

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/108



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	P2-0223
Naslov programa	Prenos toplote in snovi Heat and Mass Transfer
Vodja programa	6415 Alojz Poredoš
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	31073
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
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 2.07 Okoljsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Programska skupina se je v minulem raziskovalnem obdobju 2009 do 2014 ukvarjala z raziskavami in razvojem sistemov za energetska oskrbo in rabo energije za ogrevanje, hlajenje in

klimatizacijo ter procesno tehniko. Poseben poudarek smo dajali izrabi obnovljivih virov energije in učinkovite rabe energije. Ves čas raziskav smo sledili cilju za dvig energetske učinkovitosti in ekonomske uspešnosti sistemov za oskrbo in rabo energije.

Za doseg ciljev smo se ukvarjali s temeljnimi raziskavami prenosa toplote in snovi na mikro in makro nivoju in pri tem raziskave posvetili naprednim mehanizmom prenosa toplote. Raziskali in razvili smo toplotne diode ter toplotna stikala, ki omogočajo manipuliramo smeri in intenzivnosti toplotnega toka. Izvajali smo tudi poglobljene raziskave na področju vrenja. Preučevali smo tokovne nestabilnosti v prenosnikih toplote z mikrokanali. Zaradi diverzifikacije energetskih virov in uvedbe obnovljivih virov energije v daljinsko energetiko smo razvili eksergoekonomski model distribucije in oskrbe s toploto. Implementirali smo ga na nekaj omrežij za optimalno gradnjo cevne mreže ter za obratovanje z najvišjo možno energetsko učinkovitostjo. Intenzivno smo raziskovali in razvijali alternativne tehnologije hlajenja s poudarkom na magnetokaloričnem in elektrokaličnem hlajenju. Razvili smo nov prototip magnetnega hladilnika in z njim dosegli najvišji temperaturni razpon v svetu v zadnjem obdobju. Izdelali smo enega od prvih delujočih prototipov elektrokaličnega hlajenja z uporabo toplotnih diod in stikal ter inovativnih struktur elektrokaličnih materialov. Z namenom zmanjšanja rabe energije v stavbah smo se intenzivno ukvarjali z raziskavami toplotnega odziva mest s selektivnimi in naravnimi gradniki. Ti rezultati so predloženi kot osnova za oblikovanje smernic za načrtovanje predelov mest, ki bodo prilagojeni napovedanim podnebnim spremembam. Opravili smo obsežne raziskave analize vpliva latentnih in drugih hladilnih obremenitev stavbe na rabo električne energije, in na toplotno ugodje v stavbah. Pri tem smo vključevali uporabo shranjevalnikov energije zaradi kompenzacije nihanja obnovljivih virov energije. Pri vseh raziskavah smo se posluževali tudi eksperimentalnega dela, ki zagotavlja najvišjo kakovost raziskav. V minulem obdobju smo opravili obsežne raziskave dinamičnih vgradnih vplivov merilnikov pretoka. Nadgradili in optimirali smo tudi merilni sistem za vrednotenje vpliva tokovnih pulzacij na merilno negotovost merilnika pretoka. Del raziskav na področju meroslovja je bil namenjen tudi izboljšanju akreditiranih meroslovnih zmogljivosti merjenja pretoka plinov s premikajočim batom.

ANG

The Program group has been working in the past research period from 2009 to 2014 on research and development of systems for supply and use of energy for heating, cooling, air-conditioning and process engineering. Special emphasis was given to the use of renewable energy sources and energy efficiency. Throughout the research process, we have kept the focus on finding solutions to increase the energy efficiency and improve the economic performance of systems for supply and use of energy. In order to accomplish the objectives of our programme we have performed both the fundamental and the applied research on heat and mass transfer at micro and macro level. A special focus was dedicated to advanced heat transfer mechanisms. We have studied and developed thermal diodes and thermal switches, which enable the manipulation of the intensity and the direction of the heat flux. The extensive research has been conducted also on boiling. Within this scope we have also performed an extensive research on the flow instability in heat exchangers. Due to the diversification of energy sources and the introduction of renewable energy sources in district energy systems, the exergoeconomic model of distribution and heat supply was developed. It was implemented for several networks for the optimization of the construction networks and the efficient operation. Large efforts have been invested in research and development of alternative refrigeration and heat pump technologies, especially magneto-caloric and electro-caloric refrigeration. We have developed a new prototype of magnetic refrigerator with the highest temperature range in the world. We have created one of the World's first working prototype of electro-caloric refrigerator that applies thermal diodes, heat switches and innovative structures of electro-caloric materials. We were intensively researching the thermal response of cities with selective and natural building elements with the aim of the reduction of the energy consumption in buildings. These results a basis for the formulation of guidelines on planning of urban areas and cities, adapted to projected climate changes. Extensive research activities were performed on the impact of latent and other cooling loads in buildings on the electric consumption and the thermal comfort in buildings. In this particular case we have taken into account the application of different thermal storage systems, which serve for the compensation of the energy

fluctuations of renewable energy sources. In order to provide the highest quality of research the experimental work has been performed in all studies. Recently, we have performed extensive studies on the effects of dynamic built-in flow meters. We also have upgraded and optimized the measuring system for the evaluation of the influence of flow pulsations on the measurement accuracy of the flow meter. The improvement of already accredited capabilities for gas flow measurements with the moving piston has been performed.

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

Programska skupina izvaja raziskave prenosa toplote in snovi kot podlago raziskavam in razvoju sistemov za učinkovito energetske oskrbe in rabo energije v sistemih ogrevanja, hlajenja in klimatizacije ter procesne tehnike z močno podporo meritev, kot osnovo eksperimentalnim raziskavam.

V **Laboratoriju za hlajenje in daljinsko energetiko LAHDE** smo razvili numerični model za optimiziranje delovanja aktivnega magnetnega regeneratorskega (AMR), kot ključnega elementa magnetnega hladilnika. Razvili smo testno napravo za meritve delovanja AMR. Skozi obsežne meritve smo preverili numerični model. Numerično in eksperimentalno smo raziskali in optimizirali številne strukture AMR. Dosegli smo največji temperaturni razpon v svetu pri danih pogojih delovanja. Rezultate smo implementirali v novi prototip magnetnega hladilnika. Razvili smo več postopkov procesiranja AMR. V zadnjem obdobju smo ugotovili prednosti elektrokaličnega hlajenja in razvili ter testirali konceptualno napravo. Na področju daljinske energetike smo raziskovali trigeneracijske sisteme, s poudarkom na distribuciji toplote in hladu. Razvili smo eksergoekonomski model za optimizacijo delovanja in optimalno izgradnjo sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja. Izvedli smo obsežno analizo za pospešeno izrabo geotermalne energije v Pomurju.

Rezultati **Laboratorija za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo LOSK** obsegajo systemske raziskave predvsem za zmanjšanje rabe energije v stavbah, povečanje energijske učinkovitosti in razvoj novih tehnologij na področju energetske oskrbe. Razvita je bila inovativna metoda določanja stopinjskih dni. Izdelali smo empirični model toplotnega odziva gradnikov urbanega okolja, ter generirali korigirana testna referenčna leta za parametrizirano urbano okolje. Razvili smo gradnike ovoja stavb za naravno ogrevanje in hlajenje, namenjene vgradnji v lahke gradbene konstrukcije. Pripravili smo Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES) in pripadajočo tehnično smernico, ki prenašata EU direktive (EPBD) v slovensko zakonodajo. Zasnovovali smo nov sistem za lokalno prezračevanje. Razvili smo poenostavljeno metodo vrednotenja za energetske učinkovitost v enodružinskih hišah. Izdelali in testirali smo sistem » prostega hlajenja« s PCM snovjo. Izdelali smo več parametrično računalniško simulacijo za prometno in požarno varnost v cestnih in železniških predorih.

Laboratorij LOTZ se je od ustanovitve leta 2011 posvečal raziskavam prenosa toplote in snovi v stavbah z nizko eksergijskimi sistemi za aktivno naravno ogrevanje in hlajenje z obnovljivimi viri energije ter razvoju in modeliranju sistemov za energetske samooskrbo stavb, grajenih po standardu NZEB. Izdelani so bili parametrični modeli toplotnega odziva zaključenih enot grajenega okolja z gradniki za zmanjševanje učinka uličnih toplotnih kanjonov. Razvit in eksperimentalno verificiran je bil model nestacionarnega prenosa toplote in snovi v lahkih gradbenih elementih ovoja stavb ter modeli za vrednotenje toplotno aktiviranih gradbenih konstrukcij na osnovi sinergijskega učinka prezračevalnih sistemov. Razvit je bil model fiziološkega odziva uporabnikov stavb glede na parametre toplotnega okolja in kakovost zraka ter algoritem za vremensko pogojeno delovanje sistemov aktivnega naravnega ogrevanja in hlajenja stavb. Izvedena je bila eksperimentalna analiza nove bionične fasade iz fotovoltaične celice ter hlapilne matrike.

V **Laboratoriju za meritve v procesnem strojništvu LMPS** je bila nadgrajena metodologija digitalne obdelave signalov za določitev vpliva pulzirajočih tokov na merjenje toka tekočine z dušilnimi metodami. Pomemben rezultat raziskav predstavlja določitev primernosti hidravličnega

Wheatstonovega mostiča za linearizirane merilne naprave pri direktnem merjenju masnega pretoka pulzirajočega toka tekočin. Zaključili smo razvoj membranskega generatorja tokovnih pulzacij vode. Realizirali in akreditirali smo merilni sistem za merjenje pretokov različnih plinov. Evalvacija sistema je bila opravljena s strani Slovenske akreditacije. Izvedli smo dve medlaboratorijski primerjavi s tujimi nacionalnimi inštituti CMI (CZ) ter INRIM (Ita), ki sta potrdili akreditirane zmogljivosti majhnih pretokov plinov našega laboratorija. Izvedena je bila tudi podrobna numerična študija vgradnih vplivov za Coriolisov merilnik pretoka z ravno merilno cevjo. Razvijamo in raziskujemo inovativni termični merilnik masnega toka plina.

V **Laboratoriju za toplotno tehniko LTT** so potekale raziskave in razvoj naprednih senzorskih sistemov za spremljanje hitrih pojavov prenosa toplote in snovi na mikro skali. Poseben poudarek je bil na procesu vrenja kapljev. Preučevali smo rast izoliranega mehurčka in koalescence med rastočimi mehurčki različnih dimenzij pri mehurčkastem vrenju vode. Dokazali smo asimetrične interakcije med aktivnimi nukleacijskimi mesti s posebnim poudarkom na koalescenci in da prenos toplote poteka preko celotne kontaktne površine mehurčka z grelnikom. Razvili smo merilni sistem za spremljanje temperatur na submikronski skali, pri nestacionarnem prenosu toplote ob visoki krajevni in časovni ločljivosti v prostoru. S pomočjo lastno razvitega sistema smo spremljali in analizirali delovanje strelnega orožja in sodelovali pri testih zaščitne opreme za Ministrstvo za obrambo in Slovensko vojsko.

V zadnjem obdobju raziskovalnega leta 2014 smo poleg rednih, v programu že prej napovedanih raziskav izvedli še dodatne raziskovalne aktivnosti, ki so se pokazale kot nujne za doseganje še večje znanstven odličnosti in boljše uporabnosti naši rezultatov.

Razvili smo numerične module za učinkovite dinamične simulacije energetskih naprav. To nam omogoča optimalno izbiro in vodenje njihovih komponent ter parametrov delovanja. S tem uporabnikom ponujamo univerzalna orodja, ki jih bo možno z manjšimi prilagoditvami aplicirati za različne uporabnike.

Do uporabniškega nivoja smo razvili in na podlagi večletnih meritev preverili pravilnost delovanja računalniški program za identifikacijo dodatnih možnih prihrankov energije na obstoječih klimatskih sistemih. Uporabnikom je tako na voljo orodje za analizo možnosti zmanjšanja rabe energije glede na konfiguracijo klimatskega sistema, geografsko lokacijo ter glede na druge vplivne parametre.

Razširjen je bil tudi obseg raziskav na področju razvoja algoritmov vremenskega uravnavanja delovanja sistemov aktivnega naravnega ogrevanja in hlajenja stavb z vključevanjem ozelenjenih gradnikov stavb, kjer je bil dodatno razvit dinamični model zadrževanja padavinske vode v elementih z ozelenjenimi gradniki.

Na merilnem področju smo prvotno načrtovano vsebino raziskav nadgradili z numeričnim modeliranjem in razvojem Coriolisovega merilnika masnega toka, ki ima kratko enojno pretočno merilno cev. Ta je sedaj namenjena eksperimentalni validaciji vpliva tokovnih pretočnih motenj na spremembo merilne občutljivosti na novo razvitega merilnika.

V okviru razvoja mikrokanalnih prenosnikov toplote z izboljšano toplotno karakteristiko pri vrenju smo k načrtovanemu delu dodali še eksperimentalno določitev vpliva efekta samooomčljivosti fluida pri vrenju. Osredotočili smo se na vpliv pozitivnega temperaturnega gradienta površinske napetosti vrele kapljevine na izboljššan prenos toplote pri vrenju v mikrokanalih.

Pri raziskavah smo v programski skupini sodelovali s tujimi partnerji: DTU – Risoe, Kobe University, HEIG VD (CH), IFW Dresden, Imperial College, Cardiff University, Brunel University (UK), Politecnico di Torino (Ita), Universidade do Porto (Port.), Universite de Liege (B), kar je vidno tudi iz nekaterih skupnih objav. Pri implementaciji rezultatov smo sodelovali s številnimi domačimi podjetji in tudi s podjetji iz tujine, npr. BASF, SAMSUNG, Vacuumschmelze, PARKERHannifin.

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

SLO

Programska skupina je tako po obsegu dela, kot po kakovosti zagotovo dosegla in v nekaterih pogledih bistveno preseгла zastavljene cilje. Pomemben dosežek programske skupine je prav gotovo ohranjanje oz. tudi povečanje širine raziskav tako v smislu znanstvenih prispevkov v svetovno zakladnico znanja in tudi številnih prenosov znanj v slovensko gospodarstvo. Napovedane raziskovalne hipoteze so bile z veliko zanesljivostjo potrjene, kar kaže na raziskovalno zrelost programske skupine.

V **LAHDE** smo s pomočjo razvoja kompleksnega eksergoekonomskega modela realizirali ves obseg raziskav razvoja daljinskih sistemov ogrevanja in hlajenja in trigeneracijskih sistemov. Z razvojem inovativnih tehnologij magnetnega hlajenja smo v celoti realizirali zastavljeni program. V zadnjem obdobju izvedene raziskave na področju elektrokaličnega učinka in raziskave ter razvoj hibridnih solarnih modulov močno presegajo zastavljeni program dela.

LOSK je napovedane systemske raziskave zmanjševanja rabe energije v stavbah in povečanje energetske učinkovitosti ogrevanja in hlajenja izvedel v širokem spektru različnih pristopov. V ta namen so bili razviti modeli in orodja za boljšo odzivnost ogrevalno/hladilnega sistema na stanje okolice, kot na primer inovativna metoda stopinjskih dni. Potekale so napovedane raziskave in bili doseženi pomembni rezultati raziskav izboljšanja kakovosti prezračevanja ob hkratnem zmanjšanju rabe energije.

LOTZ je po ustanovitvi dosegel oz. presegl napovedane rezultate z raziskavami in uporabnim razvojem nizko eksergijskih sistemov za izkoriščanje obnovljivih virov energije za ogrevanje in hlajenje stavb ter orodij za njihovo vrednotenje. Raziskave usmerjene v zmanjševanje rabe energije v stavbah so vključevale tudi raziskave učinka ozelenjenega ovoja stavbe na teoretičnem in aplikativnem nivoju.

LMPS je uspešno zaključil napovedane raziskovalne aktivnosti vpliva vgradnih pogojev merilnika pretoka na metrološke lastnosti in razvojno raziskovalno delo membranskega generatorja tokovnih pulzacij vode. Z raziskavami in razvojem inovativnega termičnega merilnika masnega toka plina pa napovedani program dela bistveno presega.

Obsežen razvoj merilnega sistema za spremljanje hitrih dogajanj pri prenosu toplote in snovi v **LTT** je v fazi končnih testiranj oz. deloma v končni uporabi, kar dokazuje uspešno realizacijo napovedanih raziskav v zadnjem obdobju. Drugi vzporedni rezultati v tem laboratoriju kažejo na dodaten uspeh tudi na tem temeljnem področju raziskav prenosa toplote in snovi.

Z bogatimi rezultati raziskav programske skupine, visoko kakovostnimi objavami in drugimi rezultati, ki so količinsko ovrednoteni v drugem delu poročila in še posebej s širino in kakovostjo programske skupine, ki je dokazano odprta v svet, potrjujemo zelo uspešno delovanje v minulem obdobju. Močno je bil presežen napovedani obseg dela na visoki kakovostni ravni in odprte dodatne aktivnosti, ki jih nismo načrtovali ob prijavi programa pred 5 leti. Tudi povečani obseg dela v letu 2014 smo realizirali v celoti in kakovostno.

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

SLO

V omenjenem obdobju ni prišlo do sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek

1.	COBISS ID	11903003	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Prenos toplote in snovi v vlaknasti toplotni izolaciji s tesnimi robnimi površinami in dinamično mejno temperaturo
		ANG	Heat and moisture transfer in fibrous thermal insulation with tight boundaries and a dynamical boundary temperature
	Opis	SLO	Lahki gradbeni elementi so v gradbenem sektorju zelo razširjeni. Sestavljeni so iz vlaknaste toplotne izolacije, ki je nameščena med dve jekleni pločevini. V določenih pogojih se lahko v toplotni izolaciji pojavi vlaga. Ker se temperatura na površinah dinamično spreminja zaradi meteoroloških razmer, poteka med površinami sočasni prenos toplote in snovi. V članku je predstavljen model nestacionarnega prenosa toplote in snovi, ki vključuje procesa sorpcije in kondenzacije. numerični model upošteva dinamično spreminjanje površinske temperature. Izvedena je bila parametrična analiza ob upoštevanju različnih amplitud spremembe temperature, različnih vlažnosti in različnih debelin sloja izolacije. Ugotovili smo, da lahko relativno majhna količina vlage v izolaciji povzroči veliko povečanje povprečnega toplotnega toka v periodi. Numerični model je bil eksperimentalno validiran.
		ANG	Prefabricated, lightweight building elements are widely used in the building construction sector. Such elements consist of fibrous thermal insulation encapsulated between two metal sheets. Under various circumstances, moisture can appear in the insulation matrix. Since the temperature of the boundary metal sheets changes dynamically with meteorological conditions, heat and mass transfer between boundaries appear in this case. This paper presents a transient model of the heat and mass transfer, including the sorption and condensation processes. A numerical model considers the dynamical changing of the boundary temperatures. A parametric study considering different amplitudes of temperature change, different moisture masses and different thicknesses of the insulation matrix was made. It was found that a relatively small mass of water in the insulation matrix can result in a significantly increased average heat flux during a periodic cycle. The numerical code was verified with experiments, which showed good agreement with the numerics.
	Objavljeno v	Pergamon Press; International journal of heat and mass transfer; 2011; Vol. 54, iss. 19/20; str. 4333-4340; Impact Factor: 2.407; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; A ¹ : 1; WoS: DT, IU, PU; Avtorji / Authors: Leskovšek Uroš, Medved Sašo	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	12294683	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pregled tehnologij za hlajenje v stavbah v povezavi s fazno spremenljivimi snovmi
		ANG	Review of PCM based cooling technologies for buildings
	Opis	SLO	Ena od tehnologij, ki pripomorejo k zmanjševanju rabe energije aplikacij za hlajenje, je shranjevanje hladu v fazno spremenljivih snoveh (FSS). Takšne snovi bi bile primerne za uporabo v stavbah, saj lahko shranijo veliko količino hladu, poleg tega pa fazna sprememba poteka pri konstantni temperaturi, kar zagotavlja ugodje v prostoru. Cilj te raziskave je bila preučitev kako in kje so uporabljene fazno spremenljive snovi v hladilnih sistemih, kako se leti povezani s stavbami, če dejansko zmanjšajo rabo energije, kako se spremenijo temperature v prostoru in če se izboljšajo razmere notranjega okolja. V tem članku so najprej predstavljene snovi, ki so primerne za takšne aplikacije in zelene lastnosti. Sledi pregled sistemov za hlajenje, ki jih lahko razdelimo v štiri skupine: prosto hlajenje, sistemi z enkapsuliranimi fazno spremenljivimi snovmi, klimatski in sorpcijski sistemi

		z vgrajenimi FSS. Vse študije so pokazale, da uporaba FSS pripomore k izboljšanju učinkovitosti stavb, problemi se pa pojavljajo pri prenosu toplote in potrebni količini FSS. To so tudi področja, ki bi jih bilo potrebno v prihodnje podrobneje raziskati.
	ANG	One of the technologies which help to reduce energy consumption is the thermal energy storage for cooling applications where the cold is stored in phase change materials (PCMs). Such materials would be suitable for use in buildings because they can store a large amount of cold and phase change occurs at a constant temperature, thereby increasing thermal comfort. The aim of the study was to investigate how and where PCMs are used in the cooling systems, how are these systems related to buildings, if they provide lower energy consumption, how the indoor temperatures change due to PCMs and if the indoor air conditions improve. In this article are firstly presented materials that are suitable for such applications and desirable properties for use in such applications. A review of cooling systems follows, which are divided into four groups, namely: free cooling applications, encapsulated PCM systems, air-conditioning (AC) systems and sorption cooling systems, both with integrated PCMs. All studies have shown that the use of PCMs helps to improve energy performance of buildings, the problems were encountered in heat transfer and the amount of PCM needed for storage. These topics are also worthy of further research.
	Objavljeno v	Elsevier; Energy and buildings; 2012; Vol. 49; str. 37-49; Impact Factor: 2.679; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.001; A': 1; WoS: FA, ID, IM; Avtorji / Authors: Osterman Eneja, Tyagi V. V., Butala Vincenc, Rahim N. Abdul, Stritih Uroš
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	11935003 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Dinamično delovanje aktivnega magnetnega regenerotorja (AMR): numerična optimizacija kompaktnega AMR
		ANG Dynamic operation of an active magnetic regenerator (AMR)
	Opis	SLO Razvit je bil nov, hiter in fleksibilni, časovnoodvisni, enodimenzijski numerični model za analize delovanja aktivnega magnetnega regenerotorja (AMR). Model je zasnovan na sistemu enačb (za magnetokalorični material in delovni fluid), ki so bile reševane simultano z uporabo programa MATLAB. Model lahko uporabimo za analizo širokega nabora obratovalnih pogojev (masni tok, frekvenca obratovanja, sprememba magnetnega polja), različnih geometrij AMR, različnih magnetokaloričnih materialov in delovnih fluidov. Članek predstavlja optimizacijo AMR geometrije, kjer se AMR sestoji iz nasutih kroglic gadolinija (Gd). Izvedena je bila optimizacija masnega toka in obratovalne frekvence AMR za pet različnih premerov kroglic.
		ANG A new, fast and flexible, time-dependent, one-dimensional numerical model was developed in order to study in detail the operation of an active magnetic regenerator (AMR). The model is based on a coupled system of equations (for the magnetocaloric material and the heat-transfer fluid) that have been solved simultaneously with the software package MATLAB. The model can be employed to analyze a wide range of different operating conditions (mass-flow rate, operating frequency, magnetic field change), different AMR geometries, different magnetocaloric materials and heat-transfer fluids, layered and single-bed AMRs, etc. This paper also presents an optimization of the AMRA news geometry, where the AMR consists of a packed-bed of grains (spheres) of gadolinium (Gd). The optimization of the mass-flow rate and the operating frequency of the AMR were performed by studying five different diameters of Gd spheres.
		Elsevier Science; International journal of refrigeration; 2011; Vol. 34, iss.

	Objavljeno v	6; str. 1507-1517; Impact Factor: 1.817; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; A': 1; WoS: DT, IU; Avtorji / Authors: Tušek Jaka, Kitanovski Andrej, Prebil Ivan, Poredoš Alojz	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	10062363	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Eksperimentalna določitev prehodnih temperatur stene blizu rasti parnih mehurčkov
		ANG	Experimental determination of transient wall temperature distributions close to growing vapor bubbles
	Opis	SLO	Izvedeni so eksperimenti za krajevno časovne temperaturne porazdelitve na tanki Pt foliji pod rastočim mehurčkom pri nasičenem in podhlajenem mehurčkastem vrenju vode pri atmosferskem tlaku. Merjeno je bilo nestacionarno temperaturno polje grelne stene z infrardečo kamero in je bilo sinhronizirano s hitro tekočo video kamero za snemanje gibanja mehurčka. Prikazani so primeri nestacionarne temperaturne porazdelitve stene, gostote toplotnega toka in toplotne prestopnosti pri hitrem ali počasnem mehanizmu odtrganja mehurčka z grelne površine pri nasičenem in podhlajenem mehurčkastem vrenju.
		ANG	Experiments were performed to study the spatio-temporal temperature variation underneath growing bubbles on a thin platinum heating foil in saturated and subcooled nucleate pool boiling of water at atmospheric pressure. The transient wall temperature distributions were recorded with spatial resolution of 40 μ m by a high-speed infrared camera at intervals of 1 ms, synchronised with a high-speed video camera to record bubble motion. Examples are presented of the transient distributions of wall temperature, heat flux and heat transfer coefficient underneath bubbles growing with the fast and slow bubble detachment mechanisms in saturated and subcooled pool boiling. Comments are made on the evidence for and against particular mechanisms of heat transfer.
	Objavljeno v	Springer; 6th international conference on boiling heat transfer; Heat and mass transfer; 2009; Issue 7, Vol. 45; str. 857-866; Impact Factor: 0.786; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.335; WoS: DT, PU; Avtorji / Authors: Golobič Iztok, Petkovšek Jure, Bašelj Matej, Papež Andrej, Kenning D.B.R.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	12775451	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Identifikacija in napoved dinamskih lastnosti uporovnih temperaturnih zaznaval
		ANG	Identification and prediction of the dynamic properties of resistance temperature sensors
	Opis	SLO	Dinamske lastnosti uporovnih temperaturnih merilnih zaznaval lahko opišemo s prenosnima funkcijama za potopno metodo in metodo samosegrevanja, ki se v splošnem razlikujeta. Dinamske lastnosti za potopno metodo je možno napovedati z ustrezno pretvorbo identificiranega modela za metodo samosegrevanja. V razvitem računalniškem programu za identifikacijo prenosne funkcije uporabimo vzbujevalni signal in odziv zaznavala. Program je bil preverjen in nato uporabljen za identifikacijo in napoved dinamskih lastnosti tržno dosegljivega Pt100 zaznavala. Pri tej študiji je bila v laboratorijskem okolju potopna metoda izvedena s skočno spremembo temperature okoliškega zraka, metoda samosegrevanja pa s skočno spremembo napajalne električne moči merilnega zaznavala. Testirano uporovno temperaturno merilno zaznavalo je bilo eksperimentalno preverjeno kot primerno za dinamično testiranje z uporabo metode samosegrevanja.

	ANG	The plunge test method and the self-heating test method represent two experimental techniques for identifying the dynamic properties of temperature sensors. The dynamic behaviour of a resistance temperature sensor can be described using transfer functions, which differ for the two test methods. It is possible to predict the sensor's dynamic properties for the plunge test with a proper transformation of the identified model for the self-heating test. The main contribution of the presented research work is the software, based on virtual instrumentation, developed to identify and predict the dynamic properties of resistance temperature sensors. The excitation signal and the sensor's response are utilized to identify its transfer function. The number of parameters for the approximation model is determined as a result of an optimization problem. The software was validated and then applied to identify and predict the dynamic properties of a commercial-grade Pt100 sensor. In this case study, the plunge test and the self-heating test were performed with a step change of the surrounding temperature and the supplied electrical power, respectively, under laboratory conditions. The relative difference between the predicted and the identified sensor's time constants for the plunge test equals -7.4%, which is within the acceptance interval of +/-10%. The tested resistance temperature sensor was therefore experimentally validated as being suitable for dynamic testing using the self-heating method.
Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Sensors and actuators. A, Physical; 2013; Vol. 197; str. 69-75; Impact Factor: 1.943; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.432; A': 1; WoS: IQ, OA; Avtorji / Authors: Rupnik Klemen, Kutin Jože, Bajsič Ivan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	272851712 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Gradbena fizika II
		ANG Building physics II
	Opis	SLO Knjiga Gradbena fizika opisuje in razlaga fizikalne pojave in aplikacije, ki so povezane s prenosom toplote in rabo energije v stavbah, prenosom vode in vodne pare, osvetlitvijo stavb, prenosom zvoka in zaščito pred hrupom, nastankom in širjenjem požarov v stavbah ter toplotnim odzivom mestnega okolja. Ustrezno znanje na področju gradbene fizike je postalo nepogrešljivo pri zasnovi, načrtovanju in gradnji stavb in njihovem umeščanju v okolje. Zato predstavlja gradbena fizika eno izmed osnovnih znanj ne le študentov arhitekture, temveč tudi inženirjev tehničnih ved. Vsebinsko se monografija Gradbena fizika navezuje na memorandum, ki ga je pripravila »Skupina profesorjev gradbene fizike na evropskih univerzah« v kateri sodeluje tudi avtor. Knjiga obsega 328 strani v formatu A4.
		ANG A book Building physics describes and explains physical phenomena and applications that are related to heat transfer and energy consumption in buildings, transfer of water and water vapor, building lighting, sound transmission and noise protection, establishment and spread of fires in buildings and thermal response of the urban environment. Adequate knowledge in field of building physics has become an essential tool in the design, planning and construction of buildings and their placement in the environment. Therefore, a building physics represents one of the basic skills not only to students of architecture, but also engineers. The content of the monograph Building physics is related to the memorandum prepared

			by the "group of building physics professors at European universities" which member is also author of this book. Book comprises 328 pages of A4 format.
	Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	Fakulteta za arhitekturo; 2014; 328 str.; Avtorji / Authors: Medved Sašo	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
2.	COBISS ID	11324699	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pregled klimatskih sistemov v okviru dovoljene rabe električne energije in možnih prihrankih
		ANG	Inspection of air-conditioning systems in the context of allowed electrical energy usage and potential savings
	Opis	SLO	Klimatizacija stavb postaja nuja; še posebej hlajenje postaja vse bolj pomembno. Na podlagi slovenske uredbe je bila izdelana analiza desetih AC sistemov v izbranih objektih v Sloveniji. Določena so bile letne energije za ogrevanje in hlajenje. Prispevek vključuje možnosti energetske prihrankov (Energy Conservation Opportunities – ECO) v analiziranih stavb. Pokazali smo, da lahko dosežemo prihranek električne energije tudi do 50%.
		ANG	Air conditioning of buildings became a need; especially cooling is becoming more and more important. On the basis of Slovenian regulation ten selected buildings and AC systems in Slovenia have been analyzed. Annual energy for heating and cooling has been determined. The contribution includes Energy Conservation Opportunities (ECO) for analyzed buildings. We have shown that savings of electrical energy even till 50 % can be reached.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	[Federation of European Heating and Airconditioning Associations]; REHVA journal; 2010; Vol. 47, iss. 1; str. 33-36; Avtorji / Authors: Stritih Uroš, Prek Matjaž, Butala Vincenc	
	Tipologija	1.04 Strokovni članek	
3.	COBISS ID	12107291	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Rast mehurčka in horizontalna koalescenca pri nasičenem vrenju na titanovi foliji raziskovano s hitrotekočo IR termografijo.
		ANG	Bubble growth and horizontal coalescence in saturated pool boiling on a titanium foil, investigated by high-speed IR thermography
	Opis	SLO	Raziskave rasti posameznega mehurčka ter horizontalnih koalescenc med mehurčki različnih velikosti smo izvedli pri nukleacijskem vrenju vode v bazenu na vodoravni, električno greti titanovi foliji debeline 25 µm. Temperaturo površine na zadnji strani folije smo merili s hitrotekočo IR kamero, ki je bila sinhronizirana s hitrotekočo video kamero za spremljanje gibanja mehurčkov. V primerjavi s poprejšnjimi meritvami temperature po principu tekočih kristalov sta bili krajevna in časovna ločljivost izboljšani na 40 µm oziroma 1ms, kar je vodilo k izboljšanim določitvam trenutnih porazdelitev gostote toplotnega toka. Opaž eni so bili kompleksni procesi, ki nasprotujejo drugim dognanjem in predpostavkam za modeliranje mehanizmov prenosa toplote preko kontaktne površine grelnika z mehurčki in pri medsebojnih vplivih med mehurčki. Prenos toplote je potekal preko celotne kontaktne površine mehurčka z grelnikom in ni bil omejen le na področje trojnega stika stene, okoliške kapljevine in pare v mehurčku. Dokazane so bile asimetrične interakcije med mehurčki pred koalescenco. Predpostavili smo, da je hitro rastoči mehurček potisnil pregreto kapljevino pod počasi rastoči mehurček. Stik pregrete kapljevine s površino grelnika, ki je bila predhodno ohlajena zaradi rasti mehurčka, je povzročil lokalno

		znižanje gostote toplotnega toka. V času trajanja koalescence so premiki kapljevine pod obema mehurčkoma povzročili nadaljnje spremembe v lokalni gostoti toplotnega toka, ki so bile prav tako odvisne od predhodne ohlaiditve grelnika. Krčenje kontaktne površine je sprožilo zmanjšanje lokalne gostote toplotnega toka ob robu kontaktne površine, pri čemer ni bilo dokazov o povečanju lokalne gostote toplotnega toka pri odcepitvi mehurčka. Vrenje na zelo tankih folijah poteka pri specifičnih pogojih. Pri postavljanju hipotez in interpretaciji opažanj pri drugačnih pogojih je potrebno upoštevati občutljivost na predhodni toplotni potek v grelni steni.
	ANG	Growth of an isolated bubble and horizontal coalescence events between bubbles of dissimilar size were examined during pool nucleate boiling of water on a horizontal, electrically-heated titanium foil 25 μm thick. Wall temperature measurements on the back of the foil by high-speed IR camera, synchronized with high-speed video camera recordings of the bubble motion, improved the temporal and spatial resolution of previous observations by high-speed liquid crystal thermography to 1 ms and 40 μm , respectively, leading to better detailed maps of the transient distributions of wall heat flux. The observations revealed complex behaviour that disagreed with some other observations and current modelling assumptions for the mechanisms of heat transfer over the wall contact areas of bubbles and interactions between bubbles. Heat transfer occurred from the entire contact area and was not confined to a narrow peripheral triple-contact zone. There was evidence of an asymmetrical interaction between bubbles before coalescence. It was hypothesised that a fast-growing bubble pushed superheated liquid under a slow-growing bubble. Contact of this liquid with regions of the wall that had been pre-cooled during bubble growth caused local reductions in the wall heat flux. During coalescence, movement of liquid under both bubbles caused further changes in the wall heat flux that also depended on pre-cooling. Contraction of the contact area caused a peripheral reduction in the heat flux and there was no evidence of a large increase in heat flux during detachment. Boiling on very thin foils imposes special conditions. Sensitivity to the thermal history of the wall must be taken into account when applying the observations and hypotheses to other conditions.
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	Pergamon Press; International journal of heat and mass transfer; 2012; Vol. 55, iss. 4; str. 1385-1402; Impact Factor: 2.315; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.171; A': 1; WoS: DT, IU, PU; Avtorji / Authors: Golobič Iztok, Petkovšek Jure, Kenning D.B.R.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	13102363 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Metoda za elektrokalično pretvorbo energij
		ANG Method for electrocaloric energy conversion
	Opis	SLO To invencijo smo razvili na podlagi znanja in izkušenj, pridobljenih na področju magnetnega hlajenja. Ta invencija se nanaša na področje elektrokalične pretvorbe energij oziroma se nanaša na izboljšave sistemov in metod, ki uporabljajo elektrokalične materiale kot vir za spremembo temperature pri elektrokaličnih hladilnih procesih. V invenciji so predstavljene aplikacije elektrokaličnih materialov v kombinaciji z delovno tekočino, ki je v stiku z virom in ponorom toplote. S pomočjo invencije ščitimo ideje, ki imajo ogromen potencial za bodoči razvoj in tržne aplikacije elektrokaličnih naprav, kot so hladilniki, toplotne črpalke, ali celo generatorji energije. Tovrstnih rešitev še ni zaslediti niti v okviru intelektualne lastnine ali objav. Zato bo zaščita omogočila tudi uspešnejše pridobivanje industrijskih partnerjev ter konkretnega razvoja v smeri tržnih aplikacij. Te pa zadevajo trg, ki je večji od 100 milijard USD.

		ANG	The present invention lies in the field of electrocaloric energy conversion. More specifically, the present invention relates to improvements in systems and methods which employ electrocaloric materials as a source of temperature variation in electrocaloric refrigeration processes. Even more specifically, the present invention relates to the application of electrocaloric materials in combination with a working fluid communicating with a heat source and a heat sink in counter flow.
	Šifra	F.32	Mednarodni patent
	Objavljeno v	European Patent Office; 2013; 23 f., 7 f. pril.; Avtorji / Authors: Tomc Urban, Kitanovski Andrej, Ožbolt Marko, Plaznik Uroš, Flisar Uroš, Tušek Jaka, Poredoš Alojz, Malič Barbara, Uršič Hana, Drnovšek Silvo, Cilenshek Jena, Kutnjak Zdravko, Rožič Brigita	
	Tipologija	2.23	Patentna prijava
5.	COBISS ID	13382683	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Termični merilnik masnega toka in metoda za identifikacijo vrste plina
		ANG	Thermal mass flow meter and the gas-identification method
	Opis	SLO	Predmet izuma je inovativni termični merilnik masnega toka, ki sestoji iz najmanj dveh termičnih zaznaval pretoka z različnimi konstrukcijskimi parametri in/ali parametri delovanja, in merilna metoda za identifikacijo vrste plina. Termični merilnik se uporablja za merjenje masnega toka različnih vrst plinov in za izvedbo merilne metode za identifikacijo vrste plina. Če sta uporabljeni merilni značilnici za ustrezen plin, bosta s termičnima zaznavalom izmerjena masna tokova enaka. Nasprotno, če sta uporabljeni merilni značilnici za neustrezen plin, se bosta izmerjena masna tokova razlikovala. Termični merilnik se lahko uporabi skupaj s krmilnim ventilom in nadzorno elektroniko, s čimer tvori termični krmilnik masnega toka.
		ANG	The subject of the invention is a thermal mass flow meter comprising at least two thermal flow sensors with different constructional and/or operational parameters, and a gasidentification method. The thermal mass flow meter is used to measure the mass flow rate of different types of gases and to perform the gasidentification method. If the measurement characteristics for the proper gas are employed, the mass flow readings of the thermal flow sensors will be equal. In contrast, if the measurement characteristics for an improper gas are employed, the mass flow readings will differ. The thermal mass flow meter can be used together with control valve and control electronics to form a thermal mass flow controller.
	Šifra	F.33	Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino; 2013; 14, 9 str.; Avtorji / Authors: Rupnik Klemen, Kutin Jože, Bajsič Ivan	
	Tipologija	2.23	Patentna prijava

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V programski skupini smo se ves čas raziskav v minulem obdobju močno zavedali, da področje
--

učinkovite rabe energije, ekologije in optimizacije energetskih procesov postajajo vse bolj osnovnega pomena za trajnostni razvoj svetovnega gospodarstva. Raziskave na strateških področjih, kamor spada tudi oskrba človeštva s temeljnimi dobrinami, pomembnimi za normalno bivanje in uspešno delo so v svetu velikega pomena. Med temeljne dobrine uvrščamo tudi varnost in zanesljivo oskrbo z energijo, ki je direktno pogojena z njeno rabo, učinkovito rabo energije, varovanje okolja, oskrbo s hrano, itd. Zato je učinkovita raba energije v povezavi z ekološko ustreznimi procesi in napravami v ospredju vsakega nacionalnega programa razvitih držav in s tem imajo ustrezno mesto v raziskovalnih programih.

Posebno pozornost smo posvetili raziskavam in posledično razvoju novih hladilnih, grelnih in procesnih tehnologij, ki delujejo z naravnimi delovnimi substancami in so lahko gnane tudi z odpadnimi toplotami v okviru trigeneracijskih sistemov in se z njim svetu ukvarja čedalje več strokovnjakov. Še posebej na področju magnetnega hlajenja, so praktično vsi uspešni rezultati raziskav učinkovitosti aktivnih magnetnih regenerativnih izjemnega pomena za razvoj znanosti na področju prenosa toplote in snovi v magnetnem polju, ker so se tovrstne raziskave začele šele pred nekaj leti in je baza znanja relativno skromna. Poleg ostalega lahko eksplicitno izpostavimo naš prispevek k razvoju znanosti v minulem obdobju:

- s popisom prenosa toplote in snovi v magnetnem in električnem polju;
- z razvitim modelom analitičnega popisa nestacionarnega temperaturnega polja ob spremenljivi temperaturi okolice in konvektivnega robnega pogoja v 3D enostavnih geometrijskih telesih s pomočjo Greenovih funkcij;
- z razvitim eksergo ekonomskega modela optimizacije sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja
- z rezultati raziskav, razvojem in implementacijo toplotnih diod in stikal;
- z razvojem nove metode za izračun temperaturnega presežka, korelacije med kakovostjo notranjega okolja in optimalno rabo energije;
- z razvojem naprednih tehnologij hranilnikov toplote s fazno spremenljivimi snovmi ter z njihovo optimizacijo in avtomatizacijo;
- z rezultati raziskav in razvojem merilnih sistemov za raziskave vplivov pulzirajočih tokov enofaznih tekočin;
- z rezultati raziskav in razvojem naprednega merilnega sistema za nestacionarno temperaturno 3D polje v submikronskem območju;
- z rezultati raziskav in razvojem več parametričnih modelov toplotnega odziva gradnikov mest s funkcijo blaženja mikro klimatskih razmer.

Glede na številne mednarodne povezave in sodelovanje v številnih mednarodnih projektih praktično vseh članov programske skupine, smo prepričani, da imajo opisane raziskave širok pomen za razvoj znanosti v svetu. Glede na rezultate dosedanjega dela, (izvedeni projekti, objavljeni znanstveni članki, udeležba na mednarodnih konferencah, citati, ...), smo prav tako prepričani, da dajemo in bomo še dajali pomemben prispevek v svetovno zakladnico znanja in iz nje tudi črpamo za dobrobit slovenskega procesnega in energetskega gospodarstva. Svetovna strokovna javnost nas enakovredno sprejema, saj so naši rezultati raziskav glede na naše posebne pogoje specifični in imajo zato pomembno vlogo v svetovni zakladnici znanja.

ANG

In the Programme group we were aware that domains of energy efficiency, ecology and the optimization of energy processes represent an important basis for the sustainable development of the World's economy. Therefore all the work of the Programme group ran in accordance with these values. The R&D in strategic areas, such is the supply of mankind with the basic goods, and which are important for living and successful work, is very important. Among the basic values we also consider the safety and reliable supply of energy, which is directly related to the efficient utilization of energy, environmental protection, food supply, etc. Therefore the energy efficiency, together with environmentally friendly processes and devices, represent one of important pillars of the national research programme in developed countries. A special attention was given to research and consequently development of new refrigeration, cooling, heating and process technologies, which operate with natural working substances, and which can be driven also with waste heat in trigeneration systems. Especially in the field of magnetocaloric and electrocaloric refrigeration and heat pumping, the research on efficient active regeneration and

advanced heat transfer and thermodynamic cycles represent an important contribution to science. Namely, these two technologies are emerging, and the knowledge in the above mentioned domains is rather weak. Below we summarize our contribution to science in the recent past years:

- modelling and experiments of heat and mass transfer in magnetic and electric field,
- developed analytical model for transient temperature field, variable temperature of environment and convective boundary condition in simple 3D geometric bodies with the help of Green functions,
- developed exergoeconomic model for optimization of district heating and cooling systems,
- results of research, development and implementation of thermal diodes and heat switches,
- development of new methodology for calculation of temperature excess, correlation between quality of internal environment and optimal energy consumption,
- development of advanced energy storage technologies with phase change materials, their optimization and automation,
- results of research and development of advanced measuring system for 3D unsteady temperature field in submicron area,
- results of the research and development of several parametric models of thermal response of blocks with damping function of micro-climatic conditions.

All the members of our Programme group have numerous international relations and international collaboration on various projects. We are confident that described research activities have a broad importance for World's science. Results of our previous work (implemented projects, published scientific papers, participation on international conferences, citations ...), as well as the future work, represent an important contribution to the World's knowledge treasury. This serves us also to support the welfare of the process and energy economy in Slovenia. Because of our scientific contribution and the research results we are well established and accepted by the World's scientific community in different domains.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Usmerjenost programske skupine je ves čas predvsem v doseganje strateških ciljev razvoja inovativnega na znanju temelječega gospodarstva, ki pretvarja in rabi energijo z manjšimi emisijami CO₂ in tako prispeva k večji konkurenčnosti in trajnostnemu razvoju Slovenije. Zanesljiva in kakovostna energijska oskrba ter učinkovita raba energije procesnih sistemov mora biti osredotočena na sonaravni razvoj. S pomočjo razvoja novih inovativnih tehnologij energetske in procesne tehnike ter z uveljavitvijo okolja kot omejitvenega in spodbujevalnega dejavnika razvoja lahko zasledujemo cilje v luči zmanjšanja nastajanja trdnih, kapljevityh in plinastih odpadkov pri izvoru, ter s tem zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ozonu nevarnih snovi in izboljšanje stanja vodnega bogastva ter ohranjanja biotske raznovrstnosti. Zaradi družbeno-ekonomske in tudi kulturne povezanosti z evropskim prostorom ter zaradi prilagajanja evropski zakonodaji v Sloveniji, se mora Slovenija tudi na področju oskrbe in učinkovite rabe energije prilagajati evropskim zavezam. Doseženi rezultati našega raziskovalnega programa na tem področju imajo še poseben pomen in sovpadajo s smernicami znanstvenega in tehnološkega razvoja Evropske unije na področju procesnega strojništva in energetike.

Razviti magnetni hladilnik lahko pomeni tehnološki preboj Slovenije med nekaj najbolj razvitih držav v svetu. Učinkoviti sistemi ogrevanja in hlajenja, vključujoč daljinsko ogrevanje in hlajenje tudi na osnovi trigeneracije imajo vsekakor pomembne učinke predvsem na ekonomski razvoj Slovenije. Smotrno načrtovanje, gradnja in vzdrževanje predorov, ima izjemno pomemben prispevek k prometni varnosti. Trajnostni razvoj notranjega okolja stavb je prav tako ekonomskega in družbenega pomena za vsako razvito državo ter pomemben prispevek k zmanjševanju absentizma in povečanju delavne učinkovitosti. Naši rezultati raziskav so pomembni in uporabni na vseh naštetih področjih.

Tržna vrednost sodobne merilne opreme je zaradi specifičnih metroloških posebnosti draga in nam velikokrat nedosegljiva. Razviti lastni algoritmi za dodatno izboljšanje in identifikacijo metroloških značilnosti procesne merilne opreme posebej v kontekstu s celovitim obvladovanjem kakovosti izdelovalnega procesa pa imajo pri tem poseben ekonomski pomen.

Sodelovanja z Evropskimi in svetovnimi raziskovalnimi organizacijami v okviru programa je bilo široko in intenzivno ter je doprineslo k večjemu prenosu pridobljenih znanj in aplikaciji v slovenskih podjetjih, s katerimi sodelujemo člani programske skupine. Zato so rezultati naših raziskav pomembni za splošen tehnološki razvoj slovenskega gospodarstva.

Večina rezultatov dobljenih na osnovi dela na predvidenem programu je bila že uporabljena ali pa bo uporabna v kratkem ali srednjeročnem obdobju. Te lahko slovenska industrija uporablja za širitev svoje proizvodnje ali za posodobitev izdelkov in tehnologij, ki bodo konkurenčni tudi v mednarodnem prostoru.

Skupina je ves čas raziskav v inženirsko prakso prenašala sodobne metode vrednotenja energijske učinkovitosti stavb in presojo notranjega okolja. Intenzivno smo sodelovali z Družbo za Državne Ceste (DARS), Državno Družbo za Ceste (DDC) industrijo, kot n. pr. Hidria, Kolektor, Gorenje, KIV Vransko ter posameznimi inštituti, ki raziskujejo navedeno problematiko. V inženirsko prakso smo vnašali sodobne metode za doseganje kakovostnejšega notranjega okolja v stavbah, spremljanje in analizo dogajanj v avtocestnih in železniških predorih, itd. Posebno pozornost smo posvetili razvoju področja metrologije tokov v Sloveniji (npr. postavitve metrološko definiranih merilnih preizkuševališč) in vzgoji kadrov za razvoj stroke na področju metrologije procesnih veličin (podiplomski, dodiplomski študij, učne delavnice za industrijo).

ANG

The research focus of the Programme group has been all the time directed to achievement of the strategic goals of innovative knowledge-based economy, which transforms and utilizes energy with reduced CO2 emissions and contributed to a better competitiveness and sustainable development of Slovenia. The reliable, high quality energy supply and the efficient energy use of process systems has to be focused on sustainable development. With the R&D of new innovative energy and process technologies, and enforcement of environmental protection regulations, we can achieve reduction of gaseous, liquid and solid waste, greenhouse gas potential, ozone depleting substances, as well as the water pollution, we can keep and improve the biodiversity.

Within the scope of socio-economic and cultural connections with European countries, as well as the adaptation of the Slovenian regulation with the European one, we have to act also in the field of energy supply and the efficient energy use. Programme of our research group was designed and it is closely following or leading the European scientific and technological development. Achieved results of our programme group have a special importance and coincide with the guidelines of scientific and technological development of the European Union in the field of process and energy engineering.

Developed magnetic and electrocaloric refrigeration technology can represent a major global breakthrough for Slovenia's industry. Efficient heating and cooling systems and devices have important effects, especially for economic development of Slovenia. Reasonable planning, building and maintenance of tunnels contribute significantly to the traffic safety. Sustainable development of internal environment of buildings is also economically and socially important for every developed country and significantly contributes to increase of the work effectiveness. Our research results are important and useful in all these areas.

Market value of contemporary measuring equipment is due to specific metrological requirements very expensive and many times unavailable. Developed algorithms for additional improvements and identification of metrological characteristics of process measuring equipment, especially in the context of qualitative production process, have a special economic significance.

The collaboration of our group with European and World's leading research institutes within the scope of the programme contributed an important knowledge and technology transfer to the Slovenian industry. This is why research of our programme group is important for technological development of Slovenian economy.

Most of the results obtained on the basis of the work in programme have been or will be applied

in practice in the near to medium term. These results serve to Slovenian industry for upgrade or improvement of existing production technologies and products toward the global competitiveness.

The Programme Group is constantly transferring knowledge on modern methods of the energy performance evaluation for buildings and assessment of the internal environment. Group collaborated intensively with DARS – Slovenian company for state roads, DDC – State company for roads, manufacturing industry, such are Hidria, Kolektor, Gorenje, KIV Vransko, and institutes, that deal with the mentioned fields of research. We brought modern methods to achieve higher quality of internal environment in buildings, monitoring and analysis of actions on highway and railway tunnels, etc. Special attention was given to the field of flow metrology in Slovenia (for example: setup of metrologically defined testing facilities) and education of future engineers in the field of metrology of process engineering quantities.

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	137
bolonjski program - II. stopnja	10
univerzitetni (stari) program	98

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
28610	Mitja Mazej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28676	Uroš Leskovšek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23834	Boris Vidrih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31151	Rok Fink	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29624	Jaka Tušek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25462	Marko Thaler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32072	Andrej Ljubenko	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29619	Andrej Svete	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10572	BOŠTJAN PARADIŽ	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32264	Anže Sitar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29305	Samo Venko	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
34414	Klemen Rupnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34654	Jure Vetršek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Jože Torkar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Gregor Guna	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Robert Žerjal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Boštjan Mikec	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

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
28610	Mitja Mazej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28676	Uroš Leskovšek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
23834	Boris Vidrih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
31151	Rok Fink	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29624	Jaka Tušek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
25462	Marko Thaler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
32072	Andrej Ljubenko	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
29619	Andrej Svete	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
34654	Jure Vetršek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
5225	Robert Žerjal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	E - Tujina

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	Pavla Zavaralova	C - študent – doktorand	3
13652	ABDULLATIF ZGALET	B - uveljavljeni raziskovalec	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

Vključevanje v raziskovalne programe EU v obdobju 2009-2014

Prenos izkušenj pri razvoju solarnih termalnih produktov TRANS – SOLAR (prof.dr. S. Medved)

Zmanjšanje porabe goriv in onesnaževanja zraka pri industrijskih kotlih z visoko učinkovitimi grelniki in dinamičnimi ventili INCO COPERNICUS (prof.dr. Vincenc Butala)

Povečanje tržnih aplikacij Solarnih klimatizacijskih sistemov za majhne in srednje velike individualne ter poslovne zgradbe – SOLAIR (prof.dr. S. Medved)

Usklajevanje pregledov pri klimatizaciji in revizija procedur v terciarnem sektorju objektov – HARMONAC (20072010) (prof. dr. Vincenc Butala)

CONCERTO II projekt REMINING Lowex – "Sanacija evropskih področij rudnikov v trajnostno družbo z integracijo oskrbe in povpraševanje, baziranih na konceptih nizke eksergije"(20072011). TREN/07/FP6EN/S07.70839/038639 (prof. dr. Sašo Medved)

IDES EDU EIE/09/631/SI2.558225 – "Magistrski in podiplomski študij ter izobraževanje multidisciplinarnih skupin z implementacijo EPBD " (2010 2013). (prof. dr. Sašo Medved)

COST Action TU0802 – "Nova generacija cenovno sprejemljivih fazno spremenljivih materialov za povečanje energetske učinkovitosti v sistemih obnovljivih virov energije in v zgradbah (NeCoE PCM)", 100009370016 (doc. dr. Ciril Arkar)

IEE10272: Pregled sistemov klimatizacije skozi spremljanjem in primerjalnimi analizami, Akronim: iSERV, Intelligent Energy Europe (prof. dr. Vincenc Butala).

ESRR O70 2/2009 Energyvillab: Mreža virtualnih živih laboratorijev za varčno rabo energije in razvoj obnovljivih virov energije, (doc.dr. Uroš Stritih)

Leonardo da Vinci "Prenos gradbene fizike in CO2 metodologij za optimizacijo kompetence na področju energetske učinkovitosti skozi tri sektorje " LDV TOI 18/12 (2012 2013), (prof. dr. Sašo Medved)

TEMPUS projekt ENERESE – "Energetska učinkovitost, Obnovljivi viri energije in Vplivi na okolje–magistrski študij" (20122015), 530194TEMPUS120121 RSTEMPUSJPCR, (prof. dr. Sašo Medved in doc. dr. Ciril Arkar)

CIP IEE, SDHplus – » Nove poslovne priložnosti za solarno daljinsko ogrevanje in hlajenje« (1.7.2012–30.06.2015), IEE/11/803/SI2.616372 (20122015) (izr.prof.dr. Andrej Kitanovski)

COST: MPN Action MP1106: Pametni in okolju prijazni vmesniki–od mehurčkov in kapljic do industrijskih, okoljskih in biomedicinskih aplikacij, (prof.dr. Iztok Golobič)

ERASMUS OIKONET "Svetovna multidisciplinarna mreža za raziskave bivanja in izobraževanje" (20132016), 539369LLP120131ESERASMUSENW (prof. dr. Sašo Medved)

Vključevanje v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo sodelovanje v obdobju 2009-2014

BI TR/1012001: Mednarodni bilateralni projekt Slovenija – Turčija: Shranjevanje toplote za učinkovito uporabo sončne energije (doc. dr. Uroš Stritih).

BI DK/1112013: Mednarodni bilateralni projekt Slovenija – Danska: Raziskave in razvoj tehnologije magnetokaloričnega ogrevanja, hlajenja (izr.prof.dr. Andrej Kitanovski).

Sodelovanje z nacionalnim meroslovnim inštitutom CMI, Češka postopek akreditiranja področja pretoka plina v laboratoriju LMPS. Bila je izvedena neposredna medlaboratorijska primerjava referenčnih etalonov za pretok plina laboratorija LMPS in CMI. (izr.prof.dr. Ivan Bajsič)

Sodelovanje z nacionalnim meroslovnim inštitutom INRIM, Italija postopek akreditiranja področja pretoka plina v laboratoriju LMPS. Bila je izvedena medlaboratorijska primerjava na področju pretoka plina ter analiza rezultatov v sodelovanju z dr. Spazzinijem, INRIM. (izr.prof.dr. Ivan Bajsič)

Sodelavci raziskovalne skupine LMPS aktivno sodelujejo kot strokovni ocenjevalci akreditiranih

kalibracijskih laboratorijev in kontrolnih organov na področju pretoka in tlaka s hrvaško in izraelsko akreditacijsko službo (HAA in ISRAC). (izr.prof.dr. Ivan Bajsič)

ENOVHEAT “ Učinkovite nove magnetokalorične toplotne črpalke” , Danish Council for Strategic Research, (2013 2017), (izr.prof.dr.Andrej Kitanovski)

Aktivno sodelovanje z Mednarodno agencijo za energijo – program za shranjevanje energije (IEA-ECES), Pariz. Soodločanje in dostop do informacij s področja shranjevanja energije (toplote in električne). (Slovenski delegat doc. Uroš Stritih, namestnik slovenskega delegata prof. dr. Vincenc Butala).

Sodelovanje z evropskim združenjem za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA). Preko odbora za tehnologijo in raziskave sodelujemo pri predlaganju projektov in razvoja novih tehnologij v EU na področju učinkovite rabe energije v stavbah, obnovljivih virov energije, itd. (prof. dr. Vincenc Butala).

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

SLO

prof. dr. Alojz Poredoš

Preverjanje ustreznosti toplotnih črpalk v letih 2012 in 2013, EKO SKLAD, j.s.

Raba energijskega potenciala geotermalne energije v Pomurju, Dravske elektrarne Maribor

Študija možne izvedbe programa uvajanja inovativnih okoljskih tehnologij za skupino HSE, Holding Slovenske elektrarne d.o.o.

Razširjeni energetski pregled UKC Ljubljana – hospital, UKC Ljubljana

Projekt RR3 Adaptivni energijsko učinkoviti aparati in sistemi za dom, Gorenje d.d.

Izvedba celovite meritve ter analize toplotnih izgub v glavnem distribucijskem omrežju daljinskega ogrevanja Šaleške doline, Komunalno podjetje Velenje d.o.o.

izr . prof. dr. Andrej Kitanovski

Razvoj magnetokaloričnega regeneratorskega, Parker Hannifin Europe Sael, Luxemburg

Študija izvedljivosti magnetnega hlajenja, Parker Hiross S.p.a. Padova

Razvoj selektivnega fotonapetostnega toplotnega sprejemnika sončne energije, Hidria IMP Klima d.o.o.

prof. dr. Sašo Medved

Prenos toplote in toplotni odziv zelenih streh Urbanscape, Knauf Insulation

Raziskovalni projekt več stanovanjske stavbe na območju urejanja vs 3/5 Brdo v Ljubljani, Uniarh d.o.o.

Raziskava » Remining Lowex« , Spekter d.o.o.

Projekt » eLIPA« , Hidria Inštitut Klima d.o.o.

Projekt » Adriacold« , Golea – Goriška lokalna energetska agencija

Lokalni energetski koncept Mestne občine Ljubljana, MOL

Razširjeni energetski pregled BPD Ljubljana, UKC Ljubljana

Primerjalna analiza stroškov zamenjave energentov in sistemov za oskrbo stavb s toploto, GIZ DZP

Razvoj programske opreme KI Energija 2014, Knauf Insulation

Razvoj programskega orodja za izračun rabe energije v stavbah Trimo Expert, ZEL EN d.o.o.

izr. prof. dr. Ivan Bajsić

Analiza merilnih sistemov za merjenje puščanja izdelkov za avtomobilsko industrijo, Hidria AET d.o.o.

Kalibracija/validacija merilne opreme za leto 2011, Zavod RS za transfuzijsko medicino

Triletno periodično umerjanje merilnikov temperature in ovrednotenje hladilnih komor

Overjanje merilnikov krvnega tlaka, Zdravstveni dom Ljubljana

Umerjanje merilne opreme, Termoelektrarna Šoštanj d.o.o.

Modeli za Coriolisove merilnike vključujoč dinamiko tekočin, ABB AG, Ladenburg, Nemčija

Evalvacija meril za sledenje pogojem okolice, hladilnih omar za shranjevanje zdravil in hladilnih komor za shranjevanje in transport zdravil, Inštitut za varovanje zdravja RS

Korekcijski faktorji termičnih merilnikov pretoka za različne medicinske pline, Medicop d.o.o.

Umerjanje merilne opreme: manometri, pretvorniki tlaka, termometri, Petrol Tehnologija d.o.o.

prof. dr. Vincenc Butala

Učinkovita raba energije s krmiljenjem odjema, Elektro Ljubljana

Idejna zasnova prezračevanja in požarnega scenarija za dvocevni predor Gorjanci, IBE

Skupna akcija za prenos in izvajanje direktive o energetske učinkovitosti stavb, ZRMK

Dolgoročne projekcije porabe električne energije v Sloveniji, EIMV

Meritve in analiza zračnih tokov v dvorani in na odru kulturne ustanove, SNG Opera in balet Ljubljana

Stanje kotlovnice »Deteljica« z razvodnim omrežjem in priporočenimi energijskimi ukrepi, Domplan d.d.

Strokovne podlage za vzpostavitev rednih pregledov dostopnih delov sistemov za ogrevanje, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor

prof. dr. Iztok Golobič

Razvoj novih izdelkov, podpora pri testiranju prototipov izdelkov, Primat d.d.

Študija uporabe toplotne cevi za rekuperacijo zraka, L tek elektronika d.o.o.

Izdelava modela izračuna faktorjev stisljivosti zemeljskega plina na podlagi termodinamičnih algoritmov, Plinovodi d.o.o.

Svetovanje na področju vakuumski izolativnih panelov, Danfoss A/S

Študija izvedljivosti, Krka d.d.

Visokoenergijsko učinkoviti aparati za dom, Gorenje d.d.

Izračun razpoložljivega toplotnega toka pri ohlajanju dimnih plinov, Krka d.d.

Modeliranje omejitev toplotnih cevi, L tek elektronika

Ovrednotenje geometrije pršenja iz nosnih pršil, Krka d.d.

Razvoj mehanizma za horizontalno proženje nosnega pršila, Lek d.d.

Nadgradnja in optimizacija termične obdelave linkov, AREX d.o.o.

Ovrednotenje geometrije pršenja iz nosnih pršil, Lek d.d

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

LOTZ: Raziskave prenosa toplote na hlajenih toplotno vzbujenih konstrukcijah so osnova za razvoj inovativnih integriranih sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja stavb z izboljšano učinkovitostjo toplotno vzbujenih konstrukcij. Za podjetje, sofinancerja raziskave razvite tehnologije pomenijo konkurenčno prednost. Pri raziskavah sočasnega prenosa toplote in snovi v lahkih gradbenih elementih razvita neporušitvena merilna metoda, omogoča detekcijo spremenjenih lastnosti zaradi prisotnosti vode. Razvita programska oprema služi v praksi (4000 uporabniških prenosov).

LOSK: Napredni sistem krmiljenja OHPK sistemov v stavbah z vključitvijo v pametno električno omrežje omogoča zmanjšanje rabe električne energije pri enakem zagotavljanju zdravja in ugodja v stavbah. Aplikacije novega produkta v realnem okolju so pokazale prihranek energije od 5 do 20 %. Produkt omogoča vključitev posameznih stavb v sistem »smart grid«, kar olajša koriščenje (časovno in lokacijsko porazdeljenih) obnovljivih virov energije in veliko konkurenčnost v Sloveniji in tujini. Napredna tehnologija shranjevalnika toplote ali hladu z uporabo PCM je ponujena za implementacijo v praksi. Ta pri stabilni temperaturi zraka v zaprtih prostorih, bistveno zmanjša rabo električne energije v stavbah, zniža ogljični odtis in stroške uporabnikov, je konkurenčnejša in bolj profitabilna.

LTT: Razviti sistem za spremljanje hitrih dogodkov pri delovanju strelnega orožja se uporablja pri testiranju in razvoju novih vojaških sistemov v Slovenski vojski in tudi v slovenskih podjetjih na obrambnem področju –Arex. Dobre možnosti implementacije rezultatov so tudi na področju farmacije, kjer smo skupaj z Lekom razvili nov sistem za bočno proženje nosnih pršil. Obetavne

možnosti implementacije se kažejo tudi v sodelovanju s podjetjem Danfoss na razvoju in določitvi toplotnih karakteristik inovativnih prenosnih površin ploščnih prenosnikov toplote.

Delo raziskovalne skupine **LMPS** je doprineslo k vzpostavitvi meroslovne infrastrukture na področju merjenja pretoka tehničnih plinov v Republiki Sloveniji. S tem se uporabnikom zagotavlja podpora preko razvojno raziskovalnega delovanja ter izvaja prenos meroslovne sledljivosti na nižje meroslovne ravni v industrijskem okolju.

LAHDE je s podjetjem Hidria uspešno razvil prototipe hibridnih sprejemnikov sončne energije, kar pomeni nov, globalno konkurenčen produkt visoke dodane vrednosti. Pri sodelovanju z ameriškim Parker smo razvili magnetokalorične regeneratore do te mere, da se jih lahko implementira v novih tržnih produktih. Z Inštitutom Jožef Štefan smo razvili eno prvih elektrokaličnih hladilnih konceptualnih naprav na svetu, kar nam omogoča skupaj s slovensko in globalno industrijo možnost za implementacijo na svetovnih trgih. Znanje in izkušnje uspešno prenašamo na področju daljinske energetike, kjer naše razvojne aktivnosti posegajo pomembno v izboljšanje energetske učinkovitosti celotne energetske verige. Sodelujemo s podjetji HSE ter Petrol.

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	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	3.000.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	<p>SLO</p> <p>V Programski skupini se kaže potencialna možnost za ustanovitev dveh spin-off podjetij.</p> <p>Ocenjeni vložek predstavlja minimum za izvedbo raziskav, vse od razvoja prototipov do pričetka priprav na industrializacijo. Poleg stroškov človeških virov bi to obsegalo računalniško opremo, merilno opremo, izdelavo ali nadgradnjo eksperimentalne naprave za testiranje prototipov, ter izvedbo posameznih delov prototipov s strani podizvajalcev.</p> <p>Ustanovitev spinoff podjetja na področju magnetokalorične in elektrokalične pretvorbe energij. Potrebni vložek za podjetje: 2 mio. Euro</p> <p>Ustanovitev spinoff podjetja na področju tehnologije shranjevalnikov in HVAC sistemov z uporabo fazno spremenljivih snovi. Potrebni vložek za podjetje: 1 mio. Euro</p>

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Ključni obratovalni parameter aktivnega magnetnega regeneratorskega (AMR) je obratovalna frekvenca (število termodinamičnih ciklov na enoto časa), ki direktno vpliva na povišanje hladilne moči naprave, vendar samo ob hkratnem izboljšanju prenosa toplote med magnetokaloričnim materialom in delovno tekočino. V LAHDE smo zato izvedli obširno numerično analizo delovanja tekoče kovine Galinstan v povezavi z različnimi geometrijami AMR-jev. Pokazali smo, da lahko Galinstan močno izboljša toplotne karakteristike AMR. Kot prvi na svetu smo eksperimentalno verificirali uporabo tekoče kovine v AMR. Dokazali smo, da lahko

tudi pri nižjih frekvencah obratovanja AMR dosežemo bistveno višje hladilne moči kot pri vodi in s tem pomembno vplivali na prihodnji razvoj magnetokaloričnih naprav v smeri prvih tržnih aplikacij. Izsledki omenjenih analiz so bili tudi predstavljeni na mednarodni konferenci o magnetnem hlajenju THERMAG 6 v Kanadi. Povzetek je podan v priponki "LAHDE_Izjemni_znan_dosezek_2014".

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Alternativne rešitve ogrevanja, hlajenja in ventilacije stavb so se v praksi pojavile kot protitež dragim in energijsko potratnim konvencionalnim sistemom. Značilnost alternativnih metod je, da so preprostih izvedb in energijsko manj potratne. V LOSK je bil razvit sistem, ki omogoča uporabo alternativnih virov energije za ogrevanje in hlajenje prostorov. Glavni element sistema so plošče napolnjene s fazno spremenljivo snovjo. Poleti v nočnem času v plošče shranjujemo hladilno energijo, Hlad se nato uporablja preko dneva za pred-hlajenje zunanjega zraka ali za hlajenje prostorov. Pozimi preko dneva shranjujemo toploto iz zračnih sprejemnikov sončne energije. Toplota se nato uporablja zvečer in zjutraj za predgrevanje zraka za prezračevanje stavbe ali za ogrevanje prostorov. S takšnim sistemom lahko znižamo rabo energije v stavbah, kar posledično zniža stroške za ogrevanje in hlajenje prostorov. Povzetek je podan v priponki "LOSK_Izjemni_druz_dosezek_2014".

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 papirnati 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 Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Alojz Poredoš

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

12.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/108

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](#)

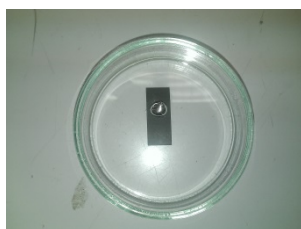
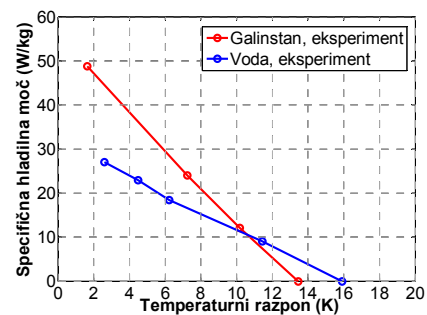
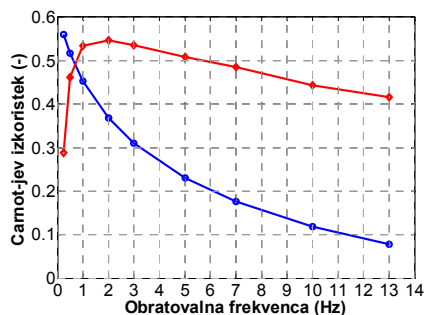
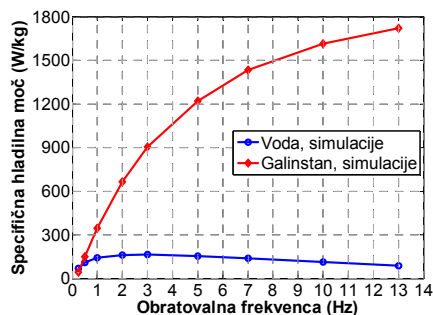
¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost 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
E3-68-AA-94-51-38-35-BE-32-FB-6B-BB-30-A8-12-8F-BF-8A-AB-B1

Priloga 1

TEHNIKA Področje: 2.13 Procesno strojništvo

Dosežek 1: Izboljšanje prenosa toplote v aktivnem magnetnem regeneratorju (AMR)



Testiranje Galinstana na reagiranje z nekaterimi materiali



Testirani AMR

Eden ključnih obratovalnih parametrov aktivnega magnetnega regeneratorja (AMR-ja) je obratovalna frekvenca (število termodinamičnih ciklov na enoto časa). Višja obratovalna frekvenca lahko direktno vpliva na povišanje hladilne moči naprave, pri tem pa je potrebno zagotoviti hkratno izboljšanje prenosa toplote med magnetokaloričnim materialom in delovno tekočino. Ena od potencialnih možnosti izboljšanja prenosa toplote v AMR-ju je uporaba tekočih kovin, saj le-te izkazujejo odlične toplotne lastnosti. Uporaba tekočih kovin v magnetnem hlajenju je bila v svetovni literaturi zgolj teoretično obravnavana. Dejanske eksperimentalne obravnave delovanja tekoče kovine v AMR-ju v literaturi do sedaj ni bilo moč zaslediti. V LAHDE smo zato izvedli obširno numerično analizo delovanja tekoče kovine Galinstan v povezavi z različnimi geometrijami AMR-jev. Izkazalo se je, da lahko Galinstan močno izboljša toplotne karakteristike ter omogoča delovanje AMR pri bistveno višjih frekvencah v primerjavi z ostalimi tekočinami (npr. voda). V LAHDE smo kot prvi na svetu eksperimentalno verificirali uporabo tekoče kovine v aktivnem magnetnem regeneratorju. Dokazali smo, da lahko tudi pri nižjih frekvencah obratovanja AMR dosežemo bistveno višje hladilne moči kot pri vodi in s tem pomembno vplivati na prihodnji razvoj magnetokaloričnih naprav v smeri prvih tržnih aplikacij. Izsledki omenjenih analiz so bili tudi predstavljeni na mednarodni konferenci o magnetnem hlajenju THERMAG 6 v Kanadi [1].

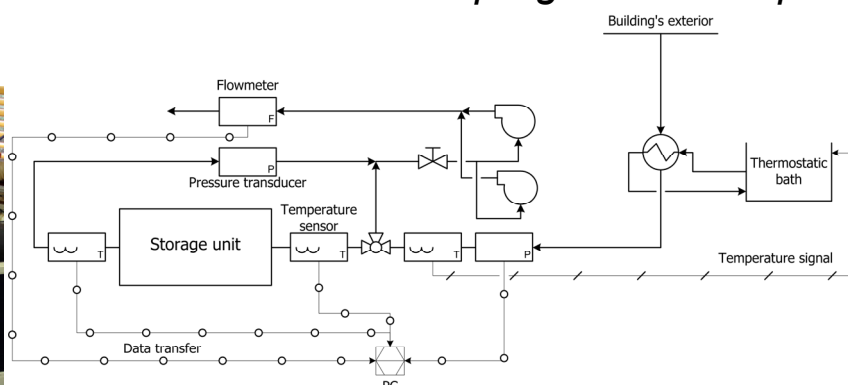
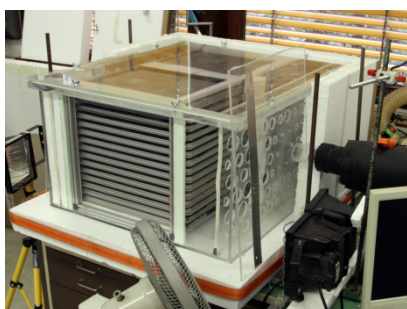
[1] TOMC U., KITANOVSKI A., TUŠEK J., POREDOŠ A., Experimental analysis of a liquid metal as a heat transfer fluid in a magnetic refrigerator. V: 6th International Conference on Magnetic Refrigeration, Victoria, BC, Sept 7-10, 2014. *Thermag VI : proceedings*.

Priloga 2

TEHNIKA Področje: 2.13 Procesno strojništvo

Dosežek 2: Razvoj shranjevalnika toplote in hladu z uporabo fazno spremenljivih snovi

Najodmevnejši družbeno-ekonomski dosežek programske skupine P2 - 0225



Alternativne rešitve ogrevanja, hlajenja in ventilacije stavb so se v praksi pojavile kot protitež dragim in energijsko potratnim konvencionalnim sistemom. Značilnost alternativnih metod je, da so preprostih izvedb in energijsko manj potratne. V laboratoriju LOSK je bil razvit sistem, ki omogoča uporabo alternativnih virov energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.

Glavni element sistema so plošče napolnjene s fazno spremenljivo snovjo (FSS, angl. Phase Change Materials – PCM). V poletnem obdobju v nočnem času v plošče shranjujemo hladilno energijo, ko je temperatura zunanjega zraka nizka (FSS pri tem spreminja agregatno stanje iz tekočega v trdno). Hlad se nato uporablja preko dneva za pred-hlajenje zunanjega zraka ali za hlajenje prostorov. V zimskem obdobju preko dneva shranjujemo toplotno energijo iz zračnih sprejemnikov sončne energije (FSS pri tem spreminja agregatno stanje iz trdnega v tekoče). Toplota se nato uporablja zvečer in zjutraj za predgrevanje zraka za prezračevanje stavbe ali za ogrevanje prostorov.

S takšnim sistemom lahko znižamo rabo energije v stavbah, kar posledično zniža stroške za ogrevanje in hlajenje prostorov.