

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/95



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Jedro raziskovalnega programa predstavlja obravnavo prenosnih pojavov, tj. prenosa gibalne količine, toplote in snovi, v eno in večfaznih oz. večsestavinskih termodinamičnih sistemih. Razvoj novih eksperimentalnih in numeričnih tehnik reševanja prenosnih

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

ANG

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

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

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

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

Na področju razvoja aproksimativnih metod za reševanje prenosnih pojavov smo v okviru metode robnih elementov (MRE) za izračun turbulentnih tokov uspešno razvili napredno verzijo hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb, primerno tako za modeliranje nestacionarnega turbulentnega toka z metodo RANS kot z metodo LES, katere pomembni del je nova integralska formulacije difuzivno-konvektivne enačbe z variabilnimi koeficienti in hitrostrnim poljem. Na tej osnovi smo razvili hibridni model turbulence, ki uporablja kombinacijo Metode velikih vrtljcev (LES) in metod Reynoldsovega povprečenja Navier-Stokes enačb (dvo-enačbeni URANS), kjer je kot kriterij preklopa bilo uporabljeno Reynoldsovo število, definirano na osnovi turbulentne kinetične energije. Metoda je bila uspešno testirana tudi za izračun prehodnega režima toka, gnanega zaradi naravne konvekcije. Ker opis turbulentnih struktur zahteva zgostitve računske mreže, predvsem ob stenah, smo izpopolnili večobmočno MRE z vključitvijo metod Fast multipole, Wavelet ter Adaptive cross approximation, ter prilagoditvijo MRE za učinkovito uporabo na večprocesorskih računalnikih (MPI). Osnovni algoritem MRE je bil

razširjen na področje simulacije toka stisljive tekočine ter nestacionarnega prenosa toplote in snovi v porozni snovi ob upoštevanju kapilarnih učinkov ter nehomogene porazdelitve poroznosti v obravnavanem območju. V okviru MRE smo razvili algoritme inverznega določanja pretoka skozi heterogeni material, in ga aplicirali na perfuzijskem pretoku v heterogenem biološkem tkivu. Na področju modeliranja večfaznih tokov je bila glavna raziskava opravljena na Euler-Lagrange modeliranju razpršenih tokov, kjer so bili razviti modeli, ki omogočajo simulacijo gibanja poroznih in nekrogelnih delcev (kosmi, sadra) pod vplivom hidrodinamskih sil, gravitacije kot tudi magnetne Kelvinove sile. Razviti modeli so bili validirani na primeru usedanja poroznih kosmov v bazenu biološke čistilne naprave. V primeru večjih volumskih deležev razpršene faze smo v MRE vpeljali koncept mikropolarnosti tekočin, ki na osnovi Euler pristopa omogoča simulacijo gibanja suspenzij, npr. temodinamike toka. Razvili smo model adsorpcije na trdne površine, ki temelji na SLD ravnotežnem modelu, in upošteva dinamične razmere na medfazni površini. Za sušenje razpršene faze smo razvili dvo stopenjski model, ki upošteva vpliv poroznosti delca pri izračunu prenosa toplote in snovi.

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

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

Raziskan je bil vpliv sestave iz odpadkov pridobljenih goriv na karakteristike zgorevanja. Razvili smo ravnotežni model uplinjanja trdega goriva, ki napove koncentracije osnovnih produktov zgorevanja vzdolž rešetke, ki smo ga nato razširili na večje število zaporedno vezanih ravnotežnih con, kar omogoča bolj natančno določitev sestave

sinteznega plina pri podstehiometrijskem zgorevanju. Na ta način smo pridobili robne pogoje za simulacijo zgorevanja v plinasti fazi, ki je bližje realnim razmeram, kar potrjujejo točkovne meritve temperatur in povprečne sestave dimnih plinov na realni kurilni napravi. Na področju motorjev z notranjim zgorevanjem smo nadaljevali z raziskavami možnosti povečanja zmogljivosti motorjev ob zmanjšanju porabe goriv in emisij onesnaževal pri uporabi biogoriv. Delo je obsegalo eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja, eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biodizelskega goriva na tribološke karakteristike motorja, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv ter numerično simulacijo procesov v vbrizgalni šobi. Izvedena je bila tudi raziskava vpliva vrtničnega števila na parametre zgorevanja večplamenskega gorilnika, za uporabo v kotlih večjih moči.

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

SLO

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

opravljena tudi pri analizah procesov v industrijskem okolju, kjer velja posebej omeniti industrijo vodnih turbinskih strojev, toplarno na gorivo iz odpadkov, razvoj novih kotlov za biomaso, optimizacijo pralnikov odpadnih plinov, optimizacijo delovanja zavornih naprav ter optimizacijo delovanja avtomobilskih svetil. Kljub precejšnjemu zmanjšanju razpoložljivih sredstev za nakup opreme nam je v solidni meri uspelo posodobiti najpomembnejši del raziskovalne opreme.

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

SLO

/

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	17091350	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja, karakteristike dizelskega motorja in tvorbo emisij
		ANG	The influence of biodiesel fuel on injection characteristics, diesel engine performance, and emission formation
	Opis	SLO	Predstavljeno delo obravnava numerično in eksperimentalno analizo vpliva biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja mehansko krmiljenega vbrizgalnega sistema in na delovne karakteristike velikega dizelskega motorja. V delu je bilo uporabljeno čisto mineralno dizelsko gorivo in čisto biodizelsko gorivo proizvedeno iz oljne ogrščice. Napravi za testiranje konvencionalnih vbrizgalnih sistemov je bila dodana steklena komora, katera je omogočala snemaje razvoja curka goriva s hitro kamero. Rezultati eksperimentalnih meritev na vbrizgalnem sistemu so bili primerjani z numeričnimi rezultati, kateri so bili pridobljeni z uporabo lastnega simulacijskega programa. Program omogoča numerično raziskavo vpliva lastnosti goriv na delovanje konvencionalnega vbrizgalnega sistema. Slike razvoja curka, posnete s hitro kamero, so bile primerjane z numeričnimi rezultati, katere smo pridobili z uporabo CFD programa AVL FIRE. Program AVL FIRE je bil uporabljen za numerično analizo vpliva lastnosti biodizelskega goriva na razvoj curka v različnih korakih vbrizgavanja goriva. Nadaljnje je bil raziskan vpliv uporabe čistega biodizelskega goriva na delovanje velikega dizelskega motorja in na formiranje škodljivih emisij. Raziskava je bila izvedena eksperimentalno na merilni progi za testiranje motorjev in numerično z uporabo programa AVL BOOST. Po pregledu rezultatov lahko zaključimo, da se testirano biodizelsko gorivo lahko uporablja kot alternativno gorivo v dizelskih motorjih, s podobni karakteristikami testnemu motorju.
		ANG	The presented work focuses on numerical and experimental analyses of biodiesel fuel's influence on the injection characteristics of a mechanically-controlled injection system, and on the operating conditions of a heavy-duty diesel engine. Addressed are mineral diesel fuel and neat biodiesel fuel made from rapeseed oil. The influence of biodiesel on mechanically controlled injection system characteristics was tested experimentally on an injection system test-bed. The injection test-bed was equipped with a glass injection chamber in order to observe the development of the fuel-spray by using a high-speed camera. The results of the experimental measurements were compared to the numerical results obtained by using our own mathematical simulation program. This program has been used to analyze the influences of different fuel properties on the injection system's

		characteristics. The photos taken with a high-speed camera were compared to the simulation results obtained by using the AVL FIRE 3D CFD simulation program. This software was used to simulate the fuel-spray development during different stages of the injection process. Furthermore, the influence of biodiesel fuel on the engine operating condition of a heavy-duty diesel engine and its' emission formation was tested experimentally on an engine test-bed, and numerically by using the AVL BOOST software. It was found out that the tested biodiesel could be used as an alternative fuel for heavy-duty diesel engines.
	Objavljeno v	Applied Science Publishers; Applied energy; 2013; Vol. 111; str. 558-570; Impact Factor: 5.261; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: ID, II; Avtorji / Authors: Lešnik Luka, Vajda Blaž, Žunič Zoran, Škerget Leopold, Kegl Breda
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17349910 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Modeliranje turbulentnega toka s hitrostno-vrtinčno RANS formulacijo in Metodo robnih elementov
		<i>ANG</i> Velocity-vorticity RANS turbulence modeling by boundary element method
	Opis	<i>SLO</i> Članek numerično obravnava turbulentni tok preko ovir različnih geometrij. Osnovo tvori sistem Navier-Stokes enačb, ki je rešen z Robno-območno integralsko metodo. Vodilne enačbe so zapisane v hitrostno vrtinčni formulaciji. Uporabljeni modeli turbulence temeljijo na hipotezi turbulentne viskoznosti. Izpeljane so integralske oblike vodilnih enačb, predstavljena je njihova diskretizacija in algoritem reševanja, ki je testiran na dveh primerih. Prvi primer je turbulentni tok v kanalu, izračunan za dve različni vrednosti $Re_T=180$ and $Re_T=395$. Primerjava z rezultati DNS simulacij kaže na zelo dobro ujemanje. Drugi primer je tok preko stopnice za vrednost Reynoldsovega števila $Re_h=5000$, kjer primerjava dolžine recirkulacijskega območja z rezultati drugih avtorjev kaže dobro ujemanje.
		<i>ANG</i> Turbulent flow over various geometries is studied numerically. Incompressible set of Navier-Stokes equations is considered and solved by boundary domain integral method (BDIM). Governing equations are written in velocity-vorticity form. Turbulence models used are based on eddy-viscosity hypothesis. Integral form of equations, discretization and the solution algorithm are presented. The algorithm is tested with two separate test cases. The first is the turbulent channel flow for two different Reynolds numbers: $Re_T=180$ and $Re_T=395$. Results show very good agreement with corresponding DNS data. The second test case is the flow over backward facing step for Reynolds number $Re_h=5000$, which shows good agreement with literature data on mean reattachment length.
	Objavljeno v	Elsevier; Engineering analysis with boundary elements; 2014; Vol. 39; str. 44-52; Impact Factor: 1.437; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.131; A': 1; WoS: IF, PO; Avtorji / Authors: Lupše Janez, Škerget Leopold, Ravnik Jure
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	13066774 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<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
		V tem članku predstavljamo pospešitev algoritma za simulacijo laminarnega viskoznega toka tekočin in prenosa toplote. Algoritem rešuje hitrostno vrtinčno formulacijo nestisljivih Navier-Stokesovih enačb v 3D. Osnovan je

	Opis	SLO	na kombinaciji podobmočne in enoobmočne metode robnih elementov. Spominske in računske zahteve enoobmočnega algoritma so zmanjšane s pomočjo metode hitrih multipolov. Laplaceova osnovna rešitev je razvita po sferičnih harmonikih. Računsko območje in njegov rob za rekurzivno razdeljena in tako tvorita drevo skupkov območnih in robnih elementov. Uporabimo aproksimacijo s pomočjo razvoja na skupkih, ki ustrezajo pogoju razvoja. Opazimo zmanjšanje zahtevnosti algoritma. Metodo preverimo na dveh numeričnih primerih: tok preko gnane kotanje in razvoj naravne konvekcije v kotanji.	
		ANG	In this paper acceleration and computer memory reduction of an algorithm for the simulation of laminar viscous flows and heat transfer is presented. The algorithm solves the velocity-vorticity formulation of the incompressible Navier-Stokes equations in 3D. It is based on a combination of a subdomain boundary element method (BEM) and single domain BEM. The CPU time and storage requirements of the single domain BEM are reduced by implementing a fast multipole expansion method. The Laplace fundamental solution, which is used as a special weighting function in BEM, is expanded in terms of spherical harmonics. The computational domain and its boundary are recursively cut up forming a tree of clusters of boundary elements and domain cells. Data sparse representation is used in parts of the matrix, which correspond to boundary-domain clusters pairs that are admissible for expansion. Two 3D benchmark numerical examples are used: the lid-driven cavity and the onset of natural convection in a differentially heated enclosure.	
	Objavljeno v	Wiley; International journal for numerical methods in engineering; 2009; Vol. 77, iss. 12; str. 1627-1645; Impact Factor: 2.025;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.918; A': 1; WoS: IF, PO; Avtorji / Authors: Ravnik Jure, Škerget Leopold, Žunič Zoran		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	14734358	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Eksperimentalna in numerična raziskava sedimentacije poroznih kosmov čistilnih naprav odpadne vode	
		ANG	Experimental and numerical investigations of sedimentation of porous wastewater sludge flocs	
	Opis	SLO	Raziskava obravnava gibanje kosmov v suspenziji biološke čistilne naprave. (BČN). Največje pozornost je namenjena geometrijskim in sedimentacijskim sposobnostim kosmov, ki so ključni parametri pri razvoju numeričnega postopka za simulacijo gibanja kosmov. Na osnovi rezultatov eksperimentalnih raziskav so definirani in izračunani fizikalni parametri kosmov ob upoštevanju njihove poroznosti. Rezultati so bili uporabljeni pri izpeljavi na CFD zasnovanem računskem modelu sedimentacije poroznih kosmov.	
		ANG	The paper studies the properties and sedimentation characteristics of sludge flocs, as they appear in biological wastewater treatment (BWT) plants. The flocs are described as porous and permeable bodies, with their properties defined based on conducted experimental study. The derivation is based on established geometrical properties, high-speed camera data on settling velocities and non-linear numerical model, linking settling velocity with physical properties of porous flocs. The numerical model for derivation is based on generalized Stokes model, with permeability of the floc described by the Brinkman model. As a result, correlation for flocs porosity is obtained as a function of floc diameter. This data is used in establishing a CFD numerical model of sedimentation of flocs in test conditions, as recorded during experimental investigation. The CFD model is based on Euler-Lagrange formulation, where the Lagrange formulation is chosen for computation of flocs trajectories during sedimentation. The results of	

			numerical simulations are compared with experimental results and very good agreement is observed.
	Objavljeno v		Pergamon Press.; Water research; 2011; Vol. 45, iss. 4; str. 1729-1735; Impact Factor: 4.865; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.311; A'': 1; A': 1; WoS: IH, JA, ZR; Avtorji / Authors: Hriberšek Matjaž, Žajdela Boštjana, Hribernik Aleš, Zadravec Matej
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	17444118	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vizualizacija vrtečega zastoja v aksialnem ventilatorju
		ANG	Visualisation of rotating stall in an axial flow fan
	Opis	SLO	Prikazana je vizualizacija tokovnega polja v medlopatičnem prostoru aksialnega ventilatorja, ki je obratoval v področju formiranega vrtečega zastoja. S pomočjo PIV sistema smo posneli hitrostna polja na 80 % višine lopatice. Proženje PIV sistema smo uskladili s prehodi izbrane lopatice in posneli približno 1000 naključnih posnetkov tokovnega polja. Lete smo nato povprečili ob upoštevanju faznega zamika do referenčnega tlačnega signala in razvrstili v urejen niz 36 povprečenih posnetkov. Zaporedje posnetkov prikazuje razvoj tokovnega polja s korakom 10 kotnih stopinj in omogoča analizo strukture in obnašanja toka v medlopatičnem rotorskem kanalu pod vplivom vrtečega zastoja. Jasno je razviden potek nastajanja in razvoja tokovnega polja pod vplivom približujoče zastojne celice in ponovna stabilizacija in prehod v urejen tok po njenem umiku.
		ANG	Visualisation of a flow field was performed within the rotor blade passage of an axial flow fan operating under rotating stall conditions. A PIV system was used to capture the velocity field at an 80% span of the rotor blade. PIV triggering was synchronized with the observed blades' passing, and over 1000 PIV images were obtained. These were then phase-locked averaged, and a sequence of 36 images was composed. The successive images represented the evolution of a flow field within the blade passage with 10° angular steps and made it possible for the structure and behaviour of the flow within the rotor blade passage to be analysed under rotating stall conditions. The initiation and development of flow distortion were clearly shown to be influenced by the advance of the rotating stall cell and the restoration of normal flow with the rotating stall cell moving away.
	Objavljeno v		Elsevier; Experimental thermal and fluid science; 2013; Vol. 53; str. 269-276; Impact Factor: 2.080; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A': 1; WoS: DT, IU, UF; Avtorji / Authors: Fike Matej, Bombek Gorazd, Hriberšek Matjaž, Hribernik Aleš
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

			Družbeno-ekonomski dosežek
1.	COBISS ID	17985558	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Verifikacija in korekcija parametrov matematičnih modelov standardnih obremenitvenih profilov značilnih odjemalcev zemeljskega plina
		ANG	Verification and correction of parameters of mathematical models in standard consumption profiles of typical natural gas consumers
			Cilj projekta, za Javno agencijo Republike Slovenije za energijo je bil izpeljati standardne obremenitvene profile porabnikov zemeljskega plina, ki bodo v prihodnosti služili napovedovanju odjema porabnikov zemeljskega plina v Republiki Sloveniji. Na podlagi izmerjenih urnih porab

	Opis	SLO	zemeljskega plina med letoma 2009 in 2013 na 260 merilnih mestih smo določili matematične modele standardnih obremenitvenih profilov različnih značilnih skupin porabnikov za napoved odjema v odvisnosti od temperature. Razvili smo metodologijo, ki bo dobaviteljem in distributerjem zemeljskega plina na podlagi napovedane temperature omogočala napoved odjema.	
		ANG	The main goal of the project for the Energy agency of the Republic of Slovenia was derivation of substitutional consumption characteristics of natural gas consumers, which will in the future serve as basis for projection of natural gas consumption in Slovenia. Based on collected measured hourly natural gas consumption between the years 2009 and 2013 from 260 measuring stations substitutional consumption characteristics dependent on temperature of different significant consumer groups were developed. Based on that the methodology for computational determination of prediction of natural gas consumption, which is based on predicted temperature values, was developed.	
	Šifra		F.11	Razvoj nove storitve
	Objavljeno v		Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetske, procesne in okoljsko inženirstvo; 2014; 60 f.; Avtorji / Authors: Škerget Leopold, Hriberšek Matjaž, Ravnik Jure	
	Tipologija		2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav
2.	COBISS ID		16760854	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zgorevanje komunalnih odpadkov za namen proizvodnje energije	
		ANG	Combustion of municipal solid waste for power production	
	Opis	SLO	Uporaba energije komunalnih trdnih odpadkov je mogoča z upoštevanjem integralnega sistema ravnanja z odpadki in uporabo primernih tehnologij. V procesu razvoja primerne tehnologije OdpadkiEnergija (WtE) se izkaže, da bi morala biti uporaba modernih inženirskih simulacijskih orodij (CFD) standard vsake razvojne faze Wt_E tehnologije, saj CFD že daje rezultate, primerljive s testi na realnih napravah. Razviti postopki omogočajo hitrejše in cenejše uvajanje tehnologij izrabe komunalnih odpadkov.	
		ANG	The energy utilization of municipal solid waste is possible with the appropriate integrated waste management system and utilization of appropriate technologies. In the process of development of a suitable WastetoEnergy technology, the application of advanced engineering computer simulation tools (CFD) should become standard for every R&D in WtE technology design. CFD can provide results, comparable to tests on full scale equipment, and can therefore significantly shorten the development time of WtE technologies. The developed processes enable faster and more economical introduction of solid waste utilization technologies.	
	Šifra		F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v		InTech; Advances in internal combustion engines and fuel technologies; 2013; Str. 277-309; A': 1; Avtorji / Authors: Kokalj Filip, Samec Niko	
	Tipologija		1.16	Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	COBISS ID		16979222	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izdelava idejnih rešitev optimizacije profila vtočnih rešetk na HE Vuzenica in HE Zlatoličje	
		ANG	Intake grates optimization solutions for HPP Vuzenica and HPP Zlatoličje	
			S stališča zmanjšanja energijskih izgub smo primerjali tri oblike vtočnih rešetk. S 3 D simulacijo toka, ki je obsegala 200 m pas nad elektrarno vse do turbinskega vtoka, smo poizkusili kar najtočneje napovedati hitrostno	

	Opis	SLO	polje tik pred rešetko. Nato smo v vsaki računski točki hitrostnega polja z uporabo empirične enačbe izračunali lokalne tlačne izgube in lete integrirali po celotnem pretočnem preseku, da smo ocenili skupne tlačne izgube, ki jih povzroča posamezna oblika rešetak pri izbranem pretoku. Za izračun letnih izgub proizvedene električne energije smo izhajali iz eksperimentalno pridobljenih podatkov o letnem urnem pretoku reke. Sledila je ocena izgube profita, ki je omogočila analizo ekonomske upravičenosti izbrane oblike rešetke.	
		ANG	Three different trashrack designs were examined and compared regarding energy losses. The river's flow from 200 m upstream of the hydropower plant to the turbine inlet was simulated by 3D CFD simulations in order to predict the correct velocity field ahead of the trashrack. The local headlosses caused by the trashrack were then calculated using an empirical formula at each point of the velocity field, and finally integrated to obtain the gross headloss caused by the specific trashrack design operating under selected flow rate. Annual losses during electricity production were predicted using experimentally obtained river flowrate data and the net profit loss calculated which served for the final study of the particular trashrack design's economics.	
	Šifra		F.11 Razvoj nove storitve	
	Objavljeno v		Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetske, procesne in okoljske inženirstvo; 2013; 55 f.; Avtorji / Authors: Hribernik Aleš, Škerget Leopold, Ren Zoran, Ulbin Miran, Bombek Gorazd, Fike Matej	
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija	
4.	COBISS ID		5605380	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Član uredniškega odbora v znanstveni reviji	
		ANG	Editorial board member of an international Journal	
	Opis	SLO	prof. dr. Škerget in prof. dr. Ravnik sta člana uredniškega odbora v mednarodni znanstveni reviji Engineering analysis with boundary elements, ki jo izdaja založba Elsevier.	
		ANG	prof. dr. Škerget and prof. dr. Ravnik are members of the editorial board member of an international Journal Engineering analysis with boundary elements published by Elsevier.	
	Šifra		C.04 Uredništvo mednarodne revije	
	Objavljeno v		Engineering analysis with boundary elements. Škerget, Leopold (urednik 2009). [Print ed.]. Kidlington: Elsevier, 1989. ISSN 09557997. [COBISS.SIID 5605380] Engineering analysis with boundary elements. Ravnik, Jure (član uredniškega odbora 2009, 2010). [Print ed.]. Kidlington: Elsevier, 1989. ISSN 09557997. [COBISS.SIID 5605380]	
5.	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo	
	COBISS ID		16936726	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Postopek pridobivanja trdnih goriv z določenimi fizikalno kemijskimi lastnostmi iz nenevarnih odpadnih materialov	
		ANG	Production procedure of solid recovered fuel from non-hazardous waste materials with defined physical-chemical properties	
			Področje izuma je priprava goriva iz nenevarnih odpadnih materialov za energetske izrabo. Izum opisuje postopek pridobivanja trdnega goriva z določenimi fizikalno kemijskimi lastnostmi iz nenevarnih odpadnih materialov. Postopek pridobivanja trdnih goriv z določeno kurilno vrednostjo in druge pomembne fizikalno kemijske lastnosti iz nenevarnih odpadnih materialov	

	Opis	SLO	izvajamo v več korakih: • reprezentativno vzorčenje vhodnih trdnih nenevarnih odpadkov, • analiza organskega in anorganskega dela v vzorcih, • izračun masnih deležev vhodnih nenevarnih odpadnih materialov z matematičnim modelom glede na želene fizikalno kemijske lastnosti in kurilno vrednost trdnega goriva, • mehanska obdelava in homogenizacija odpadkov ter izločitev kovin na proizvodnji liniji, • analiza tehnološko pripravljenega materiala na kurilno vrednost ter druge pomembne fizikalno kemijske parametre. Na osnovi ugotovljenih odstopanj od izračunanih vrednosti po matematičnem modelu se določi ustrezno korekcijsko mešanje dodatnih količin za doseganje želenih parametrov goriva • ponovna mehanska obdelava z dodajanjem ustrezne količine materialov za korekcijo kvalitete lastnosti goriva.
		ANG	The scope of the invention is the preparation of solid fuel for energy recovery from non-hazardous waste materials. The invention discloses a method of obtaining solid fuel with specific physical-chemical properties of non-hazardous waste materials. The process of obtaining solid fuels with a certain calorific value and other relevant physical-chemical properties of non-hazardous waste materials is carried out in several steps: • a representative sampling of the input solid non-hazardous waste, • analysis of the organic and inorganic part of the samples, • calculation of the weight of non-hazardous input waste materials with the mathematical model according to desired the physical-chemical properties and heating value of the solid fuel, • mechanical treatment and homogenization of waste and extraction of metals on the production line, • analysis of technologically prepared material on the calorific value and other relevant physical-chemical parameters. Based on the observed deviations from the values calculated by the mathematical model, the appropriate corrective blending quantities are determined to achieve the desired fuel parameters • repeated mechanical treatment with adding the appropriate quantities of the materials to correct the quality characteristics of the produced fuel.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2013; [11, 2] str.; Avtorji / Authors: Ekart Janez, Kokalj Filip, Samec Niko, Brumec Vilijana, Fišer Jure, Krošlin Tadej, Polanec Brigita, Kurnik Natalija, Dvoršak Slavko, Kovač Peter	
	Tipologija	2.24 Patent	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

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

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

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1.Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Novi numerični algoritmi za reševanje prenosnih pojavov v večfaznih turbulentnih tokovih na osnovi reševanja hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb omogočajo kvalitativno 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 na novo razvitimi ali v ta namen prilagojenimi eksperimentalnimi in CFD metodami in tehnikami. Številni znanstveni viri na področju alternativnih goriv kažejo na znanstveno zanimivost in sodobnost tovrstnih raziskav.

ANG

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

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

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

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Opravljenе raziskave in razviti novi numerični algoritmi in simulacijska orodja imajo neposreden in posreden vpliv na razvoj Slovenije. Neposredni vpliv je viden v številnih izvedenih raziskovalnih projektih za gospodarske in družbene partnerje, v katerih so bila uporabljena nova spoznanja iz opravljenega raziskovalnega dela, tako na področju energetskega strojništva, 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 žveplениh primesi iz dimnih plinov.

V industriji se v fazi razvoja novih proizvodov vedno več uporabljajo numerične metode in modeliranje različnih procesov z uporabo računalnikov. Pomemben družbeni segment, ki pri razvoju novih proizvodov uporablja predstavljene metode je energetika, še posebej obnovljivi viri energije - hidroenergija. Z uporabo najsodobnejše programske, ki jo razvijamo in testiramo v okviru raziskovalnega programa in sodobne strojne opreme, lahko rezultati raziskav pomagajo slovenski industriji, da konkurenčno nastopa na svetovnem trgu. Rezultati raziskav so koristni za zmanjšanje škodljivih emisij in za izboljšanje triboloških in ostalih parametrov dizelskih motorjev pri uporabi različnih biogoriv. Prav tako so uporabni za preprečevanje različnih problemov na posameznih komponentah motorja pri uporabi različnih biogoriv. Vsekakor pa so izsledki raziskav pomembni tudi za domače proizvajalce biogoriv (Biogoriva d.o.o.), tako v zvezi z izbiro ustreznih surovin in proizvodnih tehnologij.

V okviru obstoječih razvojno raziskovalnih projektov smo vzpostavili tesno sodelovanje s partnerji iz gospodarstva doma in v tujini, ki so neposredni uporabniki razvojno raziskovalnih dosežkov na področju zgorevanja in energijske izrabe odpadkov. KIV d.d. je vodilno slovensko podjetje na področju razvoja in proizvodnje srednje velikih sistemov termične obdelave odpadkov s pridobivanjem energije iz sproščene toplote s katerim smo sodelovali pri razvoju in izgradnji prve sežigalnice iz odpadkov pridobljenega goriva v Sloveniji, Toplarne Celje. Strateška povezava raziskovale skupine s podjetjem KIV d.d. v okviru obstoječih projektov RIP (financiranih s strani agencije TIA) z domačimi (IOS d.o.o., EmTronic d.o.o., Surovina d.d.) in britanskimi partnerji (Lang O'Rourke, BIFA, ORCHID BioEnergy Limited) odpira možnosti mednarodnega sodelovanja na področju razvoja specialnih kurilnih naprav, ki lahko obratujejo v različnih režimih obratovanja (uplinjevalni, uplinjevalno-zgorevalni, zgorevalni). Naveza podjetja KIV d.d. z angleškim partnerji nudi ostalim podjetjem v skupini hitrejši in učinkovitejši vstop na okoljsko najbolj ozaveščen in zahteven trg.

ANG

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

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

In the field of energy and process engineering we have a long term cooperation with Hella-Saturnus for the development of simulation models for thermal load of illuminants, as well as cooperation with Turboinštitut in the field of turbine development. With Turna, d.o.o. we work in the field of development of sealants for cold-storage plants. With Esotech, d.d. we work in the field of research into spray colons for excretion of sulphur compounds out of gases.

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

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

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

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

10.1. Diplome¹²

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

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
0	Bojan Krajnc	☒	☐	☐	
0	Beno Arbiter	☒	☐	☐	
32962	Katja Kompolšek	☒	☐	☐	
0	Janez Polanc	☒	☐	☐	
31941	Blaž Tropenauer	☒	☐	☐	
0	Zdenko Kolarič	☐	☒	☐	
30138	Maja Bauman	☐	☒	☐	
12588	Janez Ekart	☐	☒	☐	
33513	Miran Kapitler	☐	☒	☐	
19099	Mojca Poberžnik	☐	☒	☐	
29577	Fike Matej	☐	☒	☒	
29573	Jurij Iljaž	☐	☒	☒	
30938	Janez Lupše	☐	☒	☒	
30937	Blaž Vajda	☐	☒	☒	
25797	Matej Zadravec	☐	☒	☒	
0	David Greif	☐	☒	☐	
0	Marko Klančičar	☐	☒	☐	
0	Teodor Štimec	☐	☒	☐	
19175	Aljaž Škerlavaj	☐	☒	☐	
33258	Luka Lešnik	☐	☒	☒	
0	Rok Kopun	☐	☒	☐	
36993	Gregor Sagadin	☐	☒	☐	
33255	Primož Kocutar	☐	☒	☒	
35601	Boštjan Rajh	☐	☒	☐	

Legenda:

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

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29577	Fike Matej	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
29573	Jurij Iljaž	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
30938	Janez Lupše	☐	☒	F - Drugo	
30937	Blaž Vajda	☐	☒	C - Gospodarstvo	
25797	Matej Zadravec	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
33258	Luka Lešnik	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	

33255	Primož Kocutar			F - Drugo	
-------	----------------	---	---	-----------	--

Legenda zaposlitev:

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

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Martin Červika	C - študent - doktorand	6	
0	Halima Hadžiahmetović	C - študent - doktorand	3	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

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

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

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

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

SLO

Optimiranje izdelka (avtomobilskega svetila) v smislu opredelitve in izboljšave toplotno tokovnih pogojev ob sprejemljivih stroških, L. Škerget
 CFD analiza prenosnih pojavov v pršišču mokrega pralnika pilotne naprave za razžveplanje dimnih plinov, M. Hriberšek
 Razvojno raziskovalno sodelovanje Optimiranje izdelka (tesnila hladnega aparata) v smislu opredelitve in izboljšave toplotno tokovnih pogojev ob sprejemljivih stroških, M. Hriberšek
 Izdelava študije Problematika pregrevanja generatorja 1 HE Fala, A. Hribernik
 Izdelava podlag za določitev nadomestnih odjemnih značilnosti za odjemalce zemeljskega plina, L. Škerget
 Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah turbinah, L. Škerget
 Razvojno raziskovalne aktivnosti na projektu OVESRF "Obnovljivi viri energije iz odpadkov postopki predelave odpadkov v trdno gorivo in njegova energijska izraba s

sežigom in uplinjanjem", N. Samec
 Razvoj in uporaba modernih eksperimentalnih in numeričnih metod reševanja zahtevnih tokovno toplotnih razmer, ki se pojavljajo v različnih izvedbah tesnil, M. Hriberšek
 Izdelava študije Problematika pregrevanja generatorja 1(8) HE Fala 2. Faza, vodja A. Hribernik.
 Numerično modeliranje termo hidravličnih razmer v BMW meglenki, L. Škerget
 Izdelava idejnih rešitev optimizacije profila vtočnih rešetk na HE Vuzenica in HE Zlatoličje, A. Hribernik
 Analiza učinkovitosti delovanja obstoječe tehnologije MBO v okviru CERO Celje Bukovžlak in predlog njene dopolnitve za doseganje zakonsko predpisanih okoljskih parametrov, N. Samec
 Meritve izmetnih hitrosti abraziva peskalnih turbin serije 380, A. Hribernik
 Izdelava numerične simulacije tokovnih razmer v tehnološkem sklopu: ventil jeklenke regulator po preloženi projektni nalogi, I. Biluš
 Aplikativna raziskava in priprava študije izvedljivosti sistema stisnjenega zemeljskega plina za uporabo v prometu motornih vozil, N. Samec
 Aplikativna raziskava in priprava študije za vzpostavitev deklaracije za Toplarno Celje za proizvodnjo napravo na obnovljive vire energije, N. Samec
 Razvojno raziskovalna in aplikativna raziskava z uporabo računalniške dinamike tekočin za Energetiko Celje v letu 2013, N. Samec
 Energijski preračun toplotnega prenosnika dimni plini zrak, N. Samec
 Izdelava študije za celovito izkoriščanje energetskih potencialov odpadne biomase za izboljšanje učinkovitosti poslovanja podjetja Lesna Vrata d.o.o. na lokaciji Prevalje, N. Samec
 Izdelava strokovnega mnenja na temo projekta Okoljsko, tehnološko in ekonomsko mnenje o načrtovanih investicijah ter obratovanju podjetja Riag d.o.o., N. Samec
 Izvedba projektne naloge dimenzioniranja in tokovnega preračuna prototipne naprave za čiščenje sinteznih plinov, L. Škerget
 Priprava predloga prilagoditve sedanjega sistema proizvodnje RDF na način, ki bo omogočal z obstoječo opremo in manjšimi dodatnimi investicijami proizvodnjo kvalitetnega SRF - goriva iz odpadkov, N. Samec
 Verifikacija in korekcija parametrov matematičnih modelov standardnih obremenitvenih profilov značilnih odjemalcev zemeljskega plina, L. Škerget
 Izvedba meritev emisij dimnih plinov in izkoristka kurilne naprave, N. Samec

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹²

SLO

V okviru programa je pomemben prispevek na področju razvijanja modernih vodnih turbinskih strojev v sodelovanju s podjetjem Turboinstitut, kjer smo uspeli izboljšati popolnoma virtualne modele za izračun delovanja vodnih turbin malih in srednjih moči, kar podjetju omogoča hitrejši razvoj tovrstnih turbin. Pomembne so bile tudi raziskave na področju optimizacije vstopnih kanalov in obvladovanja sedimentov v verigi Dravskih elektrarn, kar omogoča nadaljnji napredek v uspešnejši izrabi hidroenergetskega potenciala v Sloveniji. V letu 2009 smo zaključili s sodelovanjem v projektu MOBILIS (6. okvirni program). V okviru dela tega projekta je nastala uspešna sodelava med slovenskim proizvajalcem biodizla in porabnikom LPP iz Ljubljane. Biodizelsko gorivo je bilo testirano v našem laboratoriju za motorje na avtobusnem motorju LPP, sledile so ustrezne modifikacije motorjev, kar v primeru uporabe v širšem obsegu lahko vodi v zmanjšanje škodljivih emisij v Sloveniji in v spodbujanje uporabe alternativnih goriv v Sloveniji. Tudi na področju izrabe trdnih goriv, pridobljenih iz komunalnih odpadkov, smo v sodelovanju s podjetjem Toplarna Celje nadaljevali z razvojem optimalnega zgorevanja

tovrstnih odpadkov, ter v povezavi s podjetjem Gorenje Surovina razvili patent za proces izdelave trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov, kar bo imelo pomemben vpliv na reševanje problematike trdnih odpadkov v Sloveniji. V sodelovanju z Agencijo za energijo smo razvili model karakteristične porabe zemeljskega plina za različne tipe uporabnikov. Model omogoča sistemskim operaterjem, da glede na napovedane vremenske razmere vnaprej določijo predvideno porabo zemeljskega plina v Republiki Sloveniji. S tem je izboljšana varnost delovanja plinskega sistema, hkrati pa natančne napovedi odjema zmanjšujejo stroške napačne alokacije porabe plina tako za sistemske operaterje kot končne uporabnike. V celotnem obdobju 2009-2014 smo nadaljevali s sodelovanjem s podjetjem Hella Saturnus, kjer smo izobraževali sodelavce razvojnega oddelka na področju računalniške dinamike tekočin, ter razvijali natančne fizikalne modele za izračun termičnih obremenitev v avtomobilskih svetilih. Izvedli smo poglobljene eksperimentalne in računalniške analize toplotnih obremenitev zavrtnega diska ter izpušnega sistema za avtomobilsko industrijo (Cimos), kar omogoča razvoj nove generacije tovrstnih naprav. V povezavi s podjetjem Turna smo razvili nove oblike tesnil hladilno-zamrzovalnih aparatov, ki proizvajalcu omogočajo razvoj novih tesnil z zmanjšanimi toplotnimi izgubami skozi tesnilo. Začeli smo razvoj dvostopenjskih modelov razpršilnega sušenja, kar bo omogočilo realnejše računalniške simulacije delovanja razpršilnih sušilnikov in njihovo optimizacijo porabe energije. Našteti primeri kažejo na veliko stopnjo uporabnosti raziskovalnih dosežkov, pri čemer je te dosežke možno še nadgraditi z dodatnim raziskovalnim delom.

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

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☐ DA ☒ NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

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

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

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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 papirni obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

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

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
strojništvo

Leopold Škerget

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor,

11.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/95

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. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. 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, navedite: "Ni bilo sprememb.". 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 izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 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://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

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

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja 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 31.12.2014), izberite oz. 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. 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 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, 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 2014 (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](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

32-82-E4-FC-AD-1F-6A-57-B1-55-0D-04-A6-00-23-56-DB-0B-E4-5E