

OKVIRNI PROGRAM USPOSABLJANJA MLADEGA RAZISKOVALCA (MR)¹

1. OSNOVNI PODATKI

Ime in priimek mentorja:	Filip Kokalj	Evidenčna številka mentorja pri ARIS (SICRIS) :	21377
E-naslov mentorja:	filip.kokalj@um.si	Tel. številka mentorja:	+386 2 220 77 28
Ime in priimek vodje raziskovalnega programa:	Matjaž Hriberšek	Evidenčna številka vodje RP pri ARIS (SICRIS) :	11167
Naziv raziskovalnega programa:	Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu	Evidenčna številka RP pri ARIS (SICRIS) :	P2-0196
Članica Univerze v Mariboru (RO UM), kjer bo potekalo usposabljanje:	Fakulteta za strojništvo	Evidenčna številka RO UM pri ARIS (SICRIS) :	0795
Oznaka raziskovalnega področja po klasifikaciji ARIS :	Procesno strojništvo 2.13.00	Raziskovalno področje po EURAXESS klasifikaciji:	Process engineering

2. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA IN CILJEV DOKTORSKE RAZISKAVE²

Izhodišče raziskovalne naloge mladega raziskovalca in njena umestitev v raziskovalni program v katerega je vključen mentor, delovna hipoteza, cilji raziskave in predvideni rezultati s poudarkom na izvirnem prispevku k znanosti:

Izhodišče raziskovalne naloge

Uporaba alternativnih goriv, predvsem biološkega izvora in goriv, pridobljenih iz odpadkov, vse bolj narašča predvsem zaradi zavez k zmanjšanju emisij podnebno relevantnega ogljikovega dioksida. Po drugi strani pa zgorevanje alternativnih goriv lahko pomeni povsem drugačne mehanizme in časovne skale zgorevanja, kar lahko zahteva dodatne ukrepe za zagotavljanje stabilnega in varnega zgorevanja ter posebne ukrepe za zniževanje emisij snovi v zrak. Izhodišče

¹ Izraz *mladi raziskovalec* je zapisan v moški slovnični obliki in je uporabljen kot nevtralen za ženske in moške.

² Raziskovalni in študijski program usposabljanja morata biti skladna z vsebino raziskovalnega programa, katerega član je mentor.

raziskovalnega dela mladega raziskovalca predstavlja numerično modeliranje in simulacija procesov zgorevanja alternativnih goriv obnovljivega izvora s poudarkom na analizi stabilnega zgorevanja in pogojev nastanka škodljivih snovi. Rezultati raziskovalnega dela bodo prispevali k razumevanju kompleksnih, še dokaj neraziskanih mehanizmov nastanka nekaterih škodljivih snovi med zgorevanjem alternativnih goriv, katerih osnovo predstavljajo prenosni pojavi snovi in energije ter kemijska kinetika. Vsebina raziskovalnega dela mladega raziskovalca tako predstavlja nadgradnjo temeljnih raziskav prenosnih pojavov v trdninah in tekočinah, ki so temeljna znanstvena teoretična izhodišča inženirskega raziskovalnega programa "Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu (P2-0196)", to je prenos gibalne količine, prenos toplote in prenos snovi s prevladujočo turbulentno naravo večsestavinskega reaktivnega toka.

Raziskovalni problem in cilji

V zadnjem času je bil pri razvoju komercialnih paketov za računalniško dinamiko tekočin (RDT) dosežen velik napredek. Kljub temu trenutno implementiranih numeričnih modelov še ni mogoče uporabiti za vse simulacije zgorevanja alternativnih goriv. S komercialnimi programskimi paketi RDT še vedno ni mogoče simulirati celotnega procesa uplinjanja in zgorevanja trdnih alternativnih goriv v realni zgorevalni komori z enim samim numeričnim modelom. Pri simulaciji zgorevanja trdnega goriva je najprej treba s pomočjo dodatnega zunanega modela določiti ustrezne robne pogoje in jih nato vključiti v numerični model znotraj RDT, saj komercialni paketi RDT omogočajo simulacijo le plinske faze zgorevanja. V tem primeru so ključnega pomena zunanji modeli zgorevanja, ki običajno temeljijo na ravnotežnih pogojih zgorevanja, te pa nameravamo v okviru raziskovalnega dela mladega raziskovalca nadomestiti s kemijsko kinetiko. Zato bo treba najprej izbrati in ovrednotiti ustrezen mehanizem kemijskih reakcij, pri čemer bomo uporabili princip zgorevanja izoliranega delca goriva. Celoten sklopljen model bomo ovrednotili s pomočjo eksperimentalno pridobljenih vrednosti karakterističnih parametrov zgorevanja goriva v realni zgorevalni komori.

Predvideni rezultati

Primarni cilj raziskovalnega dela mladega raziskovalca je razviti model zgorevanja izoliranega delca goriva (lesna biomasa, RDF, biodizel, sintezna goriva). V primeru zgorevanja trdnega goriva bo verificirani model implementiran v obstoječi model zgorevanja goriva v plasti, ki smo ga razvili v okviru raziskovalnega programa P2-0196, ter ugotoviti vpliv upoštevanja kemijske kinetike na končne rezultate temperaturnega profila v kurilni napravi in polja koncentracij produktov popolnega in nepopolnega zgorevanja. Model bo uporaben tudi za simulacijo zgorevanja goriv v lebdeči plasti in prašnih kurjavah. Dosedanji model zgorevanja trdnega goriva na rešetki temelji na predpostavki, da plast goriva na rešetki razdelimo na končno število homogenih reaktorjev, v katerih prevladuje princip zgorevanja pri kemijskem ravnotežju. V okviru raziskave je zato smiselno ugotoviti, kakšnega pomena je upoštevati časovno odvisne kemijske reakcije za analizo nastanka produktov uplinjanja (CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , ...) in NO_x , ki predstavljajo robne pogoje sklopljenega modela simulacije zgorevanja v plinasti fazi s komercialnim programskim paketom RTD. Pričakovati je, da bo upoštevanje kemijske kinetike koristno pri ugotavljanju pogojev nastanka produktov nepopolnega zgorevanja, medtem ko na končne rezultate to ne bo imelo večjega vpliva. Originalni prispevek k znanosti je pričakovati na področju razvoja kompleksnega modela zgorevanja izoliranega delca goriva in njegove implementacije v model zgorevanja plinske faze z upoštevanjem kemijske kinetike. Praktična uporabnost takšnih numeričnih modelov se kaže pri optimiranju obratovalnih pogojev obstoječih naprav za zgorevanje alternativnih goriv ter pri

snovanju in projektiranju novih naprav, s čimer se bistveno zmanjša potreba po eksperimentalnih raziskavah, kar ugodno vpliva na stroške razvoja.

Položaj mladega raziskovalca

Kandidat ali kandidatka se bo pridružil uveljavljeni Raziskovalni skupini za energetske, procesne in okoljsko inženirstvo (<https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/group/2079>). Raziskovalna skupina se ukvarja s tokom tekočin, prenosom toplote in snovi ter to znanje uporablja za reševanje inženirskih problemov. Pokriva področja procesne tehnike, zgorevanja, varstva okolja, turbostrojev, motorjev z notranjim zgorevanjem, toplotnih strojev, hladilno-sušilne tehnike in termodinamike. Raziskovalno skupino sestavlja 18 članov, med njimi trije mladi raziskovalci.

Referenčne objave:

JAEGER, Marc, HRIBERŠEK, Matjaž, SAMEC, Niko, GUO, Yang, WANG, Xuebin, KOKALJ, Filip. The numerical analysis of flame stability in case of premixed hydrogen-air combustion. Applied thermal engineering. Aug. 2025, vol. 273, [article no.] 126535, 13 str. ISSN 1873-5606. Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru – DKUM, DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2025.126535. [COBISS.SI-ID 236398595]

JAEGER, Marc, HRIBERŠEK, Matjaž, KOKALJ, Filip, ZADRAVEC, Matej, SAMEC, Niko. Numerical modelling and simulation of hydrogen and air mixing to prevent ignition delay and flashback. Thermal science. [Online ed.]. 2024, 19 str., ilustr. ISSN 2334-7163. DOI: 10.2298/TSCI230529250J. [COBISS.SI-ID 219268611]

KOKALJ, Filip, ZADRAVEC, Tomas, JOVOVIĆ, Aleksandar M., SAMEC, Niko. Small wood pellet boiler 3-D CFD study for improved flue gas emissions employing flue gas recirculation and air staging. Thermal science. 2023, vol. 27, iss. 1, str. 89-101. ISSN 0354-9836. Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru – DKUM, DOI: 10.2298/TSCI2301089K. [COBISS.SI-ID 144637187]

ZADRAVEC, Tomas, RAJH, Boštjan, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko. The impact of secondary air boundary conditions on CFD results in small-scale wood pellet combustion. Fuel. [Print ed.]. 15 September 2022, vol. 324 (124451), 19 str. ISSN 0016-2361. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.124451. [COBISS.SI-ID 108600835]

ZADRAVEC, Tomas, RAJH, Boštjan, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko. Influence of air staging strategies on flue gas sensible heat losses and gaseous emissions of a wood pellet boiler: An experimental study. Renewable energy. [Print ed.]. Nov. 2021, vol. 178, str. 532-548, ilustr. ISSN 0960-1481. DOI: 10.1016/j.renene.2021.05.150. [COBISS.SI-ID 73900291]

ZADRAVEC, Tomas, YIN, Chungen, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko, RAJH, Boštjan. The impacts of different profiles of the grate inlet conditions on freeboard CFD in a waste wood-fired grate boiler. Applied energy. 15 June 2020, vol. 268 (115055), str. 1-11. ISSN 0306-2619. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115055. [COBISS.SI-ID 14440451]

ZADRAVEC, Tomas, RAJH, Boštjan, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko. CFD modelling of air staged combustion in a wood pellet boiler using the coupled modelling approach. Thermal science and engineering progress. [Online ed.]. 1 Dec. 2020, vol. 20, [art. no.] 100715, str. 1-13. ISSN 2451-9049. DOI: 10.1016/j.tsep.2020.100715. [COBISS.SI-ID 33172483]

3. ŠTUDIJSKI PROGRAM

Predvideni študijski program podiplomskega študija v katerega se bo mladi raziskovalec vpisal v študijskem letu 2026/2027:

Doktorski študijski program 3. stopnje Doktorska šola Fakultete za strojništvo

Leto 2026/2027: 1.letnik; Individualno raziskovalno delo 1 in 2, izbirni predmeti

Leto 2027/2028: 2.letnik; Individualno raziskovalno delo 3 in 4, izbirni predmeti

Leto 2028/2029: 3.letnik; Individualno raziskovalno delo 5 in 6, izbirni predmeti

Doktorska disertacija; zagovor doktorske disertacije

4. OPIS DEL IN NALOG

Izvaja projekte znanstvenega in raziskovalnega dela.

Sodeluje pri oblikovanju raziskovalnih programov.

Strokovno sodeluje z naročniki raziskovalnih nalog.

Pripravlja poročila in elaborate o raziskavah.

Spremlja in usklajuje raziskovalno delo skladno s pogodbami o financiranju.

Skrbi za varno in zdravo delo.

Organizira in poučuje zaposlene in študente o uporabi osebne varovalne opreme in drugih varnostnih ukrepov.

Opravlja druge sorodne naloge po navodilu predpostavljenega delavca.

Sodeluje v delovnih in stalnih komisijah organov UM in članice oz. druge članice.

Nadomešča sodelavce in nadrejenega v njegovi odsotnosti (po pooblastilu).

Sodeluje pri letni in drugih inventurah.

Opravlja druga sorodna dela po nalogu nadrejenih.

5. ZAHTEVANA STOPNJA IZOBRAZBE

VII/2. tarifna skupina

6. ZAHTEVANA SMER IZOBRAZBE

tehniška, naravoslovna

7. KLASIUS SRV

sedma raven: visokošolsko izobraževanje druge stopnje in podobno izobraževanje/ visokošolska izobrazba druge stopnje in podobna izobrazba

8. KLASIUS P

01 – Izobraževalne znanosti in izobraževanje učiteljev
05 – Naravoslovje, matematika in statistika
07 – Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo

9. ZAHTEVANA ZNANJA

računalniška znanja: MS Windows, Word, Excel, Internet, e-pošta, el. poslovanje

10. ZAHTEVANI POSEBNI POGOJI

/

11. ZAHTEVANI JEZIKI

aktivno znanje enega svetovnega jezika

12. ZAHTEVANE DELOVNE IZKUŠNJE

/

13. PREDVIDENO PODOKTORSKO USPOSABLJANJE

/

Podpis mentorja:

Filip Kokalj
Digitally signed by Filip Kokalj
DN: cn=Filip Kokalj, o=Slovenija, ou=individuals, G=Filip, SN=Kokalj
Reason: I am the author of this document
Location: Maribor, Slovenia
Date: 2026.01.30 12:57:47+01'00'
Foxit PDF Editor Version: 13.2.2

Podpis vodje raziskovalnega programa:


Digitally signed by Matjaž Hribšek
DN: c=SI, st=Slovenija, ou=individuals,
givenName=Matjaž, sn=Hribšek,
serialNumber=2462558612031, cn=Matjaž Hribšek
Date: 2026.01.30 11:52:17 +01'00'

Ime in priimek dekana oz.
pooblaščenec oseb³:

red. prof. dr. Matej Vesenjaj

Podpis dekana oz. pooblaščenec oseb:


Digitally signed by Matej
Vesenjak
Date: 2026.02.01 12:25:00+01'00'

³ Program usposabljanja podpiše dekan članice, na kateri bo potekalo usposabljanje MR.

Kraj in datum:

Maribor

30. 01.
2026

Žig: