

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/63



## 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

<b>Šifra programa</b>	P2-0231
<b>Naslov programa</b>	Tribologija TRIBOLOGY
<b>Vodja programa</b>	14556 Mitjan Kalin
<b>Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)</b>	21141
<b>Cenovni razred</b>	
<b>Trajanje programa</b>	01.2009 - 12.2014
<b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b>	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.11 Konstruiranje
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Povzetek raziskovalnega programa<sup>1</sup>

SLO

Preteklo obdobje je bilo za **Programsko skupino Tribologija** izjemno uspešno, z opaznim naborom znanstvenih, družbenih in strokovnih dosežkov, številnih pridobljenih projektov, več

prestižnih nagrad, utrjenim ugledom prek številnih vabljenih predavanj po svetu in vzpostavljenim novim in edinstven skupnim evropskim magistrskim študijskim programom tribologije površin in kontaktov. Večina članov v skupini se je zamenjala, skupina pomembno povečala, vodenje pa je v letu 2011 prevzel prof. Kalin, ki je eden izmed najbolj aktivnih tribologov nove generacije, nagrajen s prestižnimi državnimi in mednarodnimi nagradami ter urednik SCI revije Lubrication Science (Wiley). Skupina nadaljuje z raziskavami na istih področjih, a z nekaterimi novimi raziskovalnimi usmeritvami k bolj poglobljenemu razumevanju površinskih in kontaktnih pojavov ter tako povečuje zmožnost prilagajanja triboloških kontaktov za zahtevane pogoje v industrijskih aplikacijah. Skupina mladih in interdisciplinarnih podoktorskih raziskovalcev, več doktorskih študentov in dveh profesorjev se z zanosom in pospešeno posveča raziskovalni dejavnosti.

**Povezovanje razumevanja na nanoskali s ciljem reševanja industrijskih težav** je postalo poglobljeno in glavni cilj trenutne Programske skupine.

Skupina je bila odločena raziskati in razviti energetsko-učinkovito, trajno in hkrati "zeleno" delovanje mehanskih sistemov, ki se srečujejo z vse bolj zahtevnimi delovnimi pogoji. Delovala je na štirih tesno povezanih področjih, ki segajo od atomskih in molekularnih znanosti do makro nivoja strojništva na ravni strojnih komponent ter spremljanja in diagnosticiranja delovanja industrijskih sistemov. Na ta način je izkoriščala vrhunsko znanost na nanometrskem nivoju za snovanje realnih strojnih elementov, njihovo dolgoročno zanesljivost, stanje in življenjsko dobo. Ta štiri ključna področja, ki jih združuje teorija in metodologija tribologije, so bila: 1) Nanotribologija, 2) Mehanika površin in kontakta, 3) Snovanje pogonsko-krmilnih hidravličnih komponent in 4) Tehnična diagnostika.

Na omenjenih področjih je skupina nadaljevala z raziskavami, kjer je med vodilnimi skupinami in celo na svetovni ravni določa nekatere nove raziskovalne usmeritve, kot so snovanje med tekočino in trdnino ter zeleno in mejno mazanje DLC prevlek. Raziskovalna aktivnost na področju nanotehnologije in površinskih znanosti je bila še povečana. Poleg tega je skupina začeli delati na nekaterih novih raziskovalnih tematikah, kot so razvoj modelov za deformacije vršičkov in realne kontaktne površine, napredno tribologijo polimernih in električnih kontaktov, nadgradnja razumevanja površinskih pojavov pri izjemnih temperaturah ter vodno mazanje na področju hidravlike, kot tudi združitev napredne sensorike v diagnostiki in prognostiki mehanskih sistemov z novimi načeli entropije. Nenazadnje pa je bila naša prioriteta sodelovanje z industrijo, strokovne prostovoljne dejavnosti ter mednarodno-usmerjeno izobraževanje. Vse to kar prinaša pomembne družbene učinke.

ANG

In the past period Programme group **Tribology** went through its most successful period with notable record of scientific, societal and professional achievements, obtaining numerous projects, several respected awards, fortify the reputation through many invited talks worldwide and establish a new and unique joint European master study in Tribology of surface and interfaces. The group changed and enlarged substantially, and a new head took its lead in 2011, prof. Kalin, who is one of the most active new-generation tribologist; internationally and nationally awarded and Editor of SCI journal Lubrication Science (Wiley). The group continued to work in the same activity areas, but clearly setting some new research directions, heading toward more profound understanding of the interface phenomena and so increasing the ability to tailor tribological contacts for required performance in industrial applications. A team of young and interdisciplinary post-doc researchers, several PhD students and two professors is enthusiastically taking the research activities at high pace. **Linking nanoscale understanding and targeting the industrial problems** became the paramount goal and guidance of the current Program group team.

The group was dedicated to investigate and develop energy-efficient, durable and at the same time "green" operation of mechanical systems that face ever-more demanding working conditions. It acted in four closely-related areas, which range from the atomistic and molecular to the macro-scale engineering at the level of machinery components and further to monitor and diagnose operation of industrial systems. In this way it took advantage of the topmost scientific detail of

nano-scale, with realistic engineering components design and performance, and their long-term reliability, condition and life-time. These four key areas that are all embraced by tribological theory and methodology were: 1) Nanotribology, 2) Contact and surface engineering, 3) Power hydraulic design and 4) Technical diagnostics.

Within these areas the group continued with research where it is among the leading groups and even setting some new research areas globally, like solid-liquid interface design, as well as green and boundary lubrication of DLC. Activities in nanotechnology and interface science has been intensified. In addition, they recently started some new research topics, like developing models for asperity deformation and real contact area, advancing polymer and electrical contacts tribology, upgrading understanding of extreme temperature interface phenomena and water lubrication in hydraulics, as well as setting high-tech sensing with new directions in diagnostics and prognostics of mechanical systems through novel entropy approach. Finally, collaboration with industry, professional volunteering activities, as well as internationally-oriented education, all bringing important societal effects, was clearly set as the group priority.

### **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)<sup>2</sup>**

SLO

Programska skupina »Tribologija« je aktivna na štirih medsebojno tesno povezanih področjih, in sicer od atomskega nivoja pa vse do inženirskih komponent in industrijskih sistemov. Tako dopolnjujemo naše raziskave od znanstvenih detajlov na nano-nivoju, do delovanja na inženirskem nivoju in v industrijskem okolju. V obdobju 2009-2014 je skupina nadaljevala z zelo kvalitetnimi in mednarodno-relevantnimi raziskavami (v obdobju 2004-2008 smo bili najboljše uvrščena skupina znotraj našega pod-področja) in močno preseгла pričakovane cilje. Tako smo bili vključeni v dvajset 3-letnih, v glavnem mednarodnih, projektov, kjer smo sodelovali s kar nekaj priznanimi univerzami in inštituti, kot tudi vodilnimi industrijskimi korporacijami na tem področju, npr. *Volvo, Mercedes-Benz, SKF, Atlas Copco, Total, Lubrizol, Sulzer, Tecvac, GKN, Uddeholm*, idr., s čemer smo dosegli preko 4,2 milijona € dodatnega financiranja. Nadaljnje smo sodelovali tudi v številnih manjših industrijskih projektih. Raziskave v okviru teh projektov so vodile do številnih povsem novih in temeljnih znanstvenih in aplikativnih odkritij ter do prenosa znanja. Posledica tega je 110 znanstvenih člankov (vključujoč tudi precej člankov iz A"), 37 vabljenih predavanj na mednarodnih konferencah, 211 konferenčnih prispevkov, 8 patentov in patentnih aplikacij in številne nagrade in zahvale. V tem obdobju smo bili tudi mentor 9 doktoratom in 95 diplomam oz. magisterijem. Gostili smo tudi precej gostujočih profesorjev in raziskovalcev iz tujine. Eden glavnih dosežkov je tudi vzpostavitev in akreditacija, v svetovnem merilu edinstvenega, Skupnega evropskega študija *Tribologije površin in kontaktov* znotraj iniciative Erasmus Mundus, ki ga tudi koordiniramo.

**1-Nanotribologija:** osredotočali smo se na molekularne interakcije med drsnimi površinami in njihove posledice na tribološke mehanizme, z namenom doseganja nižjega trenja in zadostitve zahtevam in omejitvam okoljske zakonodaje. Eden naših glavnih dosežkov je bila ugotovitev, da slabo omočljive površine povzročijo molekularni zdrs maziva ob površini, pri čemer smo bili prvi, ki smo ovrednotili zdrs v inženirskih kontaktih. Tako smo razložili fizikalni mehanizem zdrsa in povezavo med omočljivostjo in površinsko energijo, kar sta popolnoma novi odkritji. Te rezultate, ki nam omogočajo prilagajanje kontaktov in zmanjšanje trenja do 40 %, smo predstavili na 20 vabljenih predavanjih na vseh glavnih konferencah po svetu, prijaviли patente in izmenjevali znanje s podjetjem Sulzer, ki je v svetovnem merilu največji proizvajalec prevlek. Okoljski vidiki mazanja so bili preučevani skupaj z vodilnimi partnerju v avtomobilskem sektorju. Osredotočili smo se na različne strategije, npr. olja z manj SAPS aditivi (na osnovi žvepla in fosforja) in izkoriščanje lastnosti baznih olj, namesto močnih kemijsko aktivnih aditivov, v kombinacijami z DLC prevlekami. Z uporabo karakterizacijskih tehnik na nano-nivoju smo detajlno preučevali mejne filme in predlagali nekaj mehanizmov mazanja, ki razkrivajo optimalno zasnovo kontaktov.

Druga izjemna aktivnost je bila raziskava adsorpcije povsem organskih aditivov na različne tipe DLC prevlek, ki je sicer težavna za analiziranje, a smo kot prvi z uporabo nevtronske reflektometrije (na sinhrotronu v Švici) določili fizikalne lastnosti adsorbiranih organskih plasti. To smo naredili skupaj s partnerji iz Švice, Japonske in Francije in dosegli pozitiven odziv v skupnosti. Pomemben rezultat je bilo tudi za 50 % znižano trenje v kontaktih z jeklom in DLC prevleko z uporabno nano delcev v olju, ki temelji povsem na fizikalnih mehanizmih mazanja.

**2-Kontaktni in površinski inženiring:** Osredotočali smo se na različne strategije optimizacije funkcionalnih površin za doseganje zelenega tribološkega delovanja. Predlagali smo nove povezave med parametri hrapavosti in trenjem, ki so bile skupaj s FEM in CFD analizami, uspešno uporabljene za zasnovano lasersko teksturiranih površin, ki izkazujejo 50 % nižje trenje. Preučevali smo tudi masivno preoblikovanje v hladnem in vročem, ki izhaja iz potreb slovenske industrije. Z uporabo CrN in TiAlN trdih prevlek pri primernih površinskih pogojih in adhezijskim obnašanjem, smo dosegli 25 % znižanje trenja (do temperature 700 °C na lastno zasnovani napravi) in minimizirali potrebo po pogostem čiščenju in zamenjevanju orodja. Nadaljne smo razširili našo raziskavo na polimere (zahteve industrije) in začeli z novo, po principu od spodaj navzgor, EPD tehniko proizvodnje z vključevanjem mazalnih nano delcev in spremembo koncepta kontrole topografije površine. Osredotočali smo se tudi na karakterizacijo deformacije vršičkov na nano skali za študijo realne kontaktne površine, ki povsem določa tribološke lastnosti polimerov, in našli lasten kriterij v enem od zadnjih doktoratov.

**3-Konstruiranje pogonske hidravlike:** tukaj imamo zelo aplikativno usmerjene cilje, vendar z vedno večjo visoko-tehnološko raziskovalno aktivnostjo. Najpomembnejši rezultati na tem področju so v povezavi z razvojem vodnih hidravličnih sistemov, kjer vodimo raziskave v sodelovanju s tehničnima univerzama v Tampereju in Aachnu. Prav tako smo sodelovali tudi v precej projektih za nove napredne rešitve v standardni olji hidravliki s partnerji kot so *Olma, Difa, Domel, Unior, Tajfun in KGL*.

**4-Tehnična diagnostika:** osredotočali smo se na uporabo modernih IT tehnologij, brezžičnih povezav in mikro-sistemov za detekcijo diagnostičnih podatkov in njihovo pošiljanje v analitske centre. V tej raziskavi, ki je potekala v sodelovanju z Litostrojem, Domelom and Kompetenčnim centrom STV, smo razvili integrirani »on-line« diagnostični sistem za olje, ki je tudi patentiran. Enota je nameščena in testirana v podjetju Litostroj Power za diagnostiko hidravličnih olj v CNC centru sedaj že več kot eno leto. Enota deluje brezhibno in kaže dobro odzivnost zaznaval skupaj z algoritmom, ki uspešno zaznava spremembe stanja olja. Dodatna testiranja in izboljšave so bile izvedene za pripravo enote za širšo uporabo.

#### **Dopolnitev programa dela (raziskovalne vsebine in ciljev) raziskovalnega programa zaradi odobrenega povečanega obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014**

V preteklih letih smo pokazali, da premoremo poglobljeno razumevanje triboloških konceptov na vseh nivojih in smo sposobni v svetovnem merilu postavljati nove raziskovalne smernice na več področjih. To velja za 1) **snovanje mej med trdnino in tekočino** preko prilagajanja omočljivosti in površinskih energij, 2) **adsorpcijo organskih aditivov** in nastanek **mejnih filmov na DLC prevlekah** ter 3) številne nove strategije **zelenih tehnologij mazanja**. To so najbolj opazna področja, kjer se skupina izrazito razvija in želi razširiti svoje aktivnosti. Poleg občasnega ali trajnega širjenja skupine v smislu komplementarnih raziskovalcev, smo zasnovali kar nekaj nove opreme ali poskrbeli za njeno nadgradnjo, saj so uporabljeni pogoji in koncepti preizkušanja pogosto novi. Vse to namreč zahteva namensko opremo, ki predstavlja predpogoj za vpogled na nano nivo, ter visoko usposobljene in izkušene raziskovalce.

Poleg tega smo pred kratkim začeli z raziskavami še na nekaterih novih področjih, ki zahtevajo nova in poglobljena razumevanja in razvoj ter so hkrati zelo obetavna za uspešno aplikacijo v industriji. Na primer, še posebej 4) **modeliranje realnih kontaktnih površin in nadziranje deformacije vršičkov**, kar predstavlja pomemben manjkajoč del v teoriji tribologije dandanes in je izrednega pomena v industriji nekonvencionalnih materialov kot so polimerni zobniki/ležaji,

grafitni električni kontakti itd. Podobno pomembno in za nas dokaj novo je tudi področje 5) **Tribologije pri ekstremnih pogojih**, ki lahko znatno prispeva k nižnim proizvodom z visoko dodano vrednostjo. Na tem področju smo intenzivno raziskovali interakcije površin in nastanek mejnih filmov pri visokih temperaturah, kar predstavlja izjemno zahtevno eksperimentalno tematiko.

Vse to nam je bilo omogočeno z dodatnim financiranjem, takšnih spodbud si želimo tudi v prihodnje.

#### **4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>**

SLO

**Cilji programa so bili doseženi in v nekaterih pogledih celo preseženi, kar dokazuje več projektov, nagrad, bibliografskih rezultatov in znanje, posredovano industriji ter študentom. Obdobje 2009-2014 je bilo za skupino do sedaj zagotovo najbolj produktivno in uspešno. V letu 2011 je skupina dobila novo vodjo in trenutno pospešeno izvaja svoje aktivnosti. Ekipa mladih in zagnanih raziskovalcev iz več naravoslovno-tehničnih področij zagotavlja visoko kvaliteto raziskovalnega dela ter skrbi za vedno boljše akademske in aplikativne rezultate skupine.**

Naše raziskave adsorpcije polarnih spojin na nereaktivne površine, še posebej z uporabo nevtronske reflektometrije, so povsem nove in tako prvič predstavljene v literaturi. Obenem smo kot prvi razložili efekt omočljivosti mazalnih mehanizmov v EHL režimu, in tako na globalnem nivoju postavljamo smernice tega področja. Nekatera naša odkritja, do katerih smo prišli v sodelovanju z vodilnim svetovnim proizvajalcem prevlek Sulzer, smo tudi patentirali. Zelo uspešne in nad pričakovanji so bile tudi raziskave uporabe nanodelcev v mazivih, kjer smo dokazali, da lahko na ta način zmanjšamo trenje tudi za 50 %.

Celotno področje inženiringa površin je v skupini tradicionalno zelo močno zastopano. Naša vodilna vloga na tem področju v svetovnem merilu se še posebej odraža v vseh študijah povezanih s površinskimi prevlekami. Na to kaže veliko visoko kvalitetnih objav in ogromno vabljenih predavanj. Področje inženiringa kontakta smo razširili tudi na polimere, kjer igra ključno vlogo površinska topografija. Uspešno smo uporabili metodo, s katero smo združili aplikativne in nano nivojske raziskave. Razvili smo svoj, povsem novi, kriterij za tribološko obremenjevanje polimerov. Obenem delamo na inovativni »in-situ« karakterizaciji mikro/nano vršičkov, ki je s pomočjo dodatnega sofinanciranja že v veliki meri zaključen, tako kot še nekatere druge povsem nove »in-house« metode in naprave, predstavljene v drugih delih poročila.

Področje hidravlike je prevzel novi docent, ki je na evropskem nivoju vodilni na področju razvoja vodno hidravličnih aplikacij. Ob prevzemu področja, je ustvaril več dolgoročnih sodelovanj s slovensko industrijo (Poclair, Tajfun, KGL, idr.) na področju bolj konvencionalne a visokotehnološke oljne hidravlike.

Na področju tehnične diagnostike so bili cilji doseženi preko številnih projektov in nekaterih patentov. Znanje je bilo posredovano podjetjem Litostroj in Domel v obliki uporabnih modernih IT tehnologij in algoritmov za diagnozo stanja strojev. Prav tako smo prevzeli tudi zelo aktivno vlogo pri Kompetenčnem centru KC-STV z močnim industrijskim vplivom.

Poleg omenjenega smo bili zelo aktivni pri organiziranju svojih konferenc in dogodkov ter udeležbi na vseh svetovnih triboloških dogodkih. Smo tudi člani v skoraj vseh uredniških odborih revij iz področja tribologije. Prof. Kalin je hkrati tudi eden izmed samo 7 urednikov triboloških revij z SCI vplivnim faktorjem, t.j. Lubrication Science. Obenem smo sodelovali tudi pri ogromno akademskih aktivnosti na univerzi in v tujini.

### 5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014<sup>4</sup>

SLO

Morebitnih sprememb raziskovalnega programa ni.

V letu 2014 smo sodelovali v več domačih in mednarodnih projektih, zaradi česar se je sestava programske skupine delno spremenila. Pridobili smo novo MR ARRS.

3 člani programske skupine so prekinili delovno razmerje na FS in odšli na druge inštitute, 3 člani programske skupine pa so bili prerazporejeni na druge projekte.

Jedro in s tem usmeritev programske skupine ostajata enaka.

### 6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>5</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	24555555	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	1.4 Objave
		ANG	1.4 Publications
	Opis	SLO	<p>a) Med 110 objavljenimi znanstvenimi članki skupine je potrebno izpostaviti 4, ki so označeni kot izjemni dosežki (A'')</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Kalin, M. Polajnar: The wetting of steel, DLC coatings, ceramics and polymers with oils and water: the importance and correlations of surface energy, surface tension, contact angle and spreading. Applied Surface Science 293 (2014) 97-108.</li> <li>• M. Kalin, R. Simič, T. Hirayama, T. Geue, P. Korelis: Neutron-reflectometry study of alcohol adsorption on various DLC coatings. Applied Surface Science (2014) 405-410;</li> <li>• M. Kalin, R. Simič: Atomic force microscopy and tribology study of the adsorption of alcohols on diamond-like carbon coatings and steel. Applied Surface Science (2013) 317-328;</li> <li>• R. Simič, M. Kalin: Adsorption mechanisms for fatty acids on DLC and steel studied by AFM and tribological experiments. Applied Surface Science 283 (2013) 460- 470.</li> </ul> <p>V omenjenih člankih so predstavljeni inovativni pristopi, ki razkrivajo izjemne ugotovitve ter razložijo več nejasnosti in polemik na področju današnje znanosti o kontaktnih pogojih. V prvem članku so razložene molekularne interakcije na stiku med trdnino in tekočino, pri čemer so prvič predstavljene korelacije med površinsko energijo, površinskimi napetostmi, omočljivostjo in razširjanjem. Preostali trije članki predstavljajo rezultate za drugo področje. S pomočjo številnih študij smo ugotavljali možnosti mejnega mazanja DLC s polarnimi, okolju prijaznimi, aditivi organskega izvora. Za namene preučevanja fizikalnih lastnosti nastalih plasti je bila prvič uporabljena nevtronska reflektometrija. Obenem je bil za vrednotenje adsorpcijskih lastnosti polarnih molekul predstavljen novi pristop, z uporabo AFM. Večina predstavljenih člankov je bila objavljenih v samo 1 ali 2 mesecih od oddaje, in so bili takoj citirani s strani priznanih znanstvenikov. Nekateri še celo v mesecu objave na spletu. Predstavljeni članki so trdni dokaz o pomembnosti raziskovalnega dela skupine.</p> <p>b) Veliko pomembnih člankov je bilo objavljenih tudi na področju mazanja DLC, mazanja z nanodelci, inženiringa kontakta (hrapavost in teksturiranje), idr. V zadnjih 5 letih je skupina objavila 110 znanstvenih člankov. Večina teh je bila objavljena v revijah z visokim SCI faktorjem,</p>

	<p>nekatero celo v najboljših (Appl.Surf.Sci, TribolLett,...). Kot primer omenimo samo nekatere v različnih revijah; Wear 267 (2009) 1232-1240, Thin solid films 518 (2010) 2029-2036, Tribology International 50 (2012) 57-65, Journal of engineering tribology. Part J (2012) 923-932, Lubrication science (2013) doi: 10.1002/ls.1233, Materials Science &amp; Engineering A (2013) 243-251, Tribology letters (2013) 185-194, Applied Surface Science (2013) 317-328... V teh člankih je skupina predstavila številne nove ideje, funkcionalnosti, nove koncepte, razložila negotovosti in prvič poročala o številnih fenomenih. Vse naštetu uvršča člane skupine med tiste, ki določajo in vodijo raziskovanje na svojem področju.</p> <p>V splošnem je skupina glede na objave z najvidnejšimi dosežki (A1), citate (A2) in pomembnejše raziskave (A3) pridobila <math>A = 95,34</math> točk (tabela 1). Skupina ima <math>A'' = 474,80</math> točk za izjemne dosežke v zadnjih 5 letih in <math>A' = 3030,17</math> točk za visoko kvalitetne dosežke. Glede na ARRS kriterij (<math>A=25,55</math>) je vodja skupine, prof. Kalin, trenutno uvrščen na 3. mesto med 5509 raziskovalci iz vseh tehničnih področij v Sloveniji. Obenem prof. Kalin zaseda tudi 3. mesto med vsemi 14292 raziskovalci registriranimi v Sloveniji.</p>
ANG	<p>a) Among 110 published scientific papers of the group, 4 recent papers need to be pointed out that are denoted as outstanding achievements (A''):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Kalin, M. Polajnar: The wetting of steel, DLC coatings, ceramics and polymers with oils and water: the importance and correlations of surface energy, surface tension, contact angle and spreading. Applied Surface Science 293 (2014) 97-108.</li> <li>• M. Kalin, R. Simič, T. Hirayama, T. Geue, P. Korelis: Neutron-reflectometry study of alcohol adsorption on various DLC coatings. Applied Surface Science (2014) 405-410;</li> <li>• M. Kalin, R. Simič: Atomic force microscopy and tribology study of the adsorption of alcohols on diamond-like carbon coatings and steel. Applied Surface Science (2013) 317-328;</li> <li>• R. Simič, M. Kalin: Adsorption mechanisms for fatty acids on DLC and steel studied by AFM and tribological experiments. Applied Surface Science 283 (2013) 460- 470.</li> </ul> <p>In these papers innovative approaches are presented, revealing outstanding findings that explain several uncertainties and even controversies in today's interface science. The first paper explains molecular interactions at certain solid-liquid interfaces, revealing the correlations between the surface energy, surface tension, wetting and spreading for the first time. The other three papers present results of another topic. Namely, a series of studies about potential of DLC boundary lubrication with polar organic-based green additives. For the first time, neutron reflectometry was employed to show the physical properties of these layers, as well as new approach by using AFM was introduced to evaluate adsorption behavior of these molecules. Most of these papers were published in just 1 or 2 months after submission and were immediately cited by other respected scientists, even in the same month when published on-line. These papers give a solid proof of the relevance of research of the group.</p> <p>b) Many other relevant papers were published on boundary lubrication of DLC, lubrication with nanoparticles, contact engineering (roughness and texturing), etc. In the last 5 years, the group has published 110 scientific journal papers, vast majority in the high-ranked SCI journals, some even in the best (Appl.Surf.Sci, TribolLett...). For example, Wear 267 (2009) 1232-1240, Thin solid films 518 (2010) 2029-2036, Tribology International 50 (2012) 57-65, Journal of engineering tribology. Part J (2012) 923-932, Lubrication science (2013) doi: 10.1002/ls.1233, Materials Science &amp; Engineering A (2013) 243-251, Tribology letters (2013) 185-194, Applied Surface Science (2013) 317-328... to name just a few from different</p>

		<p>journals. In these papers the group presented numerous new ideas, functionalities, new concepts and reported several phenomena for the first time, which set the group members among those who define and lead the research in their fields.</p> <p>Overall, according to the publications including highest-quality achievements (A1), citations (A2) and relevance of research (A3) the group acquired a total of <math>A = 95.34</math> points, see Table 1. The group has <math>A'' = 474.80</math> points for outstanding achievements in the last 5 years and <math>A' = 3030.17</math> points for high quality achievements. Current rank of the group leader Prof. Kalin is as high as the 3rd place among all 5.509 researchers within all classified Technical fields in Slovenia according to collective ARRS criterion (<math>A=25.55</math>). At the same time, this is also the 3rd place among all 14.292 researchers registered in Slovenia.</p>
	Objavljeno v	Različne objave
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	22222222 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> 1.5 Citati
		<i>ANG</i> 1.5 Citations
	Opis	<p><i>SLO</i> V obdobju 2009-2014, katero je relevantno za vrednotenje, je 10-letno število citatov skupine sledeče: Članki skupine so bili citirani 1743-krat kot čisti citati (brez lastnih citatov), kar ustreza 2302 normiranim citatom (normirano s povprečjem citatov na področju). Hirsch-ov h-faktor skupine v enakem obdobju je 23. Normirani h-faktor skupine s povprečno vrednostjo h-faktorja na področju je <math>N_h=29</math>. To kaže na dejstvo, da so članki skupine citirani pogosteje od povprečja na raziskovalnem področju. Število citatov treh najboljših raziskovalcev v skupini je po ARRS na najvišjem nivoju znotraj raziskovalnega področja, kar potrjuje najvišja ocena ARRS kriterija, <math>A_2=10</math>, za vse tri omenjene raziskovalce.</p> <p><i>ANG</i> In period 2009-2014 that is relevant for this evaluation, the 10-years citation numbers of the group are as follows: The papers of the group were cited 1743-times as pure citations (without self-citations), which correspond to 2302 normalised citations (normalized by the average citations in the field) and group's Hirsch h-factor is 23 in the same period. Again, normalized by the average in the field, group's normalized h-factor is higher, <math>N_h=29</math>. This suggests that the papers of the group are more frequently cited than the average in the corresponding research fields. The number of citations for the group's three best researchers is at the ARRS uppermost level within this research field, as also indicated by the maximum evaluation score of ARRS criteria <math>A_2=10</math> for all of three mentioned researchers.</p>
	Objavljeno v	Različne objave
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	25666666 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> 1.6 Državne in mednarodne nagrade/Urednik, Član uredništev
		<i>ANG</i> 1.6 National and International awards/*Editor, Editorial board member
		<p>a) Mednarodne nagrade</p> <p>Po prejemu prestižne ASME nagrade Burt L. Newkirk in druge najvišje državne nagrade Republike Slovenije za znanstvene dosežke; Zoisove nagrade, iz preteklega preglednega obdobja, je prof. Kalin leta 2012 prejel eno največjih časti na področju tribologije; izvolitev v člana svetovnega</p>



	Opis	<p>zdrženja tribologov STLE. Izvolitev si je prislužil zaradi svojih izjemnih osebnih dosežkov in dolgoročnim prispevanjem na področju tribologije in inženiringa mazanja. Vsako leto STLE izvoli samo 4-5 članov iz celega sveta. Od leta 1973 do danes je STLE nagrado za rednega člana prejelo le 150 prejemnikov. Prof. Kalin sodi med najmlajše izvoljene redne člane zdrženja STLE.</p> <p>b) Državne nagrade</p> <p>V Sloveniji sta leta 2010 prof. Kalin in prof. Vižintin drugič prejela nagradi od Slovenskega društva za tribologijo. Prof. Kalin je nagrado prejel za neprestana prizadevanja na področju tribologije, prof. Vižintin pa za prizadevanja pri mednarodni prepoznavnosti društva.</p> <p>Dr. Sedlaček je za svojo doktorsko disertacijo z naslovom: Vpliv topografije na tribološke lastnosti kontaktnih površin, prejel zlati znak Jožefa Stefana. Priznanje se podeljuje vsako leto najboljšim doktorskim disertacijam na področju tehnike, naravoslovnih znanosti, medicine in biotehnologije. Vsako leto so podeljena največ tri priznanja, kar kaže na pomembnost nagrade.</p> <p>V zadnjih letih so štiri (4) študentje pod mentorstvom prof. Kalina prejeli fakultetne Prešernove nagrade za najboljša zaključna dela (Kogovšek, Polajnar, Oblak, Žugelj). E. Oblak je za svojo diplomsko nalogo prejela tudi nagrado podjetja Trimco. V tem času je dr. Kogovšek doktoriral in trenutno svoje delo nadaljuje na novo pridobljenem podoktorskem projektu v sodelovanju s podjetjem Olma. Preostali trije v skupini delajo kot doktorski študentje, katere poleg ostalih doktorskih študentov, vodi prof. Kalin.</p> <p>c) Glavni urednik, Pridruženi urednik, Član uredniških odborov, Gostujoči urednik</p> <p>Leta 2012 je prof. Kalin postal glavni urednik edine tribološke revije specializirane za maziva z SCI faktorjem vpliva; Lubrication science (John Wiley &amp; Sons, Ltd.). Na področju tribologije obstaja samo 7 revij z SCI faktorjem vpliva, kar poudarja pomen in pomembnost uredniškega položaja na tem področju. Prof. Kalin je kot urednik nasledil uglednega tribologa prof. Spikesa, kateri se je uredniškemu delu posvečal 20 let.</p> <p>Prof. Kalin in prof. Vižintin sta bila povabljeni k sodelovanju tudi pri številnih drugih triboloških revijah kot člana uredniških odborov (npr. Industrial Lubrication and Tribology in Advances in Tribology). Obenem je prof. Kalin kot član uredniškega odbora nastopil tudi pri ISRN Mechanical Engineering, Lubricants in The Scientific World journal. Prof. Kalin je kot pridruženi urednik dva mandata, v obdobju 2006-2012, sodeloval tudi pri Journal of Tribology. Prof. Podgornik in prof. Kalin sta bila obenem tudi večkrat gostujoča urednika pri Wear, Lubrication Science in Tribology International.</p> <p>a) International awards</p> <p>After prestigious ASME Burt L. Newkirk Award and Slovenian second highest state award for scientific achievements Zois prize in the past review period, prof. Kalin received in 2012 one of the greatest honors in tribology, being elected a Fellow of the world tribology society STLE for his outstanding personal achievements and long term contribution in the field of tribology and lubrication engineering. Every year, STLE elects only 4-5 members worldwide to become Fellow members. There are only about 150 STLE Fellow Award recipients since 1973, prof. Kalin being the youngest ever elected.</p>
--	------	---

		<p>b) National awards</p> <p>In Slovenia, prof. Kalin and prof. Vižintin received their second awards from the Slovenian Society for Tribology in 2010, for their continuous dedication, as well as for international recognition of the society, respectively.</p> <p>Dr. Sedlaček received a Jožef Stefan golden emblem prize for his PhD dissertation: Influence of topography on tribological properties of contact surfaces. This prize is awarded every year for winning PhD dissertations in the fields of engineering, natural sciences, medicine and biotechnology. Each year a maximum of three prizes are awarded, indicating how very competitive this prize is.</p> <p>Four (4) students received Prešeren award at the Faculty of Mech. Eng. under mentorship of prof. Kalin for the best student's thesis in the last years (Kogovšek, Polajnar, Oblak, Žugelj). E. Oblak further obtained Trimo company award for this thesis. Dr. Kogovšek already finished his PhD and continues work in a newly obtained post-doc project with a company Olma. All other three students are currently among several PhD students working in the group under guidance of prof. Kalin.</p> <p>c) Editor in Chief, Associate Editor, Member of Editorial boards, Guest Editor.</p> <p>In 2012, prof. Kalin became Editor-In-Chief- of Lubrication Science (John Wiley &amp; Sons, Ltd.), the only tribology journal with SCI impact factor fully dedicated to lubrication. There are only 7 tribology journals with SCI IF, which gives the emphasis to the meaning and importance of Editor position in the field of Tribology. Prof. Kalin succeed prof. Spikes, an eminent tribologists, after 20 years of his devoted editorial work.</p> <p>Prof. Kalin and prof. Vižintin were also involved as members of editorial boards in several other tribology journals. Such as Industrial Lubrication and Tribology, Advances in Tribology, while prof. Kalin in addition also at ISRN Mechanical Engineering, Lubricants, and The Scientific World journal. Prof. Kalin also served as an Associate editor in Journal of Tribology for two mandates in 2006-2012. Prof. Podgornik and Kalin were also several times Guest editors for Wear, Lubrication Science and Tribology International.</p>
	Objavljeno v	Različne objave
	Tipologija	2.20 Zaključena znanstvena zbirka podatkov ali korpus
4.	COBISS ID	23999999 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<p><i>SLO</i> 1.7 Plenarna in gostujoča predavanja</p> <p><i>ANG</i> 1.7 Keynote and Invited lectres</p>
		<p>a) Plenarna predavanja</p> <p>Prof. Kalin je eden izmed najbolj aktivnih raziskovalcev na področju mejnega mazanja, še posebej DLC prevlek. Zaradi številnih publikacij in predstavljenih novosti, je imel prof. Kalin vabljenost plenarno predavanje na eni največjih mednarodnih konferenc z več kot 1000 udeleženci (International Tribology Conference ITC, Hiroshima, 2011). Plenarno predavanje z naslovom »Lubricant Additive Technology for Green Innovation« predstavlja eno pomembnejših priznanj v njegovi karieri. V okviru predavanja je na podlagi najnovejših tehnologij in številnih, predvsem lastnih, rezultatov predstavil vizijo smeri razvoja omenjenega področja. Na podlagi predstavljenega dela je prof. Kalin dobil povabilo, da delo predstavi še kot članek v reviji Online Tribology. Revijo izdaja</p>

	Opis	<p>Japonsko tribološko združenje in ima visok ugled kljub temu, da nima SCI faktorja vpliva.</p> <p>Naslednje plenarno predavanje z naslovom »Engineering ceramics and their composites - tailoring material variables for tribological application« je imel prof. Kalin v sodelovanju z dr. Basu na konferenci Wear of Materials (Portland, USA, 2013). WOM je najbolj spoštovana in svetovno priznana konferenca na področju obrabe materialov. V 1970-ih letih jo je ustanovil prof. K. Ludema in se izvaja na vsaki dve leti. Nastopiti na omenjeni konferenci kot plenarni predavatelj na tem področju predstavlja izjemno čast. Prof. Kalin in prof. Basu (IIT Bangalore, Indija) sta bila na predavanje povabljena po izidu njune knjige Tribology of ceramics and composites: a materials science perspective, John Willey &amp; Sons Inc, 2011, katera je po svetu vzbudila veliko pozornosti. Knjiga obsega preko 500 strani, in je ena redkih knjižnih del, katera obravnava tribologijo tovrstnih znanstveno in industrijsko pomembnih materialov.</p> <p>b) Vabljen predavanja</p> <p>Člani skupine so v obdobju 2009-2014 nastopili na vabljenih predavanjih na mednarodnih konferencah 37-krat. Gre za zelo veliko število vabljenih predavanj, ki bi bila pomembna za katero koli skupino na svetu. Vabljen predavanja so bila predstavljena na skoraj vseh konferencah, od tistih manjših a odmevnih in prepoznavnih predvsem iz področja mejnega mazanja, do konferenc večjega svetovnega slovesa. V svetovnem merilu bi bilo težko najti katero pomembno mednarodno tribološko konferenco (ZDA, Kanada, Evropa, Kitajska, Japonska, idr.), kjer člani skupine v zadnjem obdobju niso nastopili kot vabljeni govorniki.</p>
	ANG	<p>a) Keynote lectures.</p> <p>Prof. Kalin is one of the most active researchers in the field of boundary lubrication, especially on the DLC coatings. Because of numerous publications and novelties introduced, prof. Kalin had an invited Plenary lecture in one of the world largest conferences with over 1,000 participants (International Tribology Conference ITC, Hiroshima, 2011) on Lubricant Additive Technology for Green Innovation, which is one of the major recognitions in his career. He presented a vision of the development of this area based on the latest technologies, supported by many, especially own, results in several directions. Based on this, he has been invited to present this work in a paper for journal Online Tribology, published by the Japan Tribology Association that holds high reputation in community, in spite not having SCI IF.</p> <p>Another Keynote lecture entitled »Engineering ceramics and their composites - tailoring material variables for tribological application« was given by prof. Kalin and prof. Basu at Wear Of Materials (Portland, USA, 2013) conference. WOM is the most respected conference related to wear of materials world-wide, with a tradition since 1970's; established by prof. K. Ludema and taking place only every two years. Being a keynote speaker in this conference holds as an indisputable honor in the field. This lecture was invited since prof. Kalin and prof. Basu (IIS Bangalore, India) published in 2011 a book "Tribology of ceramics and composites: a materials science perspective" by John Willey &amp; Sons Inc, 2011, which got a lot of international attention. It is an over 500-pages book, and one of very few that discuss the tribology of these materials of high scientific and industrial relevance.</p> <p>b) Invited lectures.</p>

		Members of the group had as much as 37 invited lectures at international conferences in 2009-2014 period, which is immense and meaningful for any group world-wide. The invited lectures were presented at almost all conferences, ranging from small high-profile and highly specialized – typical in boundary lubrication, to the most renowned and world's largest conferences. There is hardly any relevant international tribology conference world-wide; from USA, Canada, Europe, China, Japan, etc., where they would have not been as invited speakers in this period.
	Objavljeno v	Različne objave
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
5.	COBISS ID	25678912 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> 1.8 Vodilni mednarodno projekti
		<i>ANG</i> 1.8 Leading international projects
	Opis	<p>Vodje projektov</p> <p>Skupina je močno vpeta v mnogo mednarodnih projektov, za katere so bili pogosto tudi pobudniki. Od leta 2009 so člani skupine vodili slovenski del projektov ali pa v celoti koordinirali več mednarodnih EU FP6 in FP7 projektov v sodelovanju s pomembnimi mednarodnimi podjetji, kot so Volvo Technology, Volvo Cars, SKF, Lubrizol, Mercedes, Total, Sulzer, Tecvac, GKN, idr.:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EU FP7: ENTICE - Engineering Tribochemistry and Interfaces with a Focus on the Internal Combustion Engine (2012-2016)</li> <li>2. EU FP7: Matera SiNACERDI - Nanostructured composite materials and reinforced ductile iron for high wear (2011-2014)</li> <li>3. EU FP7: 2020 Interface - Tailoring of Tribological Interfaces for Clean and Energy-Efficient Diesel and Gasoline Powertrains (2009-2013).</li> <li>EU FP7: MINILUBES - Mechanisms of interactions in nano-scale of novel ionic lubricants with functional surfaces (2008-2012)</li> <li>4. EU FP6: WEMESURF - Characterisation of wear mechanisms and surface functionalities with regard to life time prediction and quality criteria – from micro to the nano range (2008-2009)</li> <li>5. EU FP6: EUREKA ROPTIM – Production technology optimization for rollers from Semi High Speed Steel (2006-2009)</li> <li>6. EU FP6: MATERA - Wear Resistant Ductile Iron – DIWEAR (2007-2009)</li> <li>7. X-Tribology - Multifunctional surfaces and lubricants containing synthetic and renewable components - Long-term properties such as thermal-oxidative stability, corrosiveness and tribological behaviour (2010- 2013).</li> <li>8. X-Tribology - Advanced multiphase tribo-functional surfaces - Wear mechanisms in hot forming applications (2010-2015).</li> </ol> <p>Člani skupine so zelo aktivni tudi na področju izključno industrijskih projektov, med katerimi je veliko mednarodnih. Leta 2010 smo s projektom »Study of lubricating agents adsorption on DLC coatings using neutron reflectometry« (2010-2012), zmagali na izjemno konkurenčnem mednarodnem javnem razpisu za industrijsko usmerjene tribološke raziskave. Razpis je objavila Taiho Kogyo Tribology Research Foundation iz Japonske. Projekt je predstavljal osnovo za nove in inovativne raziskave.</p> <p>Skupina trenutno vodi neposredno financiran industrijski projekt »Contact engineering and lubrication design for gears (2013-)«, v okviru katerega želi skupaj s podjetjem za izdelavo DLC (Sulzer) izboljšati kontaktne in mazalne lastnosti menjalnikov za F1 in Nascar dirkalne ekipe. Omenjeni</p>

	<p>projekt jasno kaže na usposobljenost skupine za uspešno povezovanje znanstvenega področja in industrije. Tehnologije razvite v okviru tega projekta sodijo med najbolj visoko tehnološke, pri čemer so bili razvojni partnerji skrbno izbrani iz celega sveta.</p> <p>V zadnjih letih je bila skupina naprošena, da v celoti koordinira še eden industrijsko financiran mednarodni projekt na področju tribološkega optimiziranja tornih gonil. Na projektu z naslovom »Increasing RVT traction« (2012-2013), katerega naročnik je podjetje Mazaro driving Innovations, skupina sodeluje še s podjetjem za razvoj olj in aditivov Lubrizol (VB) in razvojnim jeklarskim podjetjem Uddeholm (Švedska). Skupina trenutno vodi tudi projekt za ameriško podjetje - EIM Capital Partners (San Francisco), katerega namen je izboljšati obrabno odpornost stekel s prevlekami prenosnih telefonov.</p> <p>Skupina je sodelovala tudi pri številnih slovenskih državnih projektih, financiranih preko ARRS, slovenskega ministrstva za izobraževanje, znanost in šport, ministrstva za obrambo, kot tudi preko neposrednih pogodb z industrijskimi partnerji: Olma d.d., Domel d.o.o., Silgan d.o.o., Danfoss d.o.o., Difa d.o.o., Unior Zreče d.d., Filc d.d., Elpa d.o.o., Dynacast d.o.o., Valji d.o.o., Veyance Technologies Europe d.o.o., BSH d.o.o., Acroni d.o.o., Tajfun Planina d.o.o., KGL d.o.o., Poclain hydraulics d.o.o. and MEBOR d.o.o.</p>
ANG	<p>Project leaders</p> <p>The group is highly involved in many international projects, often being initiator of these. Since the year 2009, the group members have been leading the Slovenian part, or fully coordinating, several international EU FP6 and FP7 projects with high-profile international companies, such as Volvo Technology, Volvo Cars, SKF, Lubrizol, Mercedes, Total, Sulzer, TecVac, GKN, etc:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EU FP7: ENTICE - Engineering Tribochemistry and Interfaces with a Focus on the Internal Combustion Engine (2012-2016)</li> <li>2. EU FP7: Matera SiNACERDI - Nanostructured composite materials and reinforced ductile iron for high wear (2011-2014)</li> <li>3. EU FP7: 2020 Interface - Tailoring of Tribological Interfaces for Clean and Energy-Efficient Diesel and Gasoline Powertrains (2009-2013).</li> <li>EU FP7: MINILUBES - Mechanisms of interactions in nano-scale of novel ionic lubricants with functional surfaces (2008-2012)</li> <li>4. EU FP6: WEMESURF - Characterisation of wear mechanisms and surface functionalities with regard to life time prediction and quality criteria - from micro to the nano range (2008-2009)</li> <li>5. EU FP6: EUREKA ROPTIM - Production technology optimization for rollers from Semi High Speed Steel (2006-2009)</li> <li>6. EU FP6: MATERA - Wear Resistant Ductile Iron - DIWEAR (2007-2009)</li> <li>7. X-Tribology - Multifunctional surfaces and lubricants containing synthetic and renewable components - Long-term properties such as thermal-oxidative stability, corrosiveness and tribological behaviour (2010- 2013).</li> <li>8. X-Tribology - Advanced multiphase tribo-functional surfaces - Wear mechanisms in hot forming applications (2010-2015).</li> </ol> <p>The group members are also very active in purely industrially-driven projects, often at international level. In this way, in 2010 we won a highly competitive World-open call for industrially oriented tribology research in Japan at Taiho Kogyo Tribology Research Foundation with a project: »Study of lubricating agents adsorption on DLC coatings using neutron reflectometry« (2010-2012), which was the basis for a novel and</p>

	<p>innovative research.</p> <p>Currently, the group is conducting industrially funded project to improve surface engineering of gear transmissions of some F1 and Nascar racing teams, i.e. »Contact engineering and lubrication design for gears (2013-)«, together with a company Sulzer. This is the most obvious indication of scientific and industrial relevance of the group, since the technology studied and developed in this project is the uppermost high-tech, and research partners are very carefully selected in the world-broad selection.</p> <p>Moreover, in the last years, the group was asked to fully coordinate another industrially funded international project on tribological optimization of traction drive, namely »Increasing RVT traction“ (2012-2013), for the company Mazaro driving Innovations, together with oil/additive developer Lubrizol (UK) and major steel company Uddeholm (Sweden).</p> <p>In addition, a project on coated-glass wear resistance for mobile phones for an USA company - EIM Capital Partners (San Francisco) is currently conducted in the group.</p> <p>The group was also involved in several Slovenian national projects funded by ARRS, Slovenian Ministry of Education, Science and Sport, Ministry of Defense, as well with direct contracts with Industrial partners: Olma d.o.o., Domel d.o.o., Silgan d.o.o., Danfoss d.o.o., Difa d.o.o., Unior Zreče d.d., Filc d.d., Elpa d.o.o., Dynacast d.o.o., Valji d.o.o., Veyance Technologies Europe d.o.o., BSH d.o.o., Acroni d.o.o., Tajfun Planina d.o.o., KGL d.o.o., Poclain hydraulics d.o.o. and MEBOR d.o.o.</p>
Objavljeno v	Različne objave
Tipologija	2.20 Zaključena znanstvena zbirka podatkov ali korpus

### 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine<sup>6</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	21321321
		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	1. Akademska vključenost
	<i>SLO</i>	
	<i>ANG</i>	1. Academic Involvement
		<p>1.1 Pedagoške aktivnosti in funkcije</p> <p>a) Naša programska skupina je močno vpeta v poučevalni proces. V tem obdobju je pripravila program različnih predmetov od katerih jih je 16 trenutno del študijskega programa na Univerzi v Ljubljani. Te predmete smo predavali oz. jih še vedno izvajamo na treh različnih fakultetah: na Fakulteti za strojništvo, Fakulteti za matematiko in fiziko in na Naravoslovnotehniški fakulteti (materiali). Med najpomembnejše predmete, ki se še vedno izvajajo, sodijo tribologija, inženiring kontakta, maziva in v zadnjem času nanotehnologije. Programska skupina izvaja predavanja na vseh treh študijskih stopnjah (dodiplomski, magistrski in doktorski študij).</p> <p>b) Prof. Kalin, kot vodja programske skupine, je prav tako pobudnik in koordinator uglednega študijskega programa Erasmus Mundus Joint European Master programme "TRIBOS - Tribology of Surfaces and Interfaces", katerega je v višini 4,5 Mio€ finančno podprl EC EACEA, za obdobje 5 let. Gre za edinstven mednarodni program na področju tribologije, kateri je bil ustanovljen v sodelovanju z Univerzo v Leedsu, Tehniško univerzo v Lulei in Univerzo v Coimbri. Med 30 EMMC programi na celotni Univerzi v Ljubljani (50.000 študentov) je prof. Kalin edini</p>

		<p>koordinator takšnega skupnega evropskega študija. Omenjeni študijski program je bil leta 2013 uspešno akreditiral pri nacionalnem akreditacijskem organu NAKVIS in na Ministrstvu za izobraževanje. Na ta način smo na Fakulteti za strojništvo ustanovili povsem nov skupni evropski magistrski študij tribologije površin in kontaktov. Prva generacija 11 študentov iz celega sveta, trenutno obiskuje drugi semester programa TRIBOS, ki se odvija v Ljubljani.</p> <p>c) Člani naše programske skupine (najbolj zaslužen prof. Kalin kot njen vodja) so aktivno sodelovali v skoraj vseh možnih odborih fakultete (raziskovanje in mednarodno sodelovanje, zagotavljanje kakovosti, napredovanja in nagrade, specializacije, magistrski študij, raziskovalne aktivnosti) in Senatu (najvišji strokovni organ fakultete). V obdobju 2008-2012 je bil prof. Kalin izvoljen za predstavnika Fakultete za strojništvo v komisijo Univerze v Ljubljani za podeljevanje univerzitetnih študentskih nagrad. V obdobju 2007-2011 je bil izvoljen za prodekana za razvoj in mednarodno sodelovanje. Trenutno je imenovan za prodekana za pedagoško dejavnost magistrskega in doktorskega študija (2013- ). Pedagoški dosežki kažejo, da gre za enega bolj predanih, izkušenih in v pedagoški proces vključenih profesorjev na Fakulteti za strojništvo.</p> <p>d) Trenutno je naša programska skupina udeležena v profesorsko promocijo in habilitacijski postopek na tujih univerzah po Evropi (Francija, VB, Švedska), Indiji, Izraelu in prav tako v ZDA.</p> <p>Opis</p> <p>SLO 2.3. Mentorstvo študentom in doktorskim študentom</p> <p>a) Člani programske skupine so bili mentorji 95 dodiplomskim in magistrskim študentom v obdobju 2009-2014. Štirje naši študenti so prejeli fakultetno Prešernovo nagrado Fakultete za strojništvo za najboljša zaključena dela. Prav tako je ena študentka za svojo diplomsko nalogo prejela tudi nagrado podjetja Trimo, ki podpira najboljše diplomske študente. To kaže na predanost programske skupine in mentorstvo na visokem nivoju ter raziskovalno delo, z diplomskimi in magistrskimi študenti, na najvišji možni ravni.</p> <p>b) Poleg tega so bili oz. so člani naše programske skupine v zadnjih petih letih mentorji 18 doktorskim študentom. Do danes je doktoriralo 9 študentov, 9 pa jih v naši skupini še opravlja doktorski študij. Eden izmed teh, kateremu je prof. Kalin somentor, opravlja doktorat na TU na Dunaju. Naši doktorski študentje so financirani iz različnih virov: državno financiranje (štipendija ARRS), podjetja (neposredno industrijsko financiranje) in štipendije EC Marie Curie.</p> <p>c) Prof. Kalin, kot eden izmed pomembnejših strokovnjakov na področju mejnega mazanja, inženiringa površin in DLC prevlek, velikokrat nastopa na zagovorih doktoratov v tujini. V komisijah nastopa kot: član doktorskih komisij (Univerza v Lyonu, Univerza v Chalmersu, Univerza v Halmstadu, Tehniška univerza v Lulei), glavni izpraševalec (Univerza v Chalmersu) ali kot zunanji ocenjevalec (Univerza v Leedsu). Vloga v komisijah je odvisna od različnih nacionalnih sistemov.</p>
		<p>1.1 The teaching activities and functions</p> <p>a) Our programme group has a strong teaching record and has so far prepared numerous different courses, 16 of which are currently a part of curriculums at the University of Ljubljana. We thought/teach these courses at three different faculties: Mechanical engineering, Mathematics and Physics, and Natural Sciences (Materials). Among the most important and continuously-running courses are Tribology, Contact engineering,</p>

		<p>Lubricants and recently Nanotechnology. We teach courses at all three degree levels (undergraduate, master and doctor).</p> <p>b) Prof. Kalin is also the initiator and coordinator of the prestigious Erasmus Mundus Joint European Master programme "TRIBOS - Tribology of surfaces and Interfaces", which obtained funding from the EC EACEA in amount of 4.5 Mio€ for 5 years. This unique international programme in Tribology is established together with University of Leeds, Luleå University of Technology and Coimbra University. Among 30 EMMC programmes, which involve the members of the University of Ljubljana (50.000 students), Prof. Kalin is the only coordinator of such European joint programme at the whole University. The programme has also been accredited by national accreditation body NAKVIS and Ministry of Education in 2013 and, thus, we have established a completely new European Joint Master programme in Tribology of surfaces and Interfaces at the Faculty of Mechanical Engineering. The first generation of students from 11 countries world-wide is currently attending second semester in Ljubljana.</p> <p>c) The members of our Programme group (most notably Prof. Kalin as its leader) were actively involved in almost all possible Committees at the Faculty (Research and international cooperation, Quality assurance, Promotion and awards, Specialisation, Master studies, Research activities) and Senate (a decisive governing body of Faculty). Moreover, since 2008-2012 prof. Kalin was elected a representative of the Faculty of mechanical engineering in the committee for University student's awards at the University of Ljubljana. He also served as a Vice-Dean for Research and International collaboration in period 2007-2011. Currently, he is again appointed as a Vice-Dean, but this time for Master and Doctor study (2013-). This makes prof. Kalin one of the most involved, dedicated and experienced professors at the Faculty of Mechanical engineering, in spite of being the youngest full professor at the Faculty.</p> <p>d) Moreover, our Programme group members are also involved in professors' promotions and habilitations in other Universities in Europe (France, UK, Sweden), India, Israel, as well as the USA.</p> <p>1.2 Mentoring students and PhD students</p> <p>a) The members of the Programme group have mentored 95 BSc and MSc students in the period of 2009-2014. Four of our students have received student's awards for the best student theses: Prešeren award of the Faculty of Mechanical Engineering. Moreover, one of them obtained also an award from company Trimco, which supports the best graduate students. This shows our Programme group's dedication and high quality mentoring and research work with students already at the graduate and master degree level.</p> <p>b) Moreover, our Programme group members are/have overall mentored 18 PhD students in the last 5 years. In this time, 9 students had finished their PhD degrees and 9 are currently involved in the PhD study in our group, 1 at TU Wien, where Prof. Kalin is co-mentor. Our PhD students are sponsored in different ways: by the government (ARRS scholarship), companies (direct industrial funding) and from EC Marie Curie ITN projects with PhD scholarships.</p> <p>c) As one of the key experts in the area of boundary lubrication, surface engineering and DLC coatings, prof. Kalin often act in PhD defence activities abroad: as a PhD jury members (Ecole Centrale de Lyon, Chalmers University, Halmstad University, Luleå University of Technology), as major PhD opponents (Chalmers University) or as external examiners (University</p>
--	--	--



		of Leeds) – depending on the variety of national systems and different roles in these committees.
	Šifra	D.10 Pedagoško delo
	Objavljeno v	Ni objavljeno
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela
2.	COBISS ID	22222222 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> 2. Splošne javne objave
		<i>ANG</i> 2. General public outreach publications
	Opis	<p>a) Prof. Kalin je urednik knjige »Zgodovina strojništva in tehniške kulture na Slovenskem«, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana. Za knjigo je prispevalo odlomke in poglavja več kot 50 različnih avtorjev iz podjetij, inštitutov, univerz in muzejev, vključno z našo programsko skupino. Na 540 straneh knjiga predstavlja pomembne mejnike razvoja strojništva na Slovenskem: zgodovinski razvoj, pomembnejša obdobja, vidnejše izume ter vplivnejše slovenske inženirje in industrialce. V knjigi so predstavljeni razvoj sodobnega strojništva in vidnejši inženirji 20. stoletja. Prav tako je ponazorjena zgodovina Univerze v Ljubljani in Fakultete za strojništvo od leta 1919 naprej, in predstavitev najbolj naprednih slovenskih podjetij. Knjiga je bila izdana ob 50. obletnici odkar je Fakulteta za strojništvo postala samostojna članica Univerze v Ljubljani. Knjiga je bila natisnjena v 2000 izvodih, in je na voljo v več kot 60 slovenskih knjižnicah.</p> <p>b) Leta 2010 je prof. Kalin v celoti razvil in izvedel poseben projekt za informiranje javnosti in popularizacijo strojništva med osnovnošolci, srednješolci, njihovimi starši in širšo javnostjo. Projekt z naslovom »Dnevi strojništva« se je izvedel kot posledica sodelovanja med Fakulteto za strojništvo in Tehničnim muzejem Slovenije, kjer se v njihovih prostorih vsako leto tudi odvija en teden v septembru. Na dogodku so obiskovalcem s pomočjo 15-20 eksperimentov predstavljeni tradicionalni in moderni principi strojništva. V enem tednu se dogodka v povprečju udeleži 2000 obiskovalcev, tako posameznikov kot tudi organiziranih šolskih skupin. »Dnevi strojništva« so zaradi vsakoletne izvedbe (štiri leta zapored) že dobro uveljavljeni in so postali tradicionalni dogodek v Tehničnem muzeju Slovenije.</p> <p>c) Izkušnje in uspeh dogodka »Dnevi strojništva« so bili glavni vzrok, da je Slovenska akademija znanosti in umetnosti leta 2012 na dogodek, posvečen tematiki »Popularizacija tehnike v javnosti«, kot govornika povabila prof. Kalina. Na tem dogodku je prof. Kalin predstavil izkušnje in ostale ugotovitve pridobljene na dogodku »Dnevi strojništva«. Ob omenjeni priložnosti je bil izdan tudi zbornik s poglavjem na to temo: M. Kalin, »Dnevi strojništva«. v: Kocjančič, Slavko (urednik). Posvet o poučevanju tehnike, SAZU, 15. marca 2012, (Zbirka Znanje kot vrednota, 3). Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti, 2012, str. 120-129.</p> <p>d) M. Kalin, Solid liquid Bi-phase lubricating coatings. in: WANG, Qian (urednik), CHUNG, Yip-wah (urednik.). Encyclopedia of tribology. New York [etc.]: Springer, 2013, 3213-3224. Prof. Kalin je bil povabljen, da v trenutno eni najpomembnejših triboloških monografij: Enciklopedija tribologije (Springer Verlag) prispeva poglavje, ki temelji na njegovih zadnjih raziskavah in je povezano s posebnimi strategijami snovanja mej med trdnino in tekočino za prevleke na osnovi ogljika z dvofaznim mejnim mazanjem. V poglavju so predstavljene kombinacije učinkov, ki so posledice fizikalnih lastnosti maziva, površinske energije prevlek in s tem povezanega pojava omočljivosti in zdrsa na stiku tekočine in trdnine.</p>

		<p>e) J. Vižintin, <i>Gonila in pogonski sklopi</i>, Ljubljana: Slovensko društvo za tribologijo, 2012, XVIII, 408 str., ilustr. Gre za celovit učbenik o pogonskih prenosih in pretvorba hitrosti pogonov vozil in transportnih strojev in naprav, ki je bilo manjkajoči del v slovenski literaturi na področju strojništva. To je omogočilo Slovencem študentov in inženirjem dostop do znanja o razvoju prenosnih gonil za moderna vozila in industrijsko proizvodnjo v njihove jeziku.</p>
	ANG	<p>a) Prof. Kalin is the Editor of the book »History of mechanical engineering and technical culture of Slovenia«, Faculty of mechanical engineering, Ljubljana, 2010. Over 50 different authors from various companies, institutes, universities and museums – including contributed sections and chapters to a coherently and systematically edited book. On 540 pages this book presents key milestones of development of mechanical engineering in Slovenia along the historical path, with key eras, inventions, major inventors, engineers, and industrials. Development of modern mechanical engineering with the most visible engineers in 20th century is also depicted. Finally, development of the University of Ljubljana and the Faculty of Mechanical Engineering since 1919 is described, including presentation of today's most advanced Slovenian companies. The book was released during the celebration of the 50th anniversary of the Faculty of Mechanical Engineering as an independent faculty at the University of Ljubljana. The book was printed in 2.000 copies and is available in over 60 libraries over Slovenia.</p> <p>b) In 2010, Prof. Kalin, started and fully developed a special project for public outreach and popularization of Mechanical engineering to primary and secondary school students, to their parents and general public. The project called »Days of Mechanical Engineering« is set under a combined patronage of the Faculty of Mechanical Engineering and the Technical Museum of Slovenia, where the event also takes place. Its duration is one week in September. 15-20 different practical experiments are shown to visitors, explaining conventional and modern systems and principles in Mechanical Engineering. Individual visitors and organized school excursions take place, accounting for about 2.000 visitors in that week. The event is already well-established, has taken place for four consecutive years, and is intended to become traditional.</p> <p>c) Experience and success of the event »Days of Mechanical engineering« were the reasons for the invitation of Prof. Kalin as a speaker to a dedicated event on Engineering popularization in public, which Slovenian Academy of Art and Science (SAZU) organized in 2012. Prof. Kalin discussed about these experiences and other aspects and a chapter in the proceedings was also prepared at that occasion: M. Kalin, »Days of Mechanical engineering«, in: S. Kocijančič (ed.), <i>Symposium Teaching techniques</i>, SAZU, 15. March 2012, (Edition Knowledge as a value, 3), Ljubljana: Slovenian Academy of Art and Science, 2012, pg. 120-129.</p> <p>d) M. Kalin, <i>Solid liquid Bi-phase lubricating coatings</i>, in: Q. Wang (ed.), Y. Chung (ed.), <i>Encyclopedia of tribology</i>, Springer, New York [etc.], 2013, pg. 3213-3224. The <i>Encyclopedia of Tribology</i> (Springer Verlag) is, currently, one of the most important tribology monographs, in which Prof. Kalin was invited to contribute a chapter based on his recent studies related to the special strategies of solid-liquid interface design for carbon-based coatings under bi-phase boundary lubrication. The section deals with a combination of effects arising from the physical properties of the lubricant, surface energy of coatings and corresponding wetting and slip phenomena at the interface.</p> <p>e) J. Vižintin, <i>Transmissions and drive trains</i>, Ljubljana: Slovenian society</p>

		of tribology, 2012, XVIII, 408 str., ilustr. This comprehensive textbook about power transmission and speed conversion drives of vehicles and transport machines and devices was a missing part in the Slovenian literature in the field of mechanical engineering, which enabled Slovenian students and engineers alike to gain knowledge about the development of transmission drives for modern vehicles and industrial machinery in their native language.
	Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
	Objavljeno v	Različne objave
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	COBISS ID	21555555 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> 3. Članstvo v strokovnih organizacijah
		<i>ANG</i> 3. Membership in professional organisations
	Opis	<p><i>SLO</i></p> <p>a) V Sloveniji je naša skupina aktivna v različnih strokovnih inženirskih organizacijah in odborih. Smo eden izmed ustanoviteljev (1994) Slovenskega društva za tribologijo, kjer imajo naši člani tudi številne pomembne funkcije, kot so: predsednik, tajnik in članstvo v izvršilnem odboru. Društvo na vsaki dve leti organizira mednarodno konferenco Slotrib, kjer je naša programska skupina nastopa kot organizacijski vodja. Društvo spada v skupino štirih društev (Slovenija, Švica, Italija in Avstrija), katera so ustanovila novo evropsko tribološko konferenco »Ecotrib 2007, 2009, 2011, 2013«. Prva, ustanovitvena, konferenca s 300 udeleženci je bila organizirana leta 2007 v Ljubljani. Prav tako sta prof. Kalin (2006-) in prof. Podgornik (2009-) člana izvršnega odbora Slovenskega društva za materiale.</p> <p>b) Od leta 2010 je vodja programske skupine prof. Kalin član znanstvenega odbora ARRS za tehnična področja, kjer podpira strateško vodenje ARRS. Prav tako je bil v obdobju 2008-2012 imenovan za člana založniškega odbora revije z SCI faktorjem vpliva Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering. Od leta 2006 je prav tako član Slovenskega nacionalnega odbora za inovacije.</p> <p>c) Programska skupina je prav tako aktivna tudi v mednarodnih društvih, predvsem v STLE in ASME. STLE je svetovno priznana organizacija, ki združuje tribologe iz celega sveta. Vodja skupine, Prof. Kalin je bil v obdobju 2004-2005 pri STLE predsednik odbora za keramiko in kompozite. Prav tako je deloval tudi na drugih položajih. Med drugim je bil tudi član Mednarodnega svetovnega odbora. Na letnih srečanjih STLE, kjer se zbere do 1500 udeležencev, redno nastopa v komisiji za pregled študentskih posterjev (do sedaj 5 let zapored). Pred kratkim je postal eden izmed 9 tehničnih urednikov STLE revije TLT, kjer ena izdaja obsega 14.000 tiskanih izvodov. Vloga tehničnih urednikov je svetovanje uredniku v zvezi s sodobnimi in pomembnimi raziskovalnimi in industrijskimi vprašanji, kot tudi svetovanje o pomembnih temah revije. Pri ASME je prof. Kalin sodeloval v Izobraževalnem odboru in pri organizaciji dveh svetovnih triboloških kongresov.</p> <p>d) Leta 2009 je bil vodja skupine, prof. Kalin povabljen, da nastopi kot predsednik mednarodne konference z naslovom »Advances in boundary lubrication and surface boundary films«. Gre za visoko specializirano konferenco na tem področju, katera se je odvijala tretjič v obdobju treh let. Prof. Kalin je konferenco organiziral v Seville (Španija), pod pokroviteljstvom ECI (ZDA). Konferenca je bila zelo uspešna, saj je na njej sodelovalo okoli 60 najbolj priznanih znanstvenikov iz področja tribokemije,</p>

	<p>MD simulacij, tribologije površin in nanotribologije. Prof. Kalin si organizacijo takšnega dogodka in sodelovanja s sopredsedujočimi prof. Spike-som (Univerza Imperial College), prof. Hsu-jem (GWU Washington) in prof. Spencer-jem (ETH Zurich) šteje v veliko čast.</p> <p>Poleg tega je bil na svetovni tribološki konferenci (WTC) v Torinu leta 2013 prof. Kalin organizator tematskih sekcij za celoten Ecotrib, kateri je to leto zaradi prekrivanja terminov potekal sočasno z WTC. Prof. Kalin in prof. Vižintin sta bila obenem tudi člana odbora celotne konference (WTC). Programska skupina je bila na takšen ali drugačen način vključena tudi na ostalih konferencah, katerih se je udeležila. Tako je na konferencah nastopila na vodstvenih sejah, kot član znanstvenega ali organizacijskega odbora, itd.</p>
ANG	<p>a) In Slovenia, our Programme group members are active in several professional engineering societies and boards. We were the founding members (1994) of the Slovenian society of tribology, where our members have several key functions, e.g., the president, the secretary, as well as memberships in the Executive board. The society organises bi-annual international conferences Slotrib where our Programme group members act as organising chairs. The society is also one of the four societies (Slovenia, Switzerland, Italy and Austria) that have started a new bi-annual European conference on tribology "Ecotrib 2007, 2009, 2011, 2013", and the first - founding - conference with 300 attendees was organised in Ljubljana in 2007. Prof. Kalin (2006-) and prof. Podgornik (2009-) are also a members of the Executive committee of Slovenian society for materials.</p> <p>b) Since 2010, Prof. Kalin, is also a member of the Scientific board of ARRS for Technical fields, supporting strategic leadership of ARRS. Moreover, he was also appointed as a member of Publishing council of SCI IF journal Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering (2008-2012). Since 2006 he is also a member of the Slovenian National board for Innovation SFI.</p> <p>c) Our Programme group members are also active in the international societies, primarily STLE and ASME. STLE is a world-wide organisation joining tribologists from all continents. Prof. Kalin, acted on various positions, including being a member of the International Advisory board and he is regularly (now for 5 consecutive years) one of a few judges for student posters at STLE Annual Meetings, where up to 1.500 delegates are attending. Recently, he was invited to become one of 9 Technical Editors of the STLE journal TLT, with about 14.000 only hard-copies per issue. The purpose is to suggest the Editor with the contemporary and relevant research and industrial issues and with the strategic topics in the journal. For ASME, prof. Kalin was acting in the Education committee and organised tracks at two World tribology congresses.</p> <p>d) In 2009 the Programme group leader, Prof. Kalin, was asked to serve as a Chair of an international conference Advances in boundary lubrication and surface boundary films, a highly specialised conference in this field, the third in a row of a 3-year period events. He organised this conference in Seville, in Spain, under patronage of the ECI, USA. This successful conference joined about 60 of the most renowned scientists in the field of tribochemistry, MD simulations, surface tribology and nanotribology. Prof. Kalin had an honour to chair such high-level event and working with the co-chairs Prof. Spikes (Imperial College), Prof. Hsu (GWU Washington) and Prof. Spencer (ETH Zurich).</p> <p>Moreover, in the World Tribology Congress (WTC) in 2013 in Turin, Prof. Kalin was acting as a Track organiser for the entire Ecotrib conference</p>

		track, which was this year associated with the WTC due to the same year/period events and together with prof. Vižintin acted as one of the board members of the whole WTC. There are also countless of other engagements of our Programme group members in practically any conference they attend, such as chairing sessions, being members of scientific or organising boards etc.	
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	Različne objave	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
4.	COBISS ID	23333333	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	4. Sodelovanje z industrijo
		ANG	4. Cooperation with industry
	Opis	SLO	<p>a) Precejšnji del raziskav programske skupine je bilo izvedenih v sodelovanju z industrijo. Na ta način želi skupina prenesti znanstvena spoznanja v aplikativno usmerjeno okolje. Na tovrstna udejstvovanja kaže tudi kriterij ARRS A3 naše programske skupine, ki predstavlja sodelovanje raziskovalca na financiranih domačih in evropskih projektih. Vrednost kriterija A3 vodje programske skupine, prof. Kalina, je najvišja možna; A3=10. Vsota vrednosti članov programske skupine je A3=10. Programska skupina tako sodeluje pri več znanstvenih projektih v sodelovanju s priznanimi slovenskimi podjetji, kot so: Kolektor, Iskra Mehanizmi, Danfoss, Hidria, Olma, Unior, idr. Prav tako sodeluje tudi pri projektih z manjšimi slovenskimi podjetji. V bibliografiji programske skupine tako najdemo 216 poročil o različnih industrijskih primerih in projektih v obdobju 2009-2014.</p> <p>b) Poleg tega sodelujejo tudi z mednarodnimi podjetji. V preteklosti so imeli sklenjene neposredne pogodbe s podjetji Bekaert, Atlas Copco in Dow Chemicals. Danes pa sodeluje s podjetji AC2T; na projektu mazanja DLC, Sulzer; izboljšanje menjalnikov za F1 in Nascar, Mazaro, Uddeholm in Lubrizol; izboljšanje tornih lastnosti inovativnih menjalnikov in z EIM Capital Partners (ZDA); izboljšanje obrabne odpornosti stekel s prevlekami za mobilne telefone. Projekti so opisani tudi v poglavjih 4, 9.1 in 10.1 tega poročila.</p> <p>c) Poleg že omenjenih projektov je naša programska skupina v sklopu evropskih projektov sodeloval tudi z drugimi vodilnimi razvojnimi podjetji, kot so: Volvo Technology, Volco cars SKF, Mercedes MBA, Bekaert, Sulzer, Total, Lubrizol, idr. Prav tako so imeli člani programske skupine v nekaterih podjetjih tudi vabljen predavanja: Caterpillar Inc. (Peoria, IL, ZDA), SKF Research Centre (Utrecht, NL), Bekaert research centre (Zulte, B), Sulzer SAS (Limoges, Francija), Atlas Copco (Wilrijik, Belgija) in Danfoss (Ljubljana, Slovenija).</p> <p>d) Trenutno je prof. Kalin kot član programske skupine tudi koordinator projekta »Tribology of Surfaces and Interfaces« v sklopu EC EACEA TRIBOS Erasmus Mundus. Čeprav je projekt primarno zastavljen kot skupni evropski magistrski študijski program (opisan v poglavju 5-1.1 b), ta projekt obenem vključuje tudi sodelovanje z industrijskimi partnerji Scania, Volvo, SKF, Total, VW, Mahle, Keronite, Celoplas, idr. Tovrstno sodelovanje koordinira prof. Kalin. Predstavljena podjetja v okviru TRIBOS študija magistrskim študentom ponujajo poletne prakse in industrijske tematike za pripravo magistrskih nalog.</p>

		<p>Programme group members, indicating the amount of contracts in private and EU projects sector. The Programme group leader, Prof. Kalin's value is at maximum value of A3=10 and the summary for the Programme group members is A3=31.67. The Programme group collaborates in several scientific projects with renowned Slovenian companies, such as Kolektor, Iskra Mehanizmi, Danfoss, Hidria, Olma, Unior, etc. and many smaller-size companies. The bibliography of the Programme group members contains 216 reports of different industrial cases and projects in the period of 2009-2014.</p> <p>b) Moreover, strong activity with direct contracts is set also with several international companies, where we collaborated with Bekaert, Atlas Copco, Dow Chemicals, and currently with AC2T in lubrication of DLC, with Sulzer in gears improvements for F1/Nascar racing teams, with Mazaro, Uddeholm and Lubrizol to improve traction performance of an innovative transmission and with EIM Capital Partners from USA to improve wear resistance of coated glass for mobile phones. This is described also in Sections 4, 9.1, 9.2 and 10.1 of this report.</p> <p>c) Beside the aforementioned projects, our Programme group had many collaborations through international EU projects, where strong connection is grounded with some research-leading companies such as Volvo Technology, Volvo cars, SKF, Mercedes MBA, Bekaert, Sulzer, Total, Lubrizol, etc. Our Programme group members also gave several invited lectures at these companies, e.g., Caterpillar Inc. (Peoria, IL, USA), SKF Research Centre (Utrecht, Netherlands), Bekaert research centre (Zulte, Belgium), Sulzer SAS (Limoges, France), Atlas Copco (Wilrijk, Belgium) and Danfoss (Ljubljana, Slovenia).</p> <p>d) Currently, Prof. Kalin is also a coordinator of an EC EACEA TRIBOS Erasmus Mundus project on Tribology of Surfaces and Interfaces. In addition to being primarily a Joint European Master study programme (described in Section 5-1.1b), this project, coordinated by Prof. Kalin, also involves a consortium of supporting industrial partners including Scania, Volvo, SKF, Total, VW, Mahle, Keronite, Celoplas, etc. In coordination with TRIBOS, these companies offer to the TRIBOS master students summer-time internships and industry-related projects for their Master theses.</p>
	ANG	
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	Različne objave
	Tipologija	2.20 Zaključena znanstvena zbirka podatkov ali korpus
5.	COBISS ID	23455555 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO 5. Patenti
		ANG 5. Patents
		<p>V zadnjih petih letih smo razvili nove tehnike za izvedbo preizkusov, zasnoval več novih naprav ter predlagal nove rešitve na področju tribologije in inženiringa površin. Med letom 2009 in 2014 imamo v lasti 4 patente in 4 aplikacije patentov.</p> <p>a) V zadnjih letih smo bili intenzivno vključen v razvoj kontaktnih površin, ki na tribološke lastnosti vplivajo preko površinske energije in interakcijskih konceptov omočljivosti površine z oljem. Pri teh raziskavah je prišlo do pomembnih novih odkritij. Nekatera odkritja so primerna za neposredno uporabo v industriji. Na podlagi novih odkritij je vodja skupine, prof. Kalin, prijavil v Sloveniji tri patente: (1) M. Kalin, Aditiv za maziva in mazivo, vsebujoče tovrsten aditiv: SI 23990 (A), 2013-08-30; (2) M. Kalin, Batni obroč, s tovrstnim obročem opremljen bat ter vsaj en tovrsten bat</p>

	Opis	<p>obsegajoč batni stroj: SI 24182 (A), 2014-03-31; and (3) M. Kalin, Za zmanjšanje trenja med steno valja in batom prirejen batni obroč, s tovrstnim obročem opremljen bat ter vsaj en tovrsten bat obsegajoč batni stroj: SI 24181 (A), 2014-03-31.</p> <p>b) V zadnjem času sta bila po PCT postopku prijavljena še dva mednarodna patenta: (1) M. Kalin, Lubricant additive and lubricant containing such additive: international application number PCT/SI2013/000004 in (2) M. Kalin, Piston ring, piston comprising such ring and piston machine comprising at least one such piston : PCT/SI2013/000053: prijava patenta [Ženeva: WIPO]. Zadnja prijava patenta je bila poslana v pregled uradni mednarodni komisiji. Vseh 9 členov patenta je bilo priznanih kot novih inovativnih in industrijsko uporabnih, kar predstavlja dobro osnovo za dejansko pridobitev patenta v naslednjih letih. Dogovori o prenosu omenjene inovacije v industrijo so potekali s podjetjem Sulzer (skupina IPR, Köln, Nemčija) jeseni 2013. Nadaljnja dogovarjanja so planirana še letos, a so odvisna od izida prijave patenta.</p> <p>Poleg tega sta bila zadnjem času prijavljena še dva patenta na mednarodnem nivoju v sodelovanju z člani naše programske skupine: 1) U. Tomc, A. Kitanovski, M. Ožbolt, U. Plaznik, U. Flisar, J. Tušek, A. Poredoš, B. Malič, H. Uršič, S. Drnovšek, J. Cilensšek, Z. Kutnjak, B. Rožič, Method for electrocaloric energy conversion, München: European Patent Office, 2013; and (2) M. Sopicka-Lizer, J. Myalski, T. Pawlik, D. Michalik, A. Witkowska, N. Valle, J. Vižintin, M. Sedlaček, A. Botor-Probierz, Sposób wytwarzania kompozytu aluminiowo-ceramicznego zawierającego drobnodispersyjne czastki ceramiczne : patentna prijava P.402725. Warszawa: Urząd patentowy RP Polskiej, 2013.</p>
	ANG	<p>In the past 5-year period we have developed several experimental techniques and designed several devices, as well as provided novel tribological and surface engineering solutions. Between 2009 and 2014 we consequently have 4 patents and 4 patent applications.</p> <p>a) In the recent years we have been intensively involved in the engineering of the contact interfaces and thereby affecting the tribological performance through the surface energy and surface/oil wetting interaction concepts. Important and completely new findings were reported. Some of these are relevant for a direct industrial implementation. In this view, the Programme group leader, Prof. Kalin, has already been issued three patents in Slovenia: (1) M. Kalin, Lubricant additive and lubricant containing such additive: SI 23990 (A), 2013-08-30; (2) M. Kalin, Piston ring, piston comprising such ring and piston machine comprising at least one such piston: SI 24182 (A), 2014-03-31; and (3) M. Kalin, Adapted piston ring to reduce friction between cylinder wall and piston, piston comprising such ring and piston machine comprising at least one such piston: SI 24181 (A), 2014-03-31.</p> <p>b) Moreover, two patents were recently applied internationally by a PCT (and EU) procedure: (1) M. Kalin, Lubricant additive and lubricant containing such additive: international application number PCT/SI2013/000004; and (2) M. Kalin, Piston ring, piston comprising such ring and piston machine comprising at least one such piston : PCT/SI2013/000053: patent application [Geneva: WIPO]. The later patent application was subjected to an International official check and all 9 claims were found new, innovative and industrially applicable, thus, very good grounds are set to actually obtain this patent in the next</p>

		years. In fact, regarding the transfer of this innovation to the industry, preliminary discussion with Sulzer (mother company IPR team in Cologne, Germany) was performed in autumn 2013. New discussions are planned for this year, according to the outcome of the PCT application. Two more patents were applied recently on the international level in collaboration with our Programme group members: (1) U. Tomc, A. Kitanovski, M. Ožbolt, U. Plaznik, U. Flisar, J. Tušek, A. Poredoš, B. Malič, H. Uršič, S. Drnovšek, J. Cilensšek, Z. Kutnjak, B. Rožič, Method for electrocaloric energy conversion, München: European Patent Office, 2013; and (2) M. Sopicka-Lizer, J. Myalski, T. Pawlik, D. Michalik, A. Witkowska, N. Valle, J. Vižintin, M. Sedlaček, A. Botor-Probierz, Sposób wytwarzania kompozytu aluminiowo-ceramicznego zawierającego drobnodispersyjne czastki ceramiczne : patentna prijava P.402725. Warszawa: Urząd patentowy RP Polskiej, 2013.
Šifra	F.32	Mednarodni patent
Objavljeno v	Različne objave	
Tipologija	2.24	Patent

## 8. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>7</sup>

### A.2: Knjiga

a) Knjiga: B. Basu, M. Kalin, Tribology of ceramics and composites: a materials science perspective, John Wiley & Sons Inc, 2011. Leta 2011 sta prof. Kalin in prof. Basu iz IIS Bangalore (Indija) izdala obsežno znanstveno knjigo pri enem najbolj priznanih založnikov tj. Wiley. Knjiga obsega preko 500 strani, 500 fotografij in 1000 referenc (<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470522631.html>). Predgovor in uvod knjige so napisali štirje najvplivnejši znanstveniki na področju tribologije keramike: I. Hutchings (Univerza v Cambridgu), K. H. Zum Gahr (Univerza v Karlsruhe), K. Kato (Univerza v Tohoku) in S. Jahnamir (Miti heart Corp., gostujoči profesor na MIT, Cambridge, ZDA).

### A.3/A.6: Poglavlja v knjigah

#### A.3/A.6: Enciklopedija tribologije

a) M. Kalin, Solid liquid Bi-phase lubricating coatings. v: WANG, Qian (urednik), CHUNG, Yip-wah (urednik.). Encyclopedia of tribology. New York [etc.]: Springer, 2013, 3213-3224. Prof. Kalin je (Springer Verlag) prispeval poglavje, ki temelji na njegovih zadnjih raziskavah in je povezano s posebnimi strategijami snovanja mej med trdnino in tekočino za prevleke na osnovi ogljika z dvofaznim mejnim mazanjem.

b) Pri založbi World Scientific je v letu 2014 izšla knjiga Aqueous Lubrication: Natural and biomimetic approaches (ISBN-10 981-4313-76-9). Urednik knjige je prof. N. Spencer (ETH Zurich), ki je eden izmed vodilnih znanstvenikov na področju mejnega mazanja in tribokemije. Prof. Spencer je povabil prof. Kalina, da prispeva eno izmed osmih poglavij z naslovom: »Aqueous lubrication of ceramics«. V tem poglavju je prof. Kalin strnil svoje izkušnje in znanja, pridobljena v svoji zgodnji karieri, ko je iz področja keramike in vodnega mazanja le-te objavil preko 30 člankov.

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

V Programski skupini smo stremeli k raziskovanju in reševanju številnih sodobnih in pomembnih znanstvenih problemov ter k zadovoljevanju določenih ključnih industrijskih potreb na svojem področju. Uporabili smo številne inovativne metode, ki so izjemno pomembne za razvoj znanosti in tehnologije in so dandanes nujno potrebne. Veliko rešitev je popolnoma novih in predstavljajo preboj na številnih znanstvenih področjih.

Zelo smo bili aktivni na področju nanotribologije (in splošne tribologije). Naš glavni cilj je bilo



povečanje učinkovitost drsnih sistemov z raziskavami in razvojem zelenih, okolju prijaznih tehnologij mazanja, ki predstavljajo eno izmed glavnih smernic sodobne tehnologije. V zvezi s tem smo bili osredotočeni na nano-strukturirane materiale, trenje na nano nivoju in nano mazalne filme, ki so bistvenega pomena za razvoj številnih mehanskih komponent in sistemov. Kot prvi smo uporabili nevtronsko reflektometrijo za natančno karakterizacijo organskih površinskih nanofilmov na DLC površinah. Na podlagi tega znanja bomo lahko kot prvi v objekt za nevtronsko reflektometrijo namestili poseben tribotester, za sub-nanometrsko ločljivost pri raziskavah adsorpcije ob sočasni pristnosti tribološkega kontakta in s tem prvi nesporno potrdili obstoj te nove inovativne zelene tehnologije mazanja. Dodatno smo s preučevanjem interakcij med površino in tekočino razložili precej nasprotij iz preteklosti in prvič razkrili neizpodbitno povezavo med površinsko energijo, omočljivostjo, zdrsom in trenjem.

Drugo raziskovalno področje je inženiring kontaktov in površin. V veliki meri smo bili tu usmerjeni v razvoj površinskih prevlek z veliko nosilnostjo in zanesljivostjo ter v pripravo takih mazalnih snovi, ki bodo ekološko sprejemljive in obenem omogočale nastanek nano-mikro mazalnega filma v kontaktu. Tu smo postali ena vodilnih skupin v svetovnem merilu. Dokaz za to je konferenca v Španiji leta 2009, kjer smo bili nosilci in organizatorji strokovnega programa konference. Poleg tega smo kot prvi pokazali, da je DLC prevleke mogoče zelo učinkovito mazati z uporabo nanodelcev trdnih maziv. Aktivni smo bili tudi pri teksturiranju površin z namenom zmanjšanja porabe maziv. Na tem področju smo ena nosilnih raziskovalnih inštitucij poleg Izraelcev. Izdelali smo model pretoka fluida in hidrodinamičnega mazanja na teksturiranih površinah in optimirali parametre teksturiranja za povečanje zanesljivosti delovanja sistemov pri zmanjšani količini maziva v kontaktu. Pridobili smo dobre znanstvene in aplikativne rezultate, še posebej na račun sodelovanja z drugimi raziskovalnimi skupinami s Fakultete za strojništvo. Zelo pomembne so bile tudi naše aktivnosti povezane z raziskavami polimernih materialov za tribološke aplikacije – razložili smo več topografskih pojavov in obrabnih mehanizmov. Da bi opozorili na pomembnost znanstvenega raziskovanja polimerov, smo v letu 2014 organizirali tudi konferenco Polytrib, prvo mednarodno konferenco o tribologiji polimerov, kjer je več kot 70 predstavnikov mednarodnih raziskovalnih inštitutov in industrije izmenjalo znanje in izkušnje.

Na področju hidravlike smo nadaljevali z izboljšavami vodnih hidravličnih komponent in tako še naprej narekovali smernice sodobne znanosti k okolju prijaznim tehnologijam. Razvijamo napravo za avtomatsko diagnosticiranje hidravličnih motorjev ter univerzalni analizator in odstranjevalec vode iz hidravličnega olja, kar izhaja iz potreb slovenske in mednarodne industrije.

Četrto področje je diagnostika, predvsem spremljanje dogajanja v tribološkem kontaktu med delovanjem pogonskih in delovnih sistemov. V preteklem programskem obdobju smo dosegli na znanstvenem in predvsem na aplikativnem področju rezultate, ki jih od nas zahteva industrija. V okviru razvijamo tudi model za vzdrževanje po stanju, ki ga bomo nato uveljavljali v slovenski industriji.

Po našem mnenju so našeta področja izjemno zanimiva za razvoj znanosti in predvsem za aplikacijo tega znanja v neposredni praksi.

ANG

The Programme Group studied and solved several very important scientific problems and satisfied several key industrial needs in our field. Several innovative methods were used, which are of great importance for the development of science and technology and are crucially needed today. Many of the solutions are completely new and represent a breakthrough in several scientific fields.

We were very active in the field of nanotribology (and general tribology). Our main focus was to increase the efficiency of sliding systems by research and development of green, environmentally-friendly lubrication technologies, which is one of the main trends in modern technology. Our research in this respect was focused on nano-structured materials, friction on nano level and nano lubrication films, which are essential for the development of many mechanical components and system. We were the first to employ neutron reflectometry for a detailed characterization of organic surface nanofilms on DLC surfaces. Based on this knowledge

we will be able to implement for the first time a dedicated tribotester into the neutron beam facility for the sub-nanoscale resolution adsorption investigation under simultaneous tribological conditions to indisputably validate the existence of novel green lubrication technology. Also, by studying surface-liquid interactions we explained some controversies of the past and for the first time revealed indisputable correlation between surface energy, wetting, slip and friction.

Second research field was contact and surface engineering. Part of our research was focused to develop reliable surface coatings with high load-carrying capacity on one side, and lubricating fluids which are environmentally adapted and capable of forming nano-micro lubricating films in the contact. In this field, we have become one of the leading groups in the world. Good example is a surface films conference hosted in Spain in 2009, where we were co-organizer and responsible for the technical program. We also showed for the first time that DLC coatings can be very effectively lubricated with the use of solid lubricant nanoparticles. Our activities were also in surface texturing, with main focus on lubricant quantity reduction. In this field we are one of the leading research institutes beside Israel. We have introduced a model for fluid flow and hydrodynamic lubrication of textured surfaces, and optimized texturing parameters for increased reliability of systems with reduced lubrication. We acquired positive scientific and applied results, especially on account of cooperation with different laboratories at the Faculty of Mechanical Engineering. Another very important activity was related to research of polymer materials for tribological applications – we explained several topographic phenomena and wear mechanisms. To highlight the importance of scientific research of polymers, we also organized Polytrib conference in 2014, the first international conference on polymer tribology, where over 70 representatives from international research institutes and industry exchanged their knowledge and experiences.

In the field of power hydraulics we continued with improvements in water hydraulic components, setting the trends of modern science towards environmentally-friendly technology. We are developing a device for automatic diagnosis of hydraulic motors and a universal analyser and remover of water from hydraulic oil, which is deriving from the needs of Slovenian and international industry.

The fourth field is diagnostics, mainly condition monitoring of tribological contacts in different mechanical systems. In the past period, we obtained scientific and applicative results based on the requirements of the industry. We are developing a model for condition based maintenance, which will be introduced in the Slovenian industry.

We believe that above mentioned fields are of big interest for progress of science and application of this knowledge in industry.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Načrt Programske skupine Tribologija za obdobje med 2009 in 2014 je bil, z vidika varčevanja energije in surovin, uvajanja čistih in obnovljivih energij, zmanjševanja odpadnih snovi in nastanka toplogrednih emisij ter odpadnih materialov, v skladu z državnimi in mednarodnimi strategijami, zakonodajami in mednarodnimi protokoli. S svojimi aktivnostmi smo se osredotočili na zmanjševanje porabe energije zaradi izgub, ki so posledica trenja, zmanjšanje obrabe, povečevanje zanesljivosti in posledično povečevanje učinkovitosti industrijskih sredstev. Vsebina načrta je bila tako sama po sebi zelo pomembna za gospodarstvo in družbo.

1. Načrt Programske skupine je bil v skladu s Kyotskim protokolom in EC zakonodajo o emisijah in je zadeval vse industrijske panoge. Jasno je, da ima onesnaževanje s toplogrednimi plini in nevarnimi snovmi velik vpliv na globalno segrevanje, klimatske spremembe, zdravje in posledično na celotno družbo. Omenjeni dejavniki tako predstavljajo enega najpomembnejših področij, ki ga je potrebno spremeniti v globalnem merilu.

2. Programska skupina je v obdobju 2009-2014 tesno sodelovala s številnimi (državnimi in mednarodnimi) akademskimi in industrijskimi partnerji, kar je v skladu z državnimi prioritetami in Lizbonsko strategijo.

3. Skupina je bila aktivno vključena v pedagoško delo na dodiplomskem in podiplomskem

študiju. Širjenje interdisciplinarnega znanja na najvišji ravni pozitivno vpliva na prenos tega znanja študentom in nato na širšo javnost in industrijo.

4. Vsi novi sistemi, ki se jih je raziskovalo in razvijalo predstavljajo pomembne novosti na različnih področjih ter imajo velik tržni potencial in uporabnost v aplikacijah. To ima posledično velik vpliv na konkurenčno prednost sodelujočih industrijskih partnerjev.

5. V Sloveniji je nekaj visoko razvitih industrijskih sektorjev, kjer deluje tudi več uspešnih mednarodnih podjetij s področja avtomobilske industrije in bele tehnike (Kolektor, Hidria, Cimos, Iskra Mehanizmi, Iskra Avtoelektrika, Gorenje, Domel,...). Naše tesno sodelovanje z večino teh podjetij in njihovo močno medsebojno sodelovanje pomenita, da uspeh enega podjetja vpliva tudi na uspeh ostalih in imata zato veliko širši in pomemben družbeni vpliv v Sloveniji.

6. Predhodno omenjene prednosti niso bile samo finančne ampak tudi neposredne, saj so prispevale k izboljšanju ugleda imena znamke. S pomembnim prispevkom teh podjetij k stalnemu razvoju, sta njihov vodilni položaj v svetu in ugled postala izrazitejša in še pomembnejša, kar omogoča nove projekte, nove stranke, novi razvoj in posledično stalno rast in dolgoročno delovanje. To je zelo pomembno za zagotavljanje globalne konkurenčnosti, kjer majhna podjetja izginjajo in samo veliki proizvajalci z močnimi partnerji preživijo ogromno konkurenčnost azijskih podjetij. Za razvoj slovenskih in evropskih podjetij je tako ključnega pomena vlaganje v razvoj.

Kot je razvidno, je bil načrt Programske skupine široko zastavljen iz vidika družbenih in gospodarskih vplivov. Najpomembnejše socialno-gospodarske koristi pa so bile:

- a) Zmanjšanje energijskih izgub in onesnaževanja;
- b) Zmanjšanje obrabe in posledično surovin in ostalih virov;
- c) Povečanje zanesljivosti, kvalitete in vzdržljivosti mehanskih sistemov;
- d) Povečanje produktivnosti;
- e) Dolgoročna konkurenčnost in rast, stabilnost zaposlovanja;
- f) Zmanjšanje vzdrževanja in podaljševanje življenjske dobe strojev;
- g) Zmanjšanje emisij v življenjski dobi naprav;
- h) Visoko-kakovostni izdelki in nove tehnologije;
- i) Zadovoljstvo kupcev.

ANG

Plan of the Programme group Tribology was consistent with national and international strategies, legislations and international protocols in terms of energy and raw material saving, introducing clean and renewable energy, diminish waste materials and production of greenhouse emissions and hazardous materials. Moreover, we targeted in reducing energy due to friction losses, reducing wear, increase durability and so increasing the efficiency of the industrial assets. Therefore, the content itself was inherently very important for the economy and society.

1. The plan of the Programme group was in line with Kyoto protocol and EC emission legislation and affected all industrial sectors. It is more than obvious that pollution with greenhouse emissions and hazardous materials has tremendous effect on global warming, climate changes, health and thus all societal systems. It represents one of the paramount world-wide needs for major global changes and massively affects the society, health, education, technology and energy resources.

2. The Programme group in the period between 2009 and 2014 closely collaborated with numerous academic and industrial (national and international) partners, which is thus in agreement with the national priorities and Lisbon strategy.

3. The group was actively involved in the pedagogical work on the undergraduate and postgraduate levels. Expansion of the interdisciplinary knowledge at the top-most level positively influenced the transfer of that knowledge to students, and subsequently to general public and industry.

4. All new systems which were investigated and the rest of research brought significant innovations in various fields having immense potential markets and applications. This had a significant impact on the competitive advantage of the collaborating industrial partners.

5. In Slovenia there are some highly developed industrial sectors with several successful international companies, such as in automotive and household appliance industry (Kolektor, Hidria, Cimos, Iskra Mehanizmi, Iskra Avtoelektrika, Gorenje, Domel,...). Our close collaboration with most of these companies and their strong inter-relations mean that success

of one company affects also the success of the other and this has a much broader and important societal impact in Slovenia.

6. The above benefits are not only financial, but also indirect, through the improved reputation of their brand names. With important contribution to constant development in these companies, their world leading positions and reputation would stand out and become more pronounced and placed on even stronger grounds. This allows new projects, new costumers, new development, and thus constant growth on a long run. This is extremely important in global competition where smaller players disappear and only large-scale producers with strong partners survive the tremendous competition of companies from Asia. This is of paramount importance for future development of Slovenian and European companies that will take part of this development.

As evident, the plan of the Programme group was broad in terms of societal and economic impacts. The most important socio-economic benefits could be summarized as:

- a) reduction of energy losses and pollution;
- b) reducing wear and thus raw materials and other resources;
- c) increased reliability, quality and durability of mechanical systems;
- d) increased productivity
- e) long term competitiveness and growth, employment stability
- f) reduced maintenance and increased machinery life-cycles
- g) reduced overall lifecycle emissions
- h) high-quality products and novel enabling technologies,
- i) customer satisfaction.

## 10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014<sup>11</sup>

### 10.1. Diplome<sup>12</sup>

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	13
bolonjski program - II. stopnja	7
univerzitetni (stari) program	93

### 10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti<sup>13</sup>

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
32070	Janez Kogovšek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33370	Rok Simič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33437	Aljaž Pogačnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32080	Gabrijel Peršin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33243	Jure Jerina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28613	Igor Velkavrh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24749	Franc Majdič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26237	Marko Sedlaček	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
19238	Boris Kržan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Luis Miguel Cardoso Vilh�	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26560	Bla� Suha�	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

**Mag.** - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti  
MR - mladi raziskovalec

### 11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju<sup>14</sup>

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
33243	Jure Jerina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28613	Igor Velkavrh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
26560	Blaž Suhač	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
32070	Janez Kogovšek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
32080	Gabrijel Peršin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
33437	Aljaž Pogačnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	

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	Markus Kronberger	C - študent – doktorand	36	
0	Vladimir Pejaković	C - študent – doktorand	36	
35398	Jurij Kern	C - študent – doktorand	12	
0	Vincenzo Petrone	C - študent – doktorand	6	
0	Fábio Ricardo Vieira Ribe	C - študent – doktorand	3	
0	Gonçalo José Pinho Paiã	C - študent – doktorand	3	
0	Thomas Marechal	C - študent – doktorand	6	
0	Yury Fomin	B - uveljavljeni raziskovalec	8	

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 1.1.2009-31.12.2014<sup>15</sup>

SLO

- |  |
|--|
| <p>1 EU FP7: ENTICE - Inženirska tribokemija in površinski kontakti v motorju z notranjim izgorevanjem - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Total (Francija), SKF BV (Nizozemska), Tecvac Limited (VB), Mercedes-Benz High Performance (VB), Sulzer Sorevi (Francija), AC2T GmbH (Avstrija), University of Leeds (VB)</p> |
|--|

- in Ecole Centrale De Lyon (Francija).
2. **EU FP7: MATERA SiNACERDI** - Nanokompozitni materiali in legirana litina za povečanje obrabne odpornosti pri težkih pogojih obratovanja - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Univerza za tehnologijo Silesian (Poljska), Innovation Center (Islandija), Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann (Luksemburg), Zornik d.o.o. (Slovenija), Foundary of Thorgrimur Jonsson (Islandija).
  3. **EU FP7: 2020 Interface** - Optimiranje triboloških površin na nano skali z namenom zmanjšanja negativnih vplivov na okolje - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Sulzer Sorevi (Francija), Lubrizol (VB), Volvo Technology Corporation (Švedska), SKF (Nizozemska), Univerza v Leedsu (VB), Univerza za znanost in tehnologijo v Coimbri (Portugalska), Univerza v Groningenu (Nizozemska), Inštitut Jožef Stefan (Slovenija).
  4. **EU FP6: WEMESURF** - Karakterizacija mehanizmov obrabe in funkcionalnosti površin glede na predvideno življenjsko dobo in kriterij kvalitete – od mikro do nano nivoja - vodja: dr. J. Vižintin. Partnerji: AC2T GmbH (Avstrija), Philips Electronics (Nizozemska) B.V, Association pour la Recherche et le Développement des Méthodes et Processus Industriels (Francija), Inst. of Nuclear Research of the Hung. Acad. of Sci, OptoSurf GmbH, NanoFocus AG, Univerza za tehnologijo na Dunaju (Avstrija), SKF Engineering and Research Centre (Nizozemska), Univerza v Hannoveru (Nemčija), Institute for Sustainable Technologies (Avstrija), Univerza v Milanu (Italija), Imperial College (VB), Univerza v Cardiffu (VB).
  5. **EU FP6: EUREKA ROPTIM** - Optimizacija tehnologije izdelave valjev za vroče valjanje iz valjčne litine SHSS - vodja: dr. J. Vižintin. Partnerji: Valji Štore (Slovenija), AC2T (Avstrija).
  6. **EU FP6: MATERA** - Obrabno obstojne litine - DIWEAR - vodja: dr. J. Vižintin. Partnerji: IceTec (Islandija), MTJ (Islandija), CRP-GL (Luksemburg).
  7. **EU FP7: MINILUBES** - Mehanizmi interakcij ionskih tekočin z inženirskimi površinami na nano-nivoju - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Fundacion Tekniker (Španija), Univerza v Gdansku (Poljska), Univerza Cardiff (VB), Centre National de la recherche scientifique (Francija), Univerza Martin–Luther halle wittenberg (Nemčija), Institutul de chimie macromoleculara petru Poni (Romunija), Univerza v Vidu (Španija), GKN Sintermetals S.p.A. (Italija).

#### **Drugo mednarodno sodelovanje:**

1. **Taiho Kogyo Research Foundation - TTRF, Japonska:** Študija adsorpcije mazalnih aditivov na prevlekah iz diamantu podobnega ogljika (DLC) z uporabo nevtronske reflektometrije -vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Univerza Doshisha (Japonska), Paul Scherrer Institut (Švedska), Sulzer Sorevi (Francija).
2. **EU EACEA-TRIBOS** - Erasmus Mundus program - vodja: dr. M. Kalin. Na celotni Univerzi v Ljubljani, ki sicer sodeluje v 30 EMMC, je prof. Kalin edini koordinator takšnega skupnega evropskega študija. Partnerji: Univerza v Leedsu (VB), Univerza Coimbra (Portugalska) in Tehnična univerza v Lulei (Švedska). Pridruženi partnerji: Indian Institute of Science Bangalore (Indija), MiTiHeart Corporation (ZDA), SKF (Nizozemska), Sulzer Metco (Švica), Univerza v Pisi (Italija), Volvo Group (Švedska).
3. **EU/A X-Tribology, SRP1.2-WP3:** Multifunkcionalne površine in maziva z vsebnostjo sintetičnih in obnovljivih komponent - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: AC2T (Avstrija), Fundacion Tekniker (Španija), Ecole Central de Lyon (Francija), Univerza za Tehnologijo na Dunaju (Avstrija), Univerza o naravnih virih in bioloških znanostih (Avstrija).
4. **EU/A X-Tribology, SRP2.2-WP2:** Napredne oplaščene tribološke površine - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Tehnična univerza v Lulei (Švedska), Univerza v Leobenu (Avstrija), AC2T (Avstrija).
5. **Mazaro NV, Belgija:** Povečanje RVT-prenos trenja - vodja: dr. M. Kalin. Partnerji: Uddeholm (Švedska) in Lubrizol (VB).
6. **AC2T GmbH, Avstrija:** Vpliv hitrosti hlajenja na mikrostrukturo in obrabo hiperevtektičnih Fe-Cr-C trdih oblog nanosenih s PTA procesom - vodja: dr. B. Podgornik

7. **AC2T GmbH, Avstrija:** Tribološke raziskave motornih olj optimiranih za DLC prevleke - vodja: dr. M. Kalin.
8. **EIM Capital Partners, ZDA:** Obrabna obstojnost prevlek na steklu - vodja: dr. M. Kalin.
9. **HILTI Corporation, Schaan, Liechtenstein:** Optimizacija kontakta med pnevmatičnim cilindrom in različnimi površinami modificiranimi z različnimi tehnikami za povečanje obrabne odpornosti, ki bi končno omogočila novi HILTI napravi delovanje v težkih obratovalnih pogojih - vodja: dr. J. Vižintin.
10. **Bekaert NV, Belgija:** Razvoj tehnologij mejnega mazanja za DLC prevleke - vodja: dr. M. Kalin.
11. **Atlas Copco, Belgija:** DLC prevleke za zračne kompresorje - vodja: dr. M. Kalin.
12. **Dow chemicals (DOW Automotive), ZDA:** Razvoj keramičnih zavor za avtomobilske aplikacije - vodja: dr. M. Kalin.
13. **Tekniker, Španija:** Raziskave nosilnih lastnosti oljnega filma na zobniškem preizkuševališču FZG - vodja: dr. J. Vižintin.
14. **Total, France:** Raziskava vpliva zdrsa na trenje mazanih kontaktov - vodja dr. M. Kalin

#### 14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS<sup>16</sup>

SLO

1. **MIZŠ:** Tribološki učinki nanodelcev kot dodatkov hladilno-mazalnim emulzijam - M. Kalin
2. **MVZT:** Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja - M. Kalin
3. **Olma:** Tribološki razvoj in optimiranje maziva (emulzije) za profilno brušenje - M. Kalin
4. **Domel:** Raziskava površin lamel in ščetk komutatorjev - M. Kalin
5. **IMT:** Raziskava nosilnosti in adhezije prevlek ter obrabnih in tornih lastnosti - J. Vižintin
6. **Olma:** Raziskava nosilnosti in triboloških lastnosti maziv za zobnike z uporabo realnih FZG preizkusov - M. Kalin
7. **Biosatar Oil, Avstrija:** Zdrse nosilnosti olja - M. Kalin
8. **Silgan:** Raziskava prečnih prerezov pokrovov pločevink - M. Kalin
9. **Danfoss:** Raziskava triboloških lastnosti elektromotornega pogona- navojno vretenomata - M. Kalin
10. **Iskra Mehanizmi:** Tribološke raziskave polimerov za zobnike - M. Kalin
11. **Difa:** Raziskava triboloških lastnosti polimernih prevlek na kovinskih podlagah - M. Kalin
12. **Unior:** Porazdelitev zaostalih napetosti v ojnica - B. Podgornik
13. **Filc:** Vpliv hrapavosti valja za kalandriranje - M. Kalin
14. **Elpa:** Raziskava nosilnih lastnosti masti Elpa TORAX - M. Kalin
15. **Dynacast:** Vpliv hrapavosti na krogličnih spojih - M. Kalin
16. **Valji:** Raziskava porazdelitve zaostalih napetosti v valju po končni mehanski obdelavi struženja - B. Podgornik
17. **CRP, Hmeljarski inštitut Žalec:** Proizvodnja surovin in izdelava biodizla in biomaziv za potrebe slovenskega trga - J. Vižintin, B. Podgornik
18. **Veyance Technologies Europe:** Vpliv hrapavosti površin, trdote in utorov - M. Kalin
19. **Hidria:** Test maziv na obrabo WC - J. Vižintin
20. **BSH Hišni aparati:** Raziskava določitve kapljišča, penetracije in nosilnosti mazalnega filma - M. Kalin
21. **Acroni:** Razvoj modificirane robustne varilne naprave za MIG/MAG varjenje visokotrdnostnih jekel - M. Kalin
22. **MORS:** Pametne funkcionalne prevleke za izboljšanje obrabne odpornosti komponent v različnih vojaških sistemih - M. Kalin
23. **Tajfun Planina:** Raziskave in razvoj namenskih sestavin vodne hidravlike za gozdarski vitel - J. Pezdarnik
24. **Tajfun Planina:** Namenski proporcionalni potni hidravlični ventil - F. Majdič
25. **KGL:** Raziskave in razvoj novega modularnega, gerotor hidravličnega motorja - F. Majdič
26. **Poclain hydraulics:** Delilnik toka - karakterizacija dušilk/zaslonk - F. Majdič
27. **MEBOR:** Natančno vertikalno hidravlično pozicioniranje žage - F. Majdič
28. **MEBOR:** Razvoj hidravlične tehnice za viličar - F. Majdič
29. **Tajfun Planina:** Razvoj in raziskave hidravličnih sestavin in sistemov - F. Majdič
30. **LE-Tehnika:** Raziskava triboloških lastnosti kontaktnih površin v inertni atmosferi



- helija - vpliv nitriranja protipovršine - B. Podgornik  
 31. **LEK, Mengeš:** Analiza triboloških lastnosti maziv drsnih tesnil

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

SLO

Težko je neposredno oceniti doprinos naših raziskav industriji, vendar smo na področju mazanja DLC prevlek med vodilnimi skupinami, z verjetno največjim številom relevantnih publikacij in s sodelovanjem z velikimi svetovnimi podjetji, npr. Volvo, SKF, Lubrizol, Total, Sulzer, Mercedes idr. Z nekaterimi sodelujemo že 12-13 let zapored in svoje rezultate prenašamo v njihov tehnološki razvoj. To kaže na relevantnost našega dela na področju zmanjševanja trenja in obrabe (tudi zmanjšanja okoljskih emisij). Npr. samo v letu 2009 je bilo v osebnih avtomobilih 30 % porabe goriva zaradi trenja, kar predstavlja 250.000.000.000 Evrov in kaže na velik pomen vsakršne rešitve za zmanjšanje trenja.

Poleg tega smo v zadnjem času patentirali (poleg aditiva za jeklene površine) tehnologijo DLC prevlek za batne obročke, z namenom, da bi dosegli zdrs v HD režimu mazanja, kjer pride v sestavu batni obroček/cilinder do 80 % izgube energije. Dogovori o prenosu te inovacije podjetju Sulzer (podjetje z največjo proizvodno prevlek na svetu) so pomladi 2013 potekali s Sulzer patentno pisarno v Kolnu (DE) in trenutno smo v pričakovanju rezultatov PCT/EU patenta. Potencial je očitno izjemen.

Rezultati naših raziskav na področju polimernih zobnikov so v fazi implementacije v podjetju Iskra Mehanizmi, pod vodstvom našega nekdanjega doktorskega študenta, dr. Pogačnika. Iskra Mehanizmi so pomembni razvijalci aktuatorjev (z več zobniki) za večje proizvajalce gospodinjskih aparatov kot so Philips, Bosch, idr., in eno izmed najbolj uspešnih slovenskih podjetij.

Nedavno so nas prosili za razvoj kontaktnega dizajna za nov RTV menjalnik (Mazaro, BE) skupaj z Lubrizolom (VB) in Uddeholmom (SE) in raziskavo smo tudi koordinirali. Pogon ima revolucionaren koncept, ki je pritegnil veliko pozornosti in lahko vodi do velikih izboljšav v prestavnih sistemih. Poleg tega razvijamo tudi površinsko tehnologijo za zobniška gonila za F1 in Nascar dirkalne ekipe, kar predstavlja najvišjo hi-tech tehnologijo, ki je bila zaupana naši skupini in bo direktno aplicirana na dirkalne avtomobile.

Naš sistem za on-line tehnično diagnostiko je bil pred več kot letom dni nameščen v tovarni Litostroj Power in uspešno beleži stanje strojev, pri čemer je bila v tem času vložena tudi patentna prijava; poleg tega so v fazi pogajanja tudi druge pogodbe. Prav tako z enim največjih proizvajalcev komutatorjev na svetu (50% svetovni delež), t.j. Kolektor, v dolgoročnem projektu razvijamo drsno površino za nove električne kontakte. Podjetje ima podružnice v 20 državah po svetu, kjer proizvajajo te dele. To ponovno nakazuje na vpliv naših raziskav.

Na področju hidravličnih komponent imamo veliko dokončanih in tekočih raziskav za slovenska podjetja – Poclain, KGL, Tajfun in ostala – ki so že aplicirane v njihovi opremi.

Izvajali smo tudi veliko drugih krajših industrijskih študij in optimizacij lastnosti površin in kontaktov (glej sekcijo 10.1). V vseh teh raziskavah so bili rezultati direktno preneseni v aplikacije.

**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	1.500.000 EUR
	Nekaj razvojnih dosežkov skupine bo lahko vodilo v prenos tehnologije na trg (spin-off), kot npr. 1) proizvodnja maziv z nanodelci; 2) visoko-tehnološka površinska obdelava polimernih zobnikov; 3) F-DLC



ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>18</sup>	<p>prevleke batnih obročkov.</p> <p>Z zadnjo tehnologijo lahko prihranimo 30-40% izgub zaradi trenja, kar lahko prispeva k do 5% manjši porabi goriva v avtomobilu. Testiranje tehnologije v popolnem obsegu se mora izvesti v za to namenjenem testnem motorju, en sam tak test pa stane okoli 200 000 €. Zato tu potekajo razprave o prodaji patenta v Nemčijo (Sulzer).</p> <p>Več tehnologij DLC prevlek, ki jih razvijamo, se uporablja v velikih svetovnih korporacijah, namesto da bi jih uporabili v lastnih odcepljenih podjetjih, kjer bi lahko v celoti razvili in proizvajali različne dele. Grobo ocenjeni stroški za korak v tej smeri – za investicijo v reaktor za DLC prevleke, material, najemnino prostora s 150 m2 in 4 zaposlene – so približno 1,5-2 mio € za obdobje 3 let.</p>
---	--

## 17. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>19</sup>

### 17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Prof. dr. Mitjan Kalin prejel priznanje za enega najodmevnejših raziskovalnih dosežkov Univerze v Ljubljani v letu 2014.

Univerza v Ljubljani je med najodmevnejše raziskovalne dosežke univerze v letu 2014 uvrstila delo prof. dr. Mitjana Kalina, z naslovom Nano inženiring kontaktnih površin za molekularni nadzor mejnega mazanja in trenja.

Prof. dr. Mitjan Kalin s sodelavci raziskuje relacije med omočljivostjo in površinsko energijo maziv in površin inženirskih materialov ter njihove učinke na adsorpcijo in trenje. V raziskavah je pokazal, da se na meji med mazivom in površino lahko pojavi molekularni zdrs, odvisen od omočljivosti in polarne površinske energije, ki odločilno vpliva na trenje. Ta površinski pojav se v triboloških modelih doslej ni upošteval, saj ga je prof. dr. Mitjan Kalin za realne inženirske kontakte prvič empirično ovrednotil. Ti izsledki v osnovi izrazito spreminjajo razumevanje generičnih mehanizmov trenja mazanih inženirskih kontaktov.

### 17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

#### 2.24 Patent

KALIN, Mitjan. Batni obroč, s tovrstnim obročem opremljen bat ter vsaj en tovrsten bat obsegajoč batni stroj : SI 24182 (A), 2014-03-31 : patent. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2014. 9 str., 1 str. pril., ilustr. [COBISS.SI-ID 13394459]

KALIN, Mitjan. Za zmanjšanje trenja med steno valja in batom prirejen batni obroč, s tovrstnim obročem opremljen bat ter vsaj en tovrsten bat obsegajoč batni stroj : SI 24181 (A), 2014-03-31 : patent. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2014. 9 str., 1 str. pril., ilustr. [COBISS.SI-ID 13394715]

## 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

Mitjan Kalin

**ŽIG**

Kraj in datum:

Ljubljana

12.3.2015

**Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/63**

<sup>1</sup> 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](#)

<sup>2</sup> 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](#)

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

<sup>4</sup> 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](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> 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](#)

<sup>8</sup> 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](#)

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

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

<sup>11</sup> 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](#)

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

<sup>13</sup> 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](#)

<sup>14</sup> 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](#)

<sup>15</sup> 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](#)

<sup>16</sup> 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](#)

<sup>17</sup> 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](#)

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

<sup>19</sup> 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](#)

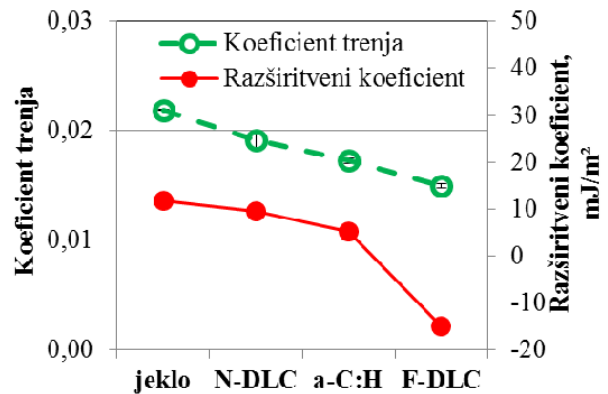
Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b  
03-9F-DB-13-06-EF-86-27-48-B8-F9-49-E1-86-0C-9C-80-8B-01-BA

## **Priloga 1**

# TEHNIKA

Področje: 2.11 – Konstruiranje

## **Nano inženiring kontaktnih površin za molekularni nadzor mejnega mazanja in trenja**



Interakcije med mazivom in površino, predvsem omočljivost in površinska energija, igrajo v mazanih kontaktnih pomembno vlogo, vendar pa so bile do sedaj povezave med njimi slabo raziskane, predvsem smislu njihovega učinka na adsorpcijo in trenje. V Laboratoriju za tribologijo in površinsko nanotehnologijo smo kot prvi pokazali, da se na meji med mazivom in površino lahko pojavi molekularni zdrs, odvisen od omočljivosti in polarne površinske energije, ki odločilno vpliva na trenje. Ta površinski pojav, ki se v triboloških modelih doslej ni upošteval, smo v raziskovalni skupini za realne inženirske kontakte sploh prvič empirično ovrednotili. Ti izsledki v sami osnovi izrazito spreminjajo razumevanje generičnih mehanizmov trenja mazanih inženirskih kontaktov. Pri tem smo dokazali, da je pri obravnavanju mazanih kontaktov nujno upoštevati parametre razširitvene omočljivosti, namesto doslej upoštevane adhezijske, za kar smo izpeljali nov razširitveni koeficient in s tem pojasnil, zakaj doslej ni bilo mogoče določiti funkcijske odvisnosti med omočljivostjo in trenjem.

Prav določitev neposredne zveze med lastnostmi površin v kontaktu, omočljivostjo in trenjem je še posebej pomembna z aplikativnega stališča, saj predstavlja neposredno orodje in kriterij za konstruiranje strojev in naprav z želenimi lastnostmi pri mazanju. S takim inovativnim nano-inženiringom površin in kontaktov smo dosegli tudi do 60 % manjše trenje v mazanih kontaktnih ob sicer enakih pogojih delovanja in uporabi enakih maziv, kar omogoča izjemne prihranke pri porabi energije v številnih mehanskih sistemih.

Ta dosežek je bil izbran za enega od 10 najpomembnejših na Univerzi v Ljubljani v obdobju 2013/2014. Izsledki in z njimi povezane ugotovitve o adsorpciji na obravnavanih površinah, so bili objavljeni v **devetih (9) znanstvenih člankih** od **skupno 25 člankov (19 x A')**, ki jih je skupina objavila samo **v letih 2013-2014**. Med temi 9-imi so **štirje (4) članki objavljeni v najboljših revijah s področja površinskih znanosti (A'')**.

- M. Kalin, M. Polajnar. The wetting of steel, DLC coatings, ceramics and polymers with oils and water : the importance and correlations of surface energy, surface tension, contact angle and spreading. *Applied Surface Science*, Feb. 2014, vol. 293, str. 97-108.
- M. Kalin et al.: Neutron-reflectometry study of alcohol adsorption on various DLC coatings. *Applied Surface Science*, Jan. 2014, vol. 288, str. 405-410.
- M. Kalin, M. Polajnar, The effect of wetting and surface energy on the friction and slip in oil-lubricated contacts. *Tribology letters*, Nov. 2013, vol. 52, iss. 2, str. 185-194.
- R. Simič, M. Kalin, Adsorption mechanisms for fatty acids on DLC and steel studied by AFM and tribological experiments. *Applied Surface Science*, Oct. 2013, vol. 283, str. 460-470.