšnega ogrodja, ki je bilo tudi testirano na primeru iz podjetja. Razvit koncept pa ni uporaben samo v večjih sistemih, temveč je še posebej primeren tudi za mala in srednje velika podjetja, ki pa v mnogih primerih nimajo dovolj lastnih kadrov in sredstev za razvoj in implementacijo inteligentnih računalniških sistemov v svoj razvojni proces. Takšna podjetja prevladujejo tudi v Sloveniji. Temeljne raziskave s področja računalniškega inženiringa podprtega z ekspertnim znanjem, katerih rezultati predstavljajo podporo pri razvoju novih sodobno zasnovanih proizvodov, so zato za našo družbo zelo pomembne, še posebej v času, ko slovensko gospodarstvo nujno potrebuje ponoven zagon in novo dodano vrednost za premostitev trenutne krize in enakovreden konkurenčen boj z razvitim svetom, kar je mogoče le z inovativnim pristopom in z inovativnimi izdelki.

Raziskave na področju načrtovanja porozne strukture nano-strukturiranih tekstilij so bile opravljene v sodelovanju s konkretnim proizvajalcem netkanih tekstilij, in so bile torej ciljno usmerjene. Podjetje je na tak način bilo deležno transfera znanj, rezultate raziskav, tj. modele napovedovanja parametrov poroznosti, pa je možno neposredno implementirati v prakso, saj omenjeni modeli predstavljajo orodje v rokah konstrukterja pri razvijanju novih konstrukcij netkanih tekstilij z želeno poroznostjo.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☒ DA ☐ NE
potrebni finančni vložek	50.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	- najem prostorov - nakup strojne in programske inženirske opreme - dostop do baz podatkov

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

HARIH, Gregor, DOLŠAK, Bojan. Recommendations for tool-handle material choice based on finite element analysis. Applied Ergonomics, Available online 20 August 2013, COBISS.SI-ID 17081110

Izvirni znanstveni članek predstavlja raziskavo, ki je temeljila na računalniško podprti analizi kontakta med človeško roko (prstom) in podlago (ročajem), pri čemer je bila analiza ob ustreznem modeliranju mehkih tkiv prsta izvedena za različne materiale ročaja. Rezultat analize so priporočila o izbiri najprimernejšega materiala ročaja, ki zagotavlja ustrezen krepak oprijem, hkrati pa ne povzroča bolečin ali poškodb mehkega tkiva.

Članek je objavljen v priznani mednarodni znanstveni reviji s področja ergonomije, ki je po faktorju vpliva uvrščena na 2. mesto v svoji kategoriji.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Organizacija znanstvenega srečanja SymPorMat / Symposium on Porous Materials, 17.12.2013, Maribor, Slovenija ; [Editors] Zoran Ren, Matej Vesenjaj, COBISS-ID 17408534

Namen simpozija je bil povezati domače in tuje strokovnjake, ki raziskujejo različne vidike izdelave, karakterizacije, modeliranja in uporabe poroznih materialov, z inženirji iz industrije in jim ponuditi forum za razpravo o trenutnem stanju in prihodnosti razvoja in uporabe poroznih materialov. Na simpoziju je sodelovalo 24 znanstvenikov iz 8 držav, ki so predstavili svoje prispevke. Srečanja se je udeležilo skupno 65 udeležencev.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
strojništvo

Zoran Ren

ŽIG

Kraj in datum: Maribor 23.3.2014

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/9

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

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

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

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

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

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

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

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

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

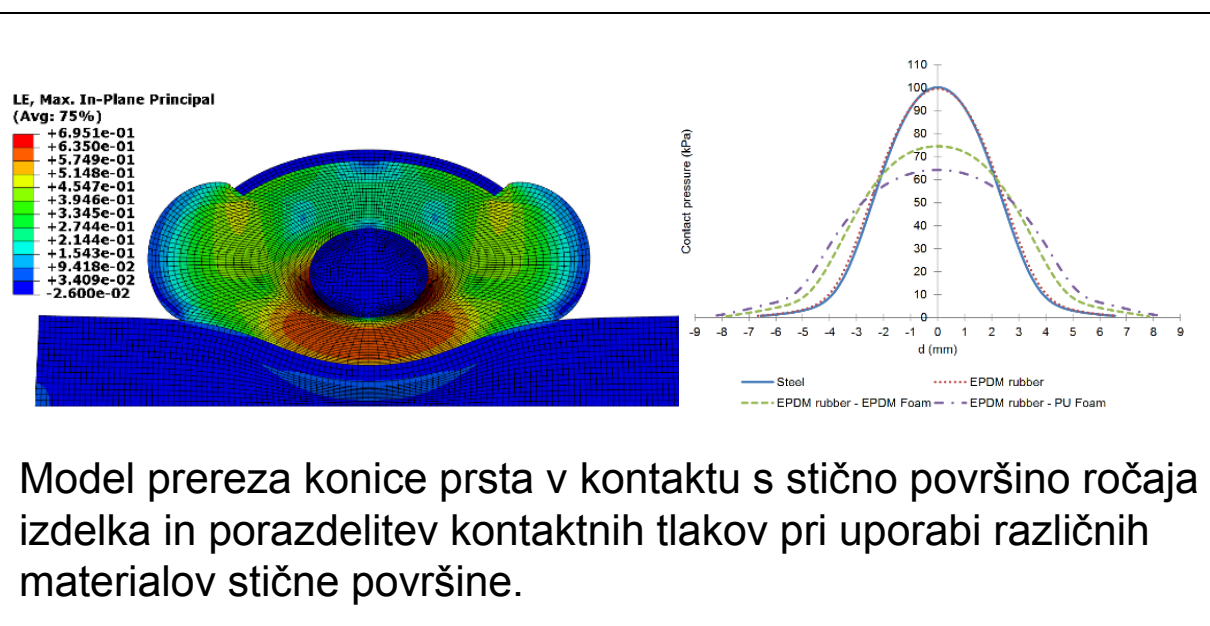
Priloga 1

TEHNIKA

Področje: 2.11 KONSTRUIRANJE

Dosežek 1: Priporočila za določitev materiala stične površine izdelka na osnovi bioinspiracije

Vir: HARIH, Gregor, DOLŠAK, Bojan. Recommendations for tool-handle material choice based on finite element analysis. Appl. Ergon., 2014, vol. 45, no. 3, str. 577-585, doi: 10.1016/j.apergo.2013.07.014. [COBISS.SI-ID 17081110]



Pri uporabi številnih izdelkov in ročnih orodij je oprijem ročaja glavni parameter ergonomskega oblikovanja izdelka. Avtorji so raziskali vpliv materialov stičnih površin ročajev na povečanje zadovoljstva in zmogljivosti uporabnikov in zmanjšanje nevarnosti akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj. Razvita je bila metodologija za načrtovanje najustreznejše sestave materiala stičnih površin na osnovi računalniških simulacij kontakta med ustrezno modelirano človeško roko (prstom) in stično površino (izdelkom - ročajem), pri čemer je bila analiza ob ustreznem modeliranju mehkih tkiv prsta izvedena za različne materiale stičnih površin. Na osnovi dobljenih rezultatov so bila na osnovi bioinspiracije ob poznavanju mehanskega obnašanja mehkih tkiv podana priporočila za izbiro najprimernejše sestave stičnih površin ročaja, ki zagotavlja enakomernejšo porazdelitev kontaktnega tlaka in s tem njegovo efektivno zniževanje, kar posledično prispeva k zmanjšanju nevarnosti za nastanek akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj uporabnikov. S kontrolirano in omejeno deformacijo načrtovane sestave materiala ročaja je zagotovljeno tudi višje udobje pri uporabi izdelka ob ohranitvi ustrezne stabilnosti izdelka pri oprijemu ročaja.

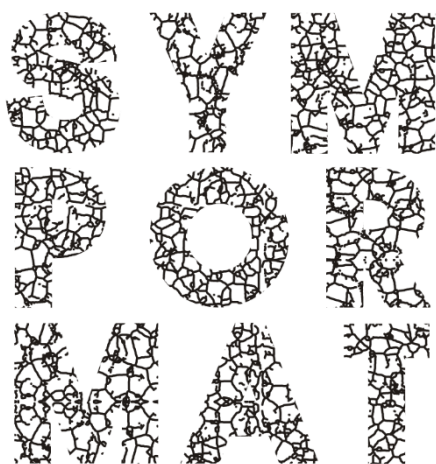
Priloga 2

TEHNIKA

Področje: 2.11 KONSTRUIRANJE

Dosežek 1: Organizacija znanstvenega srečanja SymPorMat

Vir: Symposium on Porous Materials, December 17th, 2013, Maribor, Slovenia, REN, Zoran (urednik), VESENJAK, Matej (urednik). SymPorMat. Maribor: University of Maribor, 2013. [COBISS.SI-ID 17408534]



Logotip in utrinek s simpozija SymPorMat.

Namen enodnevnega znanstvenega simpozija o poroznih materialih SymPorMat na Univerzi v Mariboru je bil povezati domače in tuje znanstvenike in strokovnjake, ki raziskujejo različne vidike izdelave, karakterizacije, modeliranja in uporabe poroznih materialov, z inženirji iz industrije in jim ponuditi forum za razpravo o trenutnem stanju in prihodnosti razvoja in uporabe poroznih materialov v sodobnih inženirskih konstrukcijah. Na simpoziju je rezultate svojega raziskovalnega dela predstavilo 24 znanstvenikov iz 8 držav, srečanja pa se je udeležilo skupno 65 udeležencev.