

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)(Датум)**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Примена нумеричких метода у моделовању тежишта са освртом на различите реолошке услове“

НАУЧНА ОБЛАСТ

Геолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Јелка (Драгиша) Крушић, маг. инж. геологије

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

ГеотехникаУниверзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет3. Година дипломирања: 2014.4. Година уписа на докторске студије: 2014/15.

5. Назив студијског програма докторских студија:

ГеотехникаОбавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 17.09.2020. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Зоран Глигорић

Прилог

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.
3. Електронска верзија

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

За кандидата Јелку Крушић, мастер инж геол.

Име и презиме ментора: Др Биљана Аболмасов

Звање: Редовни професор, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

Научна област: Геолошко инжењерство

Ужа научна област: Инжењерска геологија, геомеханика и геотехничко инжењерство

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Đurić U., Marjanović M., Radić Z., Abolmasov B. (2019). Machine learning based landslide assessment of the Belgrade metropolitan area: Pixel resolution effects and a cross-scaling concept. *Engineering Geology* 256: 23-38. DOI:10.1016/j.enggeo.2019.05.007, ISSN 0013-7952, IF (2019) 4.779, M21a
2. Peshevski I., Jovanovski M., Abolmasov B., Papic J., Đurić U., Marjanović M., Haque U., Nedelkovska N. (2019). Preliminary regional landslide susceptibility assessment using limited data. *Geologia Croatica* 72 (1): 81-92. DOI: 10.4154/gc.2019.03, ISSN 1330-030X, IF (2019) 1.290, M22
3. Marjanović M., Krautblatter M., Abolmasov B., Đurić U., Sandić C., Nikolić V. (2018). The rainfall-induced landsliding in Western Serbia: A temporal prediction approach using Decision Tree technique. *Engineering Geology* 232: 147-159. DOI:10.1016/j.enggeo.2017.11.021, ISSN 0013-7952, IF (2018) 3.909, M21a
4. Krušić J., Marjanović M., Samardić-Petrović M., Abolmasov B., Andrejev K., Miladinović A. (2017). Comparison of expert, deterministic and Machine Learning approach for landslide susceptibility assessment in Ljubovija Municipality, Serbia. *Geofizika* 34 (2): 251-273. DOI: 10.15233/gfz.2017.34.15, ISSN 0352-3659, IF (2017) 0.680, M23
5. Đurić D., Mladenović A., Pešić-Georgiadis M., Marjanović M., Abolmasov B. (2017). Using multiresolution and multitemporal satellite data for post disaster landslide inventory in the Republic of Serbia. *Landslides* 14 (4): 1467-1482. DOI 10.1007/s10346-017-0847-2, ISSN 1612-510X, IF (2017) 3.811, M21a
6. Đokanović S., Abolmasov B., Jevremović D. (2016). GIS application for landfill site selection: A case study in Pančevo, Serbia. *Bulletin of Engineering Geology and Environment* 75(4): 1273-1299, DOI: 10.1007/s10064-016-0888-0, ISSN 1435-9529, IF (2016) 1.901, M22
7. Abolmasov, B., Milenković, S., Marjanović, M., Đurić, U., Jelisavac, B. (2015). A geotechnical model of the Umka landslide with reference to landslides in weathered Neogene marls in Serbia. *Landslides* 12 (4): 689-702, DOI: 10.1007/s10346-014-0499-4, ISSN 1612-510X, IF (2015) 3.049, M21a
8. Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Abolmasov, B., Mikoš, M., Komac M. (2013). The ICL Adriatic-Balkan Network: analysis of current state and planned activities. *Landslides* 10 (1):103-109. DOI: 10.1007/s10346-012-0364-2. ISSN 1612-510X, IF (2013) 2.814, M21a
9. Pejić M., Božić B., Abolmasov B., Gospavić Z. (2013). Design and optimisation of laser scanning for tunnels geometry inspection. *Tunnelling and Underground Space Technology* 37: 199-206. DOI:10.1016/j.tust.2013.04.004. Corrigendum to „Design and optimisation of laser scanning for tunnels geometry inspection“, *Tunnelling and*

Underground Space Technology 38: 287. DOI:10.1016/j.tust.2013.07.001, ISSN 0886-7798, IF (2013) 1.589, M21

10. Dragičević, S., Carević, I., Kostadinov, S., Novković, I., Abolmasov, B., Milojković B., Simić D. (2012). Landslide Susceptibility Zonation in the Kolubara River Basin (Western Serbia) – Analysis of Input Data. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(2): 37 – 47. ISSN 1842-4090, IF (2012) 1.495, M22
11. Ristić, R., Kostadinov, S., Abolmasov, B., Dragičević, S., Trivan, G., Radić, B., Trifunović, M., Radosavljević, Z. (2012). Torrential floods and town and country planning in Serbia, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12: 23-35, DOI:10.5194/nhess-12-23-2012, IF (2012) 1.983, M21
12. Ristić, A., Abolmasov, B., Govedarica, M., Petrovački, D., Ristić, A. (2012). Shallow-landslide spatial structure interpretation using a multi-geophysical approach. *Acta Geotechnica Slovenica* 9(1): 47–59, ISSN 1854-0171, IF (2012) 0.200, M23
13. Dragičević S., Filipović D., Kostadinov S., Ristić R., Novković I., Živković N., Anđelković G., Abolmasov B., Šećerov V., Đurđić S. (2011). Natural Hazard Assessment for Land-Use Planning in Serbia. *International Journal of Environmental Research* 5(2): 371-380, ISSN 1735-6865, IF (2011) 1,462, M22
14. Abolmasov B., Jovanovski M., Ferić, P., Mihalić, S. (2011). Loesses Due to Historical Earthquakes in The Balkan Region: overview of publicly available data. *Geofizika* (28): 161- 18, ISSN 0352-3659, IF (2011) 0.789, M23
15. Marjanović, M., Kovačević, M., Bajat B., Mihalić, S., Abolmasov, B. (2011). Landslide Assessment of Starča Basin (Croatia) Using Machine Learning Algorithms. *Acta Geotechnica Slovenica* 8(2): 45-55, ISSN 1854-0171, IF (2011) 0.100, M23

У Београду, 31.07.2020.

Декан

Универзитет у Београду

Рударско-геолошки факултет

Проф. Др Зоран Глигорић

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 17.09.2020. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Јелке Крушић, мастер инж. геологије.**
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *„Примена нумеричких метода у моделовању тецишта са освртом на различите реолошке услове“.*
3. За ментора се именује др Биљана Аболмасов, ред. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет
Наставно-научном Већу

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелке Крушић, мастер инж.геол. за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1/187 од 19.06.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелке Крушић, мастер инж.геол. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Примена нумеричких метода у моделовању тецишта са освртом на различите реолошке услове“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелка Крушић, мастер инж.геол. рођена је 22.11.1990. године у Никшићу, где је завршила основно и средње образовање. Основне студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на Студијском програму за Геотехнику, завршила је 2013. године, са просечном оценом током студија 9,23, одбравивши дипломски рад: *"Геотехнички услови изградње школе у насељу Степа Степановић у Београду"*, са оценом 10. На истом студисјком програму, завршила је мастер студије 2014. године и стекла звање мастер инж. геологије, са просечном оценом

9,5 на мастер студијама, одбранивши мастер рад на тему: *“Геотехнички услови изградње хидроенергетског система Зета-Крупац-Слано”*, са оценом 10.

Након завршених мастер студија, 2014. године уписала је докторске академске студије на Студијском програму Геотехника. Закључно са школском 2016/2017. године положила је све испите предвиђене студијским планом и програмом са општом просечном оценом 9,81. Списак положених испита дат је табели 1.

Табела 1. Списак положених испита на докторским студијама

Шифра	Назив	Оцена	ЕСПБ
13-ЗРД42	Тектоника - одабрана поглавља	10	10
13-ЗРД28	Квартарне наслаге Србије - одабрана поглавља	10	10
13-ЗКЛКМ	Критеријуми лома и класификација стенског материјала	10	10
13-ЗПГ32	Седиментологија неогених језерских басена Србије	10	10
13-ЗГТС1	Студијски научно - истраживачки рад	10	10
13-ЗГГИС	Геостатистика и геоинформациони системи	9	10
13-ЗГТС2	Практичан истраживачки рад	10	20
13-ЗГТ97	Инжењерскогеолошко моделовање	10	10
13-ЗГТ01	Геолошки хазарди и управљање ризиком	10	10
13-ЗРД41	Квалитативно - квантитативна геолошка анализа дигиталних снимака	8	10
13-ЗГТС3	Студијски научно - истраживачки рад	10	10
13-ЗГТ75	Израда докторске дисертације	10	15
13-ЗГТ77	Израда докторске дисертације	10	20
13-ЗГТ74	Израда рада на SCI листи	10	15
13-ЗГТ76	Студијски научно - истраживачки рад	10	5

У децембру 2014. изабрана је у звање истраживач приправник на пројекту технолошког развоја: "Примена GNSS и LIDAR технологије у мониторингу стабилности инфраструктурних објеката и терена " - ТР36009 чији је руководилац проф. др Биљана Аболмасов.

Током ангажовања на Пројекту ТР36009, у складу са докторантским и истраживачким обавезама и потребама Катедре, учествовала је у унапређењу појединих сегмената наставе на Департману за Геотехнику, попут вежби, практичног и лабораторијског рада и консултација са студентима на предметима: „Инжењерска геодинамика“, „Инжењерска геологија“ и „Принципи инжењерске геологије“ на основним академским студијама.

Од октобра 2018. године изабрана је у звање асистент на смеру за Геотехнику, Рударско-геолошког факултета са задужењем на предметима: Принципи инжењерске геологије, Геолошки грађевински материјали, Инжењерска

геодинамика, Пројектовање инжењерскогеолошких истраживања и Инжењерска геологија.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Током основних и докторских академских студија, учествовала је на више међународних, националних и пројеката сарадње са привредом:

Национални научни пројекат:

- Пројекат технолошког развоја: Примена GNSS и LIDAR технологије у мониторингу стабилности инфраструктурних објеката и терена (ТР36009); Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет; 2014-2020; истраживач -приправник; асистент

Међународни научни пројекти:

- Massive landsliding in Serbia following cyclone Tamara in May 2014, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Project of International Program on Landslides and International Consortium on Landslides, IPL Ongoing Project/Project No 210. / учесник пројекта

Остали релевантни пројекти и студије:

- Хармонизација података о клизиштима и обучавање локалних самоуправа за њихово праћење - BEWARE (BEyond landslideaWAREness), позиција: млађи стручњак за клизишта; United Nations Development Programme in Serbia; 2015-2016.
- Мониторинг Ерозије Ђавоље Вароши – МЕЂА: одрживост природних феномена у условима климатских промена, позиција: члан истраживачког тима; Фондација Покрени се за Науку; 2016-2017.

Као сарадник учествовала је у организацији следећих стручних скупова од међународног и националног значаја из области геологије, инжењерске геологије и геотехнике:

- 2nd Regional Symposium on Landslides in The Adriatic Balkan Region ResyLAB 2015, Belgrade, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, члан организационог одбора
- 17-ти Конгрес геолога Србије са међународним учешћем, Врњачка Бања, 2018. године

Учествовала је на више радионица и програма усавршавања:

- Међународна радионица: ISRM Workshop "Rock mechanics and rock engineering theoretical advances, investigation techniques, design", у Загребу, Хрватска, 03.03.2016.
- Међународна школа: EGU/CERG FORM-OSE Post-Graduate Training School 2016 "Landslides and other Geological Hazards in Active Volcanic

Environments", Azores, Португалија, јул, 2016.

- Међународна школа: "LARAM -*LA*ndslide Risk Assessment and Mitigation", Универзитет у Салерну, Република Италија, септембар 2016.
- Међународна радионица: Second JTC1 Workshop-Triggering and Propagation of Rapid Flow-like Landslides, Хонг-Конг, Кина, децембар 2018.
- Међународна школа: 30th ALERT Doctoral School 2019- The legacy of Ioannis Vardoulakis to Geomechanics, Aussois, Француска, октобар 2019.
- Међународна радионица: 30th ALERT WORKSHOP, Aussois, Француска, октобар 2019.

У зимском семестру школске 2018/2019 године, била је део програма размене ERASMUS+ на Политехничком Универзитету у Мадриду, Грађевински факултет (Universidad Politécnica de Madrid, ETS de Ingenieros de Caminos - Departamento de Matemáticas e Informática Aplicadas a las ingenierías civil y naval).

Усмено је презентовала резултате својих истражиња на бројним домаћим и међународним конгресима и симпозијумима.

Коаутор је помоћног наставног универзитетског уџбеника (практикум) под насловом:

- Марјановић М., Аболмасов Б., Ђурић У., **Крушић Ј.** (2020). Практикум из Инжењерске геологије. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет. (ISBN: 978-86-7352-350-7)

Члан је међународних и националних научних и стручних удружења од којих треба истаћи:

- Српско геолошко друштво
- International Association for Engineering Geology and the Environment – IAEG

1.2.1.Објављени стручни и научни радови

Категорија М20-Радови објављени у научним часописима међународног значаја

Рад у међународном часопису (М23)

- Krušić, J., Marjanović, M., Samardžić-Petrović, M., Abolmasov, B., Andrejev, K., Miladinović, A. (2017). Comparison of expert, deterministic and Machine Learning approach for landslide susceptibility assessment in Ljubovija Municipality, Serbia. *Geofizika - Special Issue "Spatial Statistics in Environmental Modelling"*. Andrija Mohorovičić Geophysical Institute, Faculty of Science, University of Zagreb. electronic: 1846-6346, 10.15233/gfz.2017.34.15

Категорија М30-Зборници међународних научних скупова

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

- Andrejev, K., Krušić, J., Đurić, U., Marjanović, M., Abolmasov, B. (2017). Relative Landslide Risk Assessment for the City of Valjevo. In: M. Mikoš et al. (eds.), *Advancing Culture of Living with Landslides, Proceedings of 4th World Landslide Forum*, Ljubljana, Slovenia, 29. May - 02. Jun, 2017. Springer International Publishing, 3, pp. 525 - 523, 10.1007/978-3-319-53483-1_62, ISBN 978-3-319-53486-2.
- Abolmasov, B., Marjanović, M., Đurić, U., Krušić, J., Andrejev, K. (2017). Massive Landsliding in Serbia Following Cyclone Tamara in May 2014 (IPL-210). In: K. Sassa et al. (eds.), *Advancing Culture of Living with Landslides, Proceedings of 4th World Landslide Forum*, Ljubljana, Slovenia, 29. May - 02. Jun, 2017. Springer International Publishing, 1, pp. 473 - 484, 10.1007/978-3-319-59469-9_4, ISBN 978-3-319-53500-5.
- Krušić, J., Andrejev, K., Andrejev, K., Abolmasov, B., Marjanović, M., Preliminary results of the Selanac debris flow modelling in RAMS - a case study., *Proceeding of the 3rd Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region*, Ljubljana 2017, *Proceeding of the 3rd Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region*, Ljubljana 2017, 1, pp. 95 - 100, ISBN 978-961-6498-58-6, Ljubljana, Slovenia, 11. - 13. Oct, 2017
- Marjanović, M., Abolmasov, B., Đurić, U., Krušić, J., Assessment of landslide-related hazard and risk on the road network of the Valjevo city, Serbia, Special Issue: XVI DECGE 2018 *Proceedings of the 16th Danube - European Conference on Geotechnical Engineering*, Special Issue: XVI DECGE 2018 *Proceedings of the 16th Danube - European Conference on Geotechnical Engineering*, 2, 2-3, pp. 365 - 370, 2509-7075, Skopje, 7. - 9. Jun, 2018
- Abolmasov, B., Marjanović, M., Đurić, U., Samardžić-Petrović, M., Krušić, J., IPL Project 210 – Massive landsliding in Serbia following Cyclone Tamara in May 2014 - progress report, *Proceedings of 2018 IPL Symposium on Landslides*, *Proceedings of 2018 IPL Symposium on Landslides*, pp. 47 - 51, ISBN 978-4-9903382-0-6, Kyoto, Japan, 3. - 3. Dec, 2018
- Krušić, J., Samardžić-Petrović, M., Marjanović, M., Abolmasov, B., Miljkovic, S., Preliminary results of numerical modelling of debris flow - case study Leva reka, Serbia, Special Issue: XVI DECGE 2018: *Proceedings of the 16th Danube-European Conference - Geotechnical hazards and risks: Experiences and practices*, Special Issue: XVI DECGE 2018: *Proceedings of the 16th Danube-European Conference - Geotechnical hazards and risks: Experiences and practices*, 2, pp. 707 - 712, 2509-7075, Skopje, Macedonia, 6. - 9. Jun, 2018
- Marjanović, M., Pejić, M., Đurić, U., Krušić, J., Abolmasov, B. Jointed rock mass characterization using field and point-cloud data, *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses*, vol. 1: *Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*, *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses*, vol. 1: *Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*, 1, pp. 319 - 324, ISBN 978-1-138-61645-5, St Petersburg, Russia, 22. - 26. May, 2018
- J. Krušić, B. Abolmasov, M. Marjanović, D. Djurić, Numerical modelling in RAMMS -Selanac debris flow, *Proceedings of the Second JTC1 Workshop*, *Proceedings of the Second JTC1 Workshop*, pp. 119 - 122, ISBN 978-988-74066-0-0, Hong Kong, 3. - 7. Dec, 2018

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

- Krušić, J., Andrejev, K., Abolmasov, B., Marjanović, M. (2017). Preliminary results of Selanac debris flow modelling in RAMMS - a case study. Resylab 2017 - Book of Abstracts. Geological Survey of Slovenia, Ljubljana, 2017. ICL - Adriatic Balkan Network, pp. 38 - 39, ISBN 978-961-6498-53-1.
- J. La Chica, M. Pastor, M. M. Stickle, A. Yague, D. Manzanal, S. M. Tayyebi, M. MolinosP, P. Mira, J. Krušić, Application of two SPH models to the Tate's Cairn debris flow, 30th ALERT Workshop – Poster Session - Book of abstracts, 30th ALERT Workshop – Poster Session - Book of abstracts, pp. 24 - 25, ISBN 978-2-9561359-5-1, Aussois, France, 30. Sep - 02. Oct, 2019
- J.Krušić, M. Pastor, S. M. Tayyebi, M. M. Stickle, A. Yague, D. Manzanal, M. Molinos, P. Mira, Two-phase SPH model of Selanac debris flow-Serbia, 30th ALERT Workshop – Poster Session - Book of abstracts, 30th ALERT Workshop – Poster Session - Book of abstracts, pp. 30 - 31, ISBN 978-2-9561359-5-1, 30. Sep - 02. Oct, 2019

Категорија M40-Монографије националног значаја

Лексикографска јединица у научној публикацији националног значаја (M47)

- Аболмасов, Б. Марјановић, М., Ђурић, У., Станковић, Р., Крушић, Ј., Андрејев, К., Вуловић, Н., Петровић, Р. (2015) Брошура BEWARE пројекта - информатор о пројекту и приручник за практичан рад, Програм Уједињених Нација за развој (UNDP) Србија, pp. 1 - 56, ISBN 978-86-7728230-1, 978-86-7728-230-1.

Категорија M50-Часописи националног значаја

Рад у водећем часопису националног значаја(M51)

- Аболмасов, Б., Крушић, Ј., Андрејев, К., Марјановић, М., Станковић, Р., Ђурић, У. (2017) Примена АНР и WoE методе у процени подложности терена на клижење за подручје општине Крупањ, Изградња, Удружење инжењера грађевинарства, геотехнике, архитектуре и урбаниста "Изградња", 7-10, pp. 239 - 246, 350-5421.

Рад у научном часопису (M53)

- Rakić, D., Krušić, J., Andrejev, K., Lazaroski, D. (2013) Primena parametara stišljivosti u analizi sleganja komunalnog otpada, e-gf-os – Elektonički časopis građevinskog fakulteta Osijek, Građevinski fakultet Osijek, /, 7, pp. 32 - 42, ISSN 1847-8948, /, 10.13167/2013.7.4.
- Крушић, Ј., Марјановић, М., Ђурић, У., Новковић, И., Аболмасов, Б. (2014) Примена експертске АНР методе у ванредним ситуацијама на примеру мајских клизишта 2014, Геолошки гласник 33 - Нова серија 3,

Републички завод за геолошка истраживања, Република Српска, Зборник, 3, 33, pp. 115 - 130, 2233-1824.

Категорија М60- Саопштења на скуповима националног значаја

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (М64)

- Marjanović, M., Stojaković, A., Abolmasov, B., Đurić, U., Krušić, J., Andrejev, K., Samardžić Petrović, M. Geological, morphologic and pedologic components of the teroир of Smederevka, 17th Serbian Geological Congress, Book of Abstracts, 2, pp. 808 - 813, ISBN 978-86-86053-20-6, Vrnjačka Banja, 17. - 20. May, 2018
- Đurić, U., Pejić, M., Marjanović, M., Đurić, U., Krušić, J. Monitoring of erosion in the area of Đavolja Varoš: project "МЕЂА", 17th Serbian Geological Congress, Book of Abstracts, 2, pp. 780 - 785, ISBN 978-86-86053-20-6, Vrnjačka Banja, 17. - 20. May
- Krušić, J., Abolmasov, B. Marjanović, M. Đurić, D. Preliminary results of Selanac debris flow modelling in RAMMS, 17th Serbian Geological Congress, Book of Abstracts, 2, pp. 619 - 624, ISBN 978-86-86053-20-6, Vrnjačka Banja, 17. - 20. May, 2018
- Krušić, J., Marjanović, M. Andrejev, K., Abolmasov, B. Assessment of landslide susceptibility using expert AHP method for the Ljubovija municipality, 17th Serbian Geological Congress, Book of Abstracts, 2, pp. 625 - 629, ISBN 978-86-86053-20-6 Vrnjačka Banja, 17. - 20. May

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са проблематиком која ће се третирати кроз предложену тему докторске дисертације и квалификују је за успешан рад на предложеној теми. Кандидат је као први аутор објавила рад у међународном часопису са SCI листе у категорији M23 и то из области која је предмет предложене теме дисертације. На основу биографских података, стручних и научних активности, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и научни циљ истраживања

2.1 Предмет научног истраживања

Тецишта су савремене геодинамичке појаве које су последица процеса течења, односно гравитационог процеса нестабилности на падинама. Најчешће настају када слабо сортиран материјал засићен водом почиње да се креће низ падину под дејством гравитације. Предуслови за настанак процеса су многобројни, али најчешће су то стрми нагиби терена, слабо везани или неvezани материјали који

га изграђују и др., док се као услови и узроци најчешће наводи потпуно засићење материјала водом које настаје као последица дуготрајних и/или екстремних падавина. Велика брзина кретања, дужина транспорта и магнитуда процеса, уз веома малу могућност предвиђања, чине их једним од најопаснијих и најразорнијих појава нестабилности.

Већина појава нестабилности у свету, која су за последицу имала велике материјалне и људске губитке, су управо биле појаве течења. Директне штете од ових процеса су губици живота, разорени објекти становања, инфраструктурни објекти, пољопривредна добра, шуме итд. Такође, приликом појаве земљотреса, велики број људских губитака је изазван накнадним активирањем тецишта и њиховим разорним дејством као секундарном појавом.

На подручју Србије тецишта нису била доминантна појава нестабилности, односно наше подручје је много карактеристичније по другим појавама нестабилности, какви су одрони или клизишта. Последњих година сведоци смо све већег броја појава течења материјала. Током екстремних падавина у мају 2014. године, највећи број појава које су се десиле су управо била тецишта или комбиновано кретање - течење и клижење.

До сада овај механизам процеса и појаве које настају, нису истраживани детаљно у геотехничкој пракси у Србији, а посебно узимајући у обзир сву комплексност истраживања са аспекта геотехнике - од разумевања механизма процеса, преко физичко-механичких параметара покренутог материјала и њихових реолошких својства, до нумеричког моделирања самог процеса и појаве. Предмет и тема ове докторске дисертације ће бити примена нумеричких метода у различитим реолошким условима верификована на примеру два тецишта у Србији, активираних током екстремних падавина у мају 2014. године.

Основни мотиви за рад на овој теми и одабир поменутих подручја истраживања су:

- Недовољна истраженост процеса и појава са реалним примерима на подручју Србије;
- Учестала појава све већег броја тецишта на подручју наше земље, која прозрокују велике материјалне штете, угрожавају многе објекте становања, инфраструктурне објекте и друга материјална добра;
- Импресивна магнитуда тецишта Селанац (општина Љубовија) и Лева Река (град Краљево) као истражних подручја - модела, која су као појаве јединствени по магнитуди код нас, али и у свету (како по механизму процеса тако и по димензијама);
- Доступност геодетских подлога терена одговарајуће резолуције пре активирања тецишта;
- Изведена геофизичка истраживања;
- Изведено детаљно снимање терена UAV техником високе резолуције након активирања процеса;
- Урађена лабораторијска испитивања узорака материјала;

- Доступност одговарајућих софтвера који се у свету користе за нумеричко моделирање као и обимна литература, како би се добијени резултати могли верификовати;
- Самостални рад кандидата на истраживању ових појава и остварена сарадња са водећим истраживачима и центрима у свету

2.2 Циљ истраживања

Циљ односно предмет докторске дисертације је примена нумеричких метода у моделовању тецишта са освртом на различите реолошке услове. Оцењивање подобног модела течења подразумева:

- Дефинисање тачне геометрије тецишта са реконструкцијом догађаја;
- Прикупљање различитих геодетских подлога терена пре активирања процеса;
- Извођење теренских истраживања у циљу дефинисања геометријских параметара појаве и узимање узорака за лабораторијска испитивања;
- Детаљно снимање терена након самог процеса ;
- Прикупљање података о условима и узроцима активирања;
- Прикупљање података о изазваним материјалним штетама;
- Примена FVM (метода коначних запремина) коришћењем Воелмијевог (Veollmy, 1955) реолошког модела;
- Примена SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) meshless модела употребом различитих реолошких услова и нумеричких алгоритама;
- Верификација модела на реалним примерима из праксе;
- Дефинисање стандарда и процедура за механизме течења и различите материјале који могу бити покренути са освртом на праксу у геотехници.

2.3. Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

За израду дисертације би се користила доступна литература публикована последњих година у међународним часописима, дисертацијама, студијама и препорукама које се баве тематиком нумеричког моделовања тецишта:

- Bartelt, P., Buehler, Y., Christen, M., Deubelbeiss, Y., Graf, C., and McArdell, B. W. (2013) RAMMS – Rapid mass movement simulation, a modeling system for debris flows in research and practice, User manual v1.5, Debris flow, Institute for Snow and Avalanche Research SLF,
- Cascini, L., Cuomo, S., Pastor, M., Rendina, I. (2016) SPH-FDM propagation and pore water pressure modelling for debris flows in flume tests, Engineering Geology, Volume 213, 2016, 74-83, ISSN 0013-7952.
- Chen, H., & Lee, C. F. (2004). Geohazards of slope mass movement and its prevention in Hong Kong. Engineering Geology, 76(1), 3–25
- Christen M, Bartelt P, Kowalski J (2010b) Back-calculation of the In den Arelen avalanche with RAMMS: Interpretation of model results. Annals of Glaciology 51(54): 161-168.
- Christen M, Kowalski J, Bartelt P (2010a) RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology, 63, 1–14.

- Cuomo, S., M. Pastor, L. Cascini, and G. C. Castorino. (2014). Interplay of Rheology and Entrainment in Debris Avalanches: A Numerical Study. *Canadian Geotechnical Journal* 51 (11): 1318–1330.
- Frank, F., McCardell, B. W., Oggier, N., Baer, P., Christen, M., & Vieli, A. (2016). Debris flow modeling at Meretschibach and Bondasca catchment, Switzerland: sensitivity testing of field data-based erosion model. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*.
- Huang, Y., Cheng, H., Dai, Z. et al. (2015). SPH-based numerical simulation of catastrophic debris flows after the 2008 Wenchuan earthquake. *Bull Eng Geol Environ* 74, 1137–1151.
- Hungr, O., McDougall, S., and Bovis, M. (2005). Entrainment of material by debris flows, in: *Debris-Flow Hazards and Related Phenomena*, edited by: Jakob, M. and Hungr, O., 135-158, Springer, New York, 2005.
- Iverson, R. M. (2012). Elementary theory of bed-sediment entrainment by debris flows and avalanches, *J. Geophys. Res.*, 117, F03006, doi:10.1029/2011JF002189
- Iverson, R. M., Reid, M. E., Logan, M., LaHusen, R. G., Godt, J. W., and Griswold, J. G. (2011). Positive feedback and momentum growth during debris-flow entrainment of wet bed sediment, *Nat. Geosci.*, 4, 116–121, <https://doi.org/10.1038/NGEO1040>, 2011.
- Jakob M, Hungr O. (2005) *Debris-flow hazards and related phenomena*. Blondel, P. Springer Praxis Book in Geophysical Sciences, Chichester, UK. 1723 p.
- Liu GR, Liu MB. (2003). *Smoothed Particle Hydrodynamics: A Meshfree Particle Method*. World Scientific: Singapore, 2003. ISBN: 981-238-456-1
- Pastor, M., Blanc, T., Haddad, B. (2015). Depth Averaged Models for Fast Landslide Propagation: Mathematical, Rheological and Numerical Aspects. *Arch Computat Methods Eng* 22, 67–104 <https://doi.org/10.1007/s11831-014-9110-3>
- Pastor, M., Haddad, B., Sorbino, G., Cuomo, S., and Drempetic, V. (2009). A depth integrated, coupled SPH model for flow-like landslides and related phenomena. *International Journal on Numerical Analysis and Methods in Geomechanics*, 33(2): 143–172. doi:10.1002/nag.705.
- Pastor, M.; Yague, A.; Stickle, M.M.; Manzanal, D.; Mira, P. (2017). A two-phase SPH model for debris flow propagation. *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.* 42.
- Schraml K, Thomschitz B, Mcardell BW, Graf C, Kaitna R (2015) Modeling debris-flow runout patterns on two alpine fans with different dynamic simulation models. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15 (7):1483-1492.
- Sosio R, Crosta GB, Hungr O (2008). Complete dynamic modelling calibration for the Thur-wieser rock avalanche (Italian Central Alps). *Engineering Geology* 100 (1-2): 11-26
- Takahashi T (2007) *Debris Flow Mechanics, Prediction, and Countermeasures*. *Annual Review of Fluid Mechanics* 13 (1): 57-77.
- Wu W (2015) *Recent advances in modelling landslides and debris flows*. Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, Published by Springer Verlag.

3. Полазне хипотезе

Тецишта су феномен који својом комплексношћу механизма кретања захтевају посебан приступ у изради нумеричког модела. Наиме, код већине тецишта покретање материјала настаје као лом у чврстим материјалима по механизму процеса клижења (материјалима који поседују чврстоћу - механика чврстог стања), да би се механизам клижења током транспорта трансформисао у механизам течења услед велике засићености покренутог материјала водом (механика флуида). За разлику од процеса клижења, материјал потпуно губи све параметре чврстоће током кретања, и за разлику од процеса клижења, нема јасно дефинисану зону раванских - смичућих деформација (те тиме ни параметре чврстоће на смицање - угао унутрашњег трења и кохезију). Геометријске карактеристике и облик појава течења су такође специфични - јасно се издвајају зоне настанка, транспорта и депозиције материјала. Стога, комплексност моделовања огледа се у постављању: геометријског, математичког, реолошког и најзад нумеричког модела.

У литератури се може наћи већи број публикованих радова, почевши од Iverson-a, (1997), Rickenmann-a, (1999), Hungr-a, (1995) и др., у којима су дате основе методолошком приступу - од дефинисања базичних хипотеза у погледу физичких својстава тецишта, до дефинисања емпиријских зависности добијених на основу искустава стечених истраживањима великог броја појава у свету.

Након екстремних падавина у мају 2014. године у Србији се активирао велики број тецишта, посебно у западној Србији, где су многи путни правци прекинути (посебно у општинама Крупањ, Љубовија, Мали Зворник, Осечина, Косјерић, Бајина Башта, Ваљево), или су пак многи стамбени објекти оштећени услед појава течења. Такође, велике пољопривредне површине и подручја под шумама су девастирани овим процесом. Као два реална модела тецишта за истраживање, израду модела и верификацију изабрани су тециште Селанац и тециште Лева река. Оба тецишта су активирана као последица екстремних падавина у мају 2014. године.

Тециште Селанац (општина Љубовија) представља ретку појаву на нашим просторима, али и у свету, са запремином покренутог материјала од око 450.000 m³ и са великом дубином (преко 30m) у зони активирања. Транспортовани материјал је кретан преко 1.5km до Селаначке реке; срушен је срећом само један објекат, међутим била је угрожена стабилност многих стамбених објеката у близини. Тециште Лева река (град Краљево) је такође велике магнитуде; покренути материјал је преградио Леву реку, уништио локални пут и дошло је до стварања вештачког језера дубине преко 5 m.

Оба тецишта су регистрована, искартирана и теренски истражена од стране кандидата током 2015-2017 године, при чему су прикупљени подаци о морфометрији оба тецишта, њиховој геолошкој грађи и инжењерскогеолошким карактеристикама, извршена су геофизичка истраживања и узети су узорци за лабораторијска испитивања, као предуслов за нумеричко моделирање процеса.

На основу изложеног, полазне хипотезе дисертације би биле:

- Да ли су нумеричке методе применљиве на примерима тецишта са подручја Србије?
- Да ли је примена могућа узимајући у обзир комплексност појаве и велике дубине у зони активирања које нису типичне за ове појаве?
- Да ли се може урадити одговарајуће поређење међу различитим методама које се користе различитим нумеричким приступима?
- Да ли су резултати и прогнозе у складу са теренским и лабораторијским истраживањима?
- Које су предности а који недостаци коришћених метода приликом процене отицаја материјала?
- Да ли се добијени подаци могу применити на сличне појаве у сличним подручјима када тецишта могу бити масовне појаве?
- Да ли се добијени резултати могу користити за процену хазарда од течења на неком ширем подручју и под којим условима?

4. Научне методе истраживања

Приликом израде дисертације користиле би се следеће научне методе истраживања:

- **Метода теоријске анализе** - која би се применила током прикупљања и анализе досадашњих теоријских сазнања и најновијих резултата у овој области, а везано за предмет дисертације - са посебним аспектом на примену нумеричких анализа у моделовању различитих типова тецишта.
- **Метода прикупљања и синтеза података** - подразумева прикупљање пре свега податаке о морфолошким, геолошким и инжењерскогеолошким карактеристикама терена, као и физичко-механичким својствима узоркованог теченог материјала. Прикупљање података за геометризаацију појава подразумева обраду топографских основа највеће доступне резолуције (до 5 m), а затим накнадно снимање површине терена сличне или веће резолуције, како би подаци били упоредиви. Ове анализе су значајан податак који би се користио и у сврху валидације модела. С обзиром на специфичност појава и немогућност извођења класичних геотехничких теренских истраживања (попут истражног бушења), у случају тецишта Селанац примењене су ERT геофизичке методе. Теренским истраживањима се прикупљају подаци и о оштећеним објектима, трајању процеса (анкетирањем мештана), као и геодинамичке промене у терену настале као последица течења. Лабораторијским испитивањима узорака узетих са самих тецишта успоставиће се веза са нумеричким моделом, и обрадити проблематика генерализације параметара материјала. Другим речима, размотриће се колико су реалистични параметри који се користе у повратној анализи у односу на реалне параметре материјала, односно матрикса тецишта, које је само по себи врло комплексно јер може садржати најразличитије фракције, од глиновитог матрикса до огромних камених блокова који су њиме захваћени. Анализом свих ових података дефинисали би се основни улазни параметри у смислу зона иницирања, дубине, даљине до које је материјал доспео и затим би се приступило изради нумеричких модела

- **Методе моделовања** - током моделовања процеса примениле би се различите методе базиране на FVM моделу, и mesh less методе какав је SPH приступ широко примењен у разним областима па и у механици флуида. За обе методе се користе специфични програми, који у суштини симулирају процес течења. Тиме се добијају 2D модели интегрисани по дубини, са могућношћу различитих сценарија. Обе методе пре свега прогностичују моделе отицаја материјала са дубинама течења, али и могућност прорачуна промене брзине, притисака, али и промене порних притисака у случају SPH модела. Током моделовања се узима у обзир стање у тренутку активирања као и могући будући сценарији уколико би дошло до поновног активирања. Нумеричко моделовање отицаја, које се добија (наведеним) различитим приступима, представља главни циљ дисертације. Оба модела су захтевна јер укључују више утицајних фактора и захтевају комплексне нумеричке моделе. У литератури је до сада приказано више метода моделовања на конкретним примерима у свету (Hungar 2005, McDougall, 2009; Pastor, 2009, Christen, 2010 и др.). У дисертацији ће се кроз методу повратне анализе са коришћењем различитих реолошких и нумеричких услова и параметара симулирати процес и појава који су настали током 2014. године на територији Србије. У оба модела улазни параметри (топографија терена, зона иницијације) су исти, међутим, питање је да ли у предложеним моделима постоји разлика између модела са истим реолошким условима. Посебан акценат ће бити на моделима који се добијају применом SPH методе, за коју се до сада показало да има више могућности за симулацију и реалну промену параметара модела.
- **Верификација модела** – овим поступком би се приступило провери веродостојности оба модела, коришћењем резултата истраживања која су претходно изведена, као и појединих емпиријских зависности. Пре свега вршиће се поређење са резултатима геофизичким истраживањима и моделима површине терена из различитих епоха снимања (добијених на основу резултата даљинске детекције), пре и након активирања процеса, као и упоређивање нумерички моделованих и реалних физичко-механичких својстава материјала.

5. Очекивани научни допринос

Дисертацијом се предвиђа да се да детаљан приказ литературних података, теоријских основа, конкретних примера као и приказ нумеричких метода које се данас користе у свету за моделовање процеса течења, са критичком анализом резултата које поједине методе пружају. Као што је наведено, у нашој научној и стручној пракси, процесу течења и тециштима као појавама до сада није посвећена довољна пажња.

Дисертацијом би се приказала могућност моделовања тецишта у доступним софтверима, коришћењем реалних података са терена и пренела искуства првог потпуно интегрисаног испитивања тецишта у Србији. Резултат који се очекује је симулација отицаја, процена параметра, поређење више метода моделовања, као и укључивање више меродавних параметара који утичу на сам процес течења као и на транспорт материјала. Тиме би се знања о геодинамичким карактеристикама процеса течења и тециштима, о физичко-механичким карактеристикама

материјала, као и о могућностима њиховог комплексног нумеричког моделирања у савременим софтверима, значајно проширила.

Конкретни резултати и научни допринос дисертације би били следећи:

- Дефинисање процедура прикупљања и теренских истраживања процеса течења и појава тецишта у сврху геометризације модела и добијања релевантних параметара модела
- Физичко - механичке карактеристике материјала који је покренут и карактеризација параметара модела, стандардне процедуре и услови одабира узорка и извођења опита;
- Дефинисање геодинамичких карактеристика процеса течења, укључујући услове и узроке активирања
- Комплексно моделирање процеса/појаве кроз дефинисање основних улазних параметара - дефинисање процедуре за различите реолошке услове
- Израда 2D нумеричких модела тецишта у RAMMS® софтверу коришћењем повратне анализе на примеру тецишта Селанац и Лева река;
- Израда 2D модела интегрисаног по дубини коришћењем Geoflow SPH® кода, коришћењем различитих реолошких услова, са могућношћу укључивања више фактора (какав је на пример био утицај ерозије Селаначке реке код тецишта Селанац);
- Провера могућности коришћења резултата у геотехничкој пракси, уз препоруке примене појединих метода нумеричког моделирања за потенцијално друга подручја

6. План истраживања и структура рада

Хронолошки, истраживања приликом израде дисертације би била конципирана на следећи начин:

- **Анализа постојеће научне и стручне литературе у свету и код нас** која би подразумевала
 - Преглед релевантне научне и стручне литературе из ове области
 - Детаљан осврт на методе, са применом и добијеним резултатима у свету;
 - Оцена досадашњих анализа, сличности и разлика међу изабраним методама;
 - Анализу реолошких и математичких модела и њихове примена;
 - Анализу нумеричких метода које се примењују за симулацију процеса;
- **Анализа постојећих сазнања о догођеним процесима и појавама**
 - Анализа геометрије тецишта која би подразумевала комбиновање теренских истраживања са анализама података помоћних садржаја (попут сателитских и аероснимака), пре и након процеса течења на конкретним локацијама;
 - Анализа морфолошких, геолошких и инжењерскогеолошких карактеристика истражних подручја (тецишта Селанац и Лева река);

- Анализа физичко-механичких параметара на основу резултата изведених лабораторијских испитивања узорака из тела оба тецишта.
- **Израда 2D модела коришћењем софтвера RAMMS**
 - Тестирање софтверских могућности употребом различитих улазних параметара;
 - Израда модела повратном анализом узимајући реолошке параметре као меродавне.
- **Израда 2D модела у Geoflow SPH коду**
 - Коришћење различитих реолошких закона;
 - Израда двофазног модела за оба случаја чиме се моделује флуидна и чврста фаза са освртом на појединачни утицај сваке од њих;
 - Укључивање зона утицаја узимајући у обзир кретање реке и њен утицај на даље одношење материјала код тецишта Селанац.
- **Закључне анализе и дискусије**
 - Верификација добијених модела са теренским резултатима, лабораторијским анализама и резултатима поређења сателитских снимака
 - Дискусија на основу добијених резултата анализе и моделовања;
 - Компарација: предности – недостаци, ограничења и одступања добијених резултата;
 - Могућност примене добијених резултата у савременој геотехничкој пракси и надоградњи досадашњих истраживања.

7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве кандидата Јелке Крушић, мастер инж.геол., Комисија закључује да је предложена тема актуелна и погодна за израду докторске дисертације, да кандидат испуњава све законом предвиђене услове, као и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Наставно-научном Већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да кандидату Јелки Крушић, мастер инж.геол. одобри израду докторске дисертације под насловом:

„Примена нумеричких метода у моделовању тецишта са освртом на различите реолошке услове“.

У научној области Геолошко инжењерство, ужа научна област Инжењерска геологија, геомеханика и геотехничко инжењерство, за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. За ментора докторске дисертације се предлаже др Биљана Аболмасов, редовни професор на Катедри за Геотехнику Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 31.07.2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Биљана Аболмасов, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Милош Марјановић, доцент
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Ратко Ристић, редовни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет