

ПРИМЉЕНО: 08.04.2024.		
Орг. јед.	Брчј	Прилог
02	775/1	

НАУЧНОМ ВЕЋУ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ -
ИНСТИТУТА ЗА МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНА ИСТРАЖИВАЊА

Одлуком Научног већа Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања, на седници одржаној 20.03.2024. године, именовани смо за чланове комисије за оцену испуњености услова за стицање звања **научни саветник др Милана Жижића**, вишег научног сарадника Универзитета у Београду - Института за мултидисциплинарна истраживања.

На основу увида у достављену документацију, обавили смо анализу досадашњег рада др Милана Жижића, те Научном већу подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографија

Др Милан Жижић је рођен 10. априла 1977. године у Подгорици, где је завршио основну школу и гимназију „Слободан Шкеровић“. Природно-математички факултет, Одсек за Физику Универзитета Црне Горе у Подгорици је завршио 31.12.2001. године са средњом оценом 9,22. Школске 2004/2005. године је уписао докторске студије на Универзитету у Београду, смер Биофизика. Докторску дисертацију под насловом “Метаболизам и метаболички ефекти ванадијума код гљиве *Phycomyces blakesleeanus*“

одбранио је 12.4.2013. године. Запослен је од 1.11.2005. године као истраживач приправник на Институту за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду

Звање научни сарадник др Жижић је стекао 31. 1. 2014. године, док је звање виши научни сарадник стекао 21. 10.2019. године

Др Милан Жижић је започео свој истраживачки рад на пројекту “Мембране и апопласт: улога у спољашњем и оксидативном стресу и биохемијској регулацији симпласта“ (пројекат број 1934; Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије). Од 2006-2010. године је био ангажован на пројекту “Биофизичка истраживања мембранских процеса: интеракција мембранских рецептора и канала са спољашњим факторима и интрацелуларна организација” (пројекат број 143016Б; Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије). Од 2011 до 2019 године је био ангажован на пројекту “Интеракција мембрана са унутарћелијским и апопластичним простором: изучавање биоенергетике и сигнализације користећи биофизичке и биохемијске методе” (пројекат број ОИ 173040; Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије под називом). Учесник је на ПРИЗМА пројекту под називом „Microalgae for biosynthesis of metal cluster compounds“ (пројекат број 7078) који финансира Фонд за науку Републике Србије, почевши од децембра 2023. године. Од јула 2022. године налази се на постдокторском усавршавању на синхротрону „Elettra“, Трст, Италија, на истраживачкој станици „TwinMic“.

Др Жижић је члан Друштва биофизичара Србије. До сада је публиковао укупно 27 радова у међународним часописима и учествовао је на 42 научне конференције.

2. Библиографски подаци

Досадашња библиографија др Милана Жижића обухвата **69** библиографских јединица. Кандидат је после избора у звање виши научни сарадник укупно публиковао **35 библиографских јединица** од чега 3 рада у међународним часописима изузетних вредности (M21a), 7 радова у врхунским међународним часописима (M21), и 4 рада у истакнутим међународним часописима (M22). Др Жижић је одржао предавање по позиву на националном скупу (M62), имао је 4 саопштења на међународним (M33) и 1 на

националном (M63) скупу штампаних у целини, 7 саопштења на међународним скуповима штампаних у изводу (M34), и 9 саопштења на националним скуповима штампаних у изводу (M64).

2.1. Радови објављењи пре избора у звање научни сарадник:

2.1.1. Радови у врхунском међународном часопису (M21):

1. J. Zakrzewska, **M. Žižić**, M. Živić, "The effects of anoxia on PolyP content of *Phycomyces blakesleeanus* micelium studied by ³¹P NMR". Annals of the New York Academy of Science 2005, 1048:482-486.

Multidisciplinary Sciences 5/48, IF=1,971

2. M. Žižić, M. Živić, V. Maksimović, M. Stanić, S. Križak, T. Cvetić Antić, J. Zakrzewska. Vanadate Influence on Metabolism of Sugar Phosphates in Fungus *Phycomyces blakesleeanus*. PLoS ONE 2014, 9(7):e102849-e102855 doi: 10.1371/journal.pone.0102849.

Multidisciplinary Sciences 7/56, IF=3.730

3. M. Žižić, T. Dučić, D. Grolimund, D. Bajuk-Bogdanović, M. Nikolic, M. Stanić, S. Križak, J. Zakrzewska. X-ray absorption near-edge structure micro-spectroscopy study of vanadium speciation in *Phycomyces blakesleeanus* mycelium. Analytical and Bioanalytical Chemistry 2015, 407(24):7487-7496 doi: 10.1007/s00216-015-8916-7.

Chemistry, Analytical 11/76, IF= 3.578

4. J. Korać, D. Stanković, M. Stanić, D. Bajuk-Bogdanović, M. Žižić, J. Bogdanović Pristov, S. Grguric-Šipka, A. Popović-Bijelić, I. Spasojević. Coordinate and redox interactions of epinephrine with ferric and ferrous iron at physiological pH. Scientific Reports 2018, 8:3530 doi:10.1038/s41598-018-21940-7.

Multidisciplinary Sciences 10/63, IF= 4.259

2.1.2. Радови у истакнутом међународном часопису (M22):

5. **M. Žižić**, M. Živić, I. Spasojević, J. Bogdanović Pristov, M. Stanić, T. Cvetić-Antić, J. Zakrzewska, „The interactions of vanadium with *Phycomyces blakesleeanus* mycelium: enzymatic reduction, transport and metabolic effects“. Research in Microbiology 2013, 164(1):61-9.

Microbiology 45/116, IF=2,763

6. M. Stanić, J. Zakrzewska, M. Hadžibrahimović, **M. Žižić**, Z. Marković, Ž. Vučinić, M. Živić. Oxygen regulation of alternative respiration in fungus *Phycomyces blakesleeanus*: connection with phosphate metabolism. *Research in Microbiology* 2013, 164(7):770-778, doi: 10.1016/j.resmic.2013.03.002.

Microbiology 45/116, IF=2.889

7. S. Križak, Lj. Nikolić, M. Stanić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, M. Živić, N. Todorović. Osmotic swelling activates a novel anionic current with VRAC-like properties in a cytoplasmic droplet membrane from *Phycomyces blakesleeanus* sporangiophores. *Research in Microbiology* 2015, 166(3):162-173, doi: 10.1016/j.resmic.2015.02.004.

Microbiology 47/119, IF=2.826

8. **M. Žižić**, Z. Miladinović, M. Stanić, M. Hadžibrahimović, M. Živić, J. Zakrzewska. 51V NMR investigation of cell-associated vanadate species in *Phycomyces blakesleeanus* mycelium. *Research in Microbiology* 2016, 167(6):521-528, doi: 10.1016/j.resmic.2016.04.012.

Microbiology 55/119, IF= 2.705

9. M. Stanić, S. Križak, M. Jovanović, T. Pajić, A. Ćirić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, T. Cvetić Antić, N. Todorović, M. Živić. Growth inhibition of fungus *Phycomyces blakesleeanus* by anion channel inhibitors anthracene-9-carboxylic and niflumic acid attained through decrease in cellular respiration and energy metabolites, *Microbiology* 2017, 163(3):364-372, doi: 10.1099/mic.0.000429.

Microbiology 73/123, IF= 2.268

10. J. Korać, N. Todorović, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, I. Spasojević. The conformation of epinephrine in polar solvents: An NMR study. *Structural Chemistry* 2018, 29(5):1533-1541, doi: 10.1007/s11224-018-1144-y.

Chemistry, Multidisciplinary 91/171, IF=2.019

2.1.3. Радови у међународном часопису (M23):

11. M. Živić, J. Zakrzewska, M. Žižić, G. Bačić, "³¹P NMR study of polyphosphate levels during different growth phases of *Phycomyces blakesleeanus*". Antonie van Leeuwenhoek, 2007, 91(2):169-177.

Microbiology 57/88, IF=1,964

12. M. Stanić, M. Živić, M. Hadžibrahimović, A. Pajdić, S. Križak, M. Žižić, J. Zakrzewska. Effect of long-term cyanide exposure on cyanide-sensitive respiration and phosphate metabolism in the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. Archives of Biological Sciences 2014, 66(2):847-857, doi: 10.2298/ABS1402847S.

Biology 60/82, IF= 0.791

13. M. Hadžibrahimović, D. Sužnjević, F. Pastor, T. Cvetić Antić, M. Žižić, J. Zakrzewska, M. Živić. The interactions of vanadate monomer with the mycelium of fungus *Phycomyces blakesleeanus*: reduction or uptake? Antonie van Leeuwenhoek 2017, 110(3):365-373, doi: <https://doi.org/10.1007/s10482-016-0808-0>.

Microbiology 82/123, IF= 1.944

2.1.4. Саопштења са међународног скупа штампано у целини (M33):

14. M. Žižić, M. Živić, T. Cvetić-Antić, J. Zakrzewska „Effect of vanadate on ³¹P NMR spectra of *Phycomyces blakesleeanus in vivo*“ Physical Chemistry 2010, Proceedings of the 10th International Conference of Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry-September 2010., Belgrade, Serbia, Proceedings, Volume 1, pp: 379-381.
15. M. Žižić, I. Spasojević, M. Živić, J. Bogdanović Pristov, M. Stanić, S. Križak, J. Zakrzewska, „The mechanism of vanadate reduction in *Phycomyces blakesleeanus* mycelium“, Regional Biophysics Conference 2012, Kladovo-Belgrade, Serbia, September 03-07, Proceedings, 42-44.
16. M. Žižić, I. Spasojević, M. Stanić, M. Živić, J. Zakrzewska, „EPR investigations of vanadate reduction in mycelium of *Phycomyces blakesleeanus*“ Physical Chemistry 2012, 11th International Conference of Applied Aspects of Physical Chemistry, September 24-28, Belgrade, Serbia, Proceedings, 388-390.

17. M. Stanić, M. Žižić, M. Živić, J. Zakrzewska, „Vanadium toxicity in *Phycomyces blakesleeanus*“, Physical Chemistry 2012, 11th International Conference of Applied Aspects of Physical Chemistry, September 24-28, Belgrade, Serbia, Proceedings, 609-611.
18. M. Stanić, M. Hadžibrahimović, M. Žižić, J. Zakrzewska, M. Živić: "Metabolism of phosphate compounds during oxygen deprivation in fungus *Phycomyces blakesleeanus*: possible connection with changes in respiration", Regional Biophysics Conference, 03-07 September 2012, Kladovo, Serbia, Proceedings, 33-35.
19. S. Križak, Lj. Nikolić, N. Todorović, M. Stanić, M. Žižić, Ž. Vučinić, M. Živić: "Ion channels in cytoplasmic droplets membrane from fungus *Phycomyces blakesleeanus*" Regional Biophysics Conference, 03-07 September 2012, Kladovo, Serbia, Proceedings.
Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34):
20. J. Zakrzewska, M. Živić, M. Žižić, "Effect of growth of *Phycomyces blakesleeanus* on polyphosphate metabolism studied by ³¹P NMR spectroscopy" 22nd International Symposium on Biophysics Abs S3-p4, October 9th-14th 2004, Sv. Stefan&Belgrade, Serbia and Montenegro.
21. M. Živić, J. Zakrzewska, M. Žižić, " The effects of anoxia on PolyP content of *Phycomyces blakesleeanus* micelium studied by ³¹P NMR " 22nd International Symposium on Biophysics Abs S3-p3, October 9th-14th 2004, Sv. Stefan&Belgrade, Serbia and Montenegro.
22. M. Stanić, M. Živić, M. Hadžibrahimović, M. Žižić, J. Zakrzewska, "Anoxia induces increased activity of alternative oxidase in fungus *Phycomyces blakesleeanus*" (Meeting Abstract) Eur. Biophys. J. Biophys., 2011, 40: 186-186.
23. Z. Miladinović, A. Klaus, J. Vunduk, J. Zakrzewska, M. Žižić. Comparative ¹³C MAS NMR analysis of biomolecules in fungi *Grifola frondosa* and *Phycomyces blakesleeanus*. Physical Chemistry 2014, 12th International Conference of Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Društvo fizikohemičara Srbije, pp. 469-472, issn: 978-86-82475-31-6, Beograd, 22. - 26. Sep, 2014
24. M. Hadžibrahimović, D. Sužnjević, F. Pastor, J. Zakrzewska, M. Žižić, M. Živić. Polarographic investigation of vanadium monomer uptake/reduction in *Phycomyces Blakesleeanus* mycelium. Physical Chemistry 2016, 13th International conference on

fundamental and applied aspects of physical chemistry, Society of Physical Chemists of Serbia, pp. 395-398, isbn: 978-86-82475-34-7, Beograd, 27. Sep - 1. Oct, 2016

25. **M. Žižić**, K. Tešanović, M. Karaman, J. Zakrzewska. Vanadate uptake and influence on phosphate metabolism of *Coprinellus Micaceus* mycelium, Physical Chemistry 2016, 13th International conference on fundamental and applied aspects of physical chemistry, pp. 471-474, isbn: 978-86-82475-34-7, 2016.

2.1.5. Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34):

26. S. Križak, Lj. Nikolić, M. Živić, M Stanić, Ž Vučinić, **M. Žižić**, N. Todorović. Anionic currents from the cytoplasmic droplets membrane of the fungus *Phycomyces blakesleeanus* - analysis of whole-cell steady state currents, 1st International Conference on Plant Biology, Serbian Plant Physiology Society, pp. 48-48, issn: 978-86-912591-2-9, Subotica, Srbija, 4. - 7. Jun, 2013.
27. S. Križak, Lj. Nikolić, N. Todorović, Ž Vučinić, M Stanić, **M. Žižić**, M. Živić, Characterization of moderately rapidly inactivating anionic current in cytoplasmic droplets membrane from *Phycomyces blakesleeanus*, 1st International Conference on Plant Biology, Serbian Plant Physiology Society, pp. 49-49, issn: 978-86-912591-2-9, Subotica, Srbija, 4. - 7. Jun, 2013
28. K. Tešanović, M. Karaman, **M. Žižić**, B. Pejin, F. Šibuľ, M. Bokorov, J. Zakrzewska. Biopotential and phosphate metabolism of different fungal origins of *Coprimus comatus* and *Coprinellus truncorum*. 9th International Medicinal Mushrooms Conference – IMMC9, SYMPOSIUM III Biochemistry of medicinal mushrooms, pp. 63-64, isbn: 978-88-97559-29-0, Palermo, Italy, 24. - 28. Sep, 2017.
29. J Korać, D. Stanković, M. Stanić, D. Bajuk-Bogdanović, **M. Žižić**, J. Bogdanović Pristov, S. Grguric-Šipka, A. Popović-Bijelić, I. Spasojević. Ligand and redox interaction of adrenaline with iron at physiological pH. Serbian Biochemical Society Seventh Conference: Biochemistry of control in life and technology, Belgrade, Serbia, isbn: 978-86-7220-091-1, 10th-11th November 2017.

30. M. Žižić, G. Branković, D. Bajuk-Bogdanović, I. Rodić, J. Zakrzewska. Se(0)-nanoparticles formation by fungus *Phycomyces blakesleeanus*. 8th Regional Biophysics Conference, Zreče, Slovenia 16th-20th May 2018.

31. M. Živić, S. Križak, M. Stanić, M. Žižić, N. Todorović. ATP dependency of osmotically activated outwardly rectified current in the membrane of cytoplasmic droplets obtained from sporangiophore of model filamentous fungus *Phycomyces blakesleeanus*. 8th Regional Biophysics Conference, Zreče, Slovenia 16th-20th May 2018.

2.1.6. *Предавање по позиву са националног скупа штампано у целини (M61):*

32. M. Žižić. Vanadium speciation detection by synchrotron based X-ray absorption spectroscopy: applications of XANES in biological systems. Serbian Biochemical Society Sixth Conference: Biochemistry and Interdisciplinarity: Transcending the Limits of Field. Beograd, Nov 2016

2.1.7. *Одбрањена докторска дисертација (M71):*

33. M. Žižić, „Metabolizam i metabolički efekti vanadijuma kod gljive *Phycomyces blakesleeanus*“. Univerzitet u Beogradu 2013.

34.

2.2. Радови објављени после избора у звање виши научни сарадник:

2.2.1. Рад у изузетном међународном часопису (M21a):

35. Ž. Milanović, D. Dimic, M. Antonijević, **M. Žižić**, D. Milenkovic, E. Avdović, Z. Marković. Influence of acid-base equilibria on the rate of the chemical reaction in the advanced oxidation processes: Coumarin derivatives and hydroxyl radical. *Chemical Engineering Journal*, 2023, 453:139648-139661, doi:10.1016/j.cej.2022.139648

Engineering, Environmental 2/143; IF (2021) = 16,744

36. S. Vojvodić, M. Dimitrijević, **M. Žižić**, T. Dučić, G. Aquilanti, M. Stanić, B. Zechmann, J. Danilović Luković, D. Stanković, M. Opačić, A. Morina, J.K. Pittman, I. Spasojević. A three-step process of manganese acquisition and storage in the microalga *Chlorella sorokiniana*. *Journal of Experimental Botany* 2023, 74(3):1107-1122, doi: 10.1093/jxb/erac472.

Plant sciences 15/240; IF (2021) = 7,378; n=13; K'=4,54¹

37. M. Antonijević, E. Avdović, D. Simijonović, Ž. Milanović, **M. Žižić**, Z. Marković. Investigation of novel radical scavenging mechanisms in the alkaline environment: Green, sustainable and environmentally friendly antioxidative agent(s). *Science of The Total Environment* 2024, 912:169307-169319, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.169307.

Environmental sciences 26/275; IF (2022) = 9,8

2.2.2. Радови у врхунском међународном часопису (M21):

38. **M. Žižić**, M. Stanić, G. Aquilanti, D. Bajuk-Bogdanović, G. Branković, I. Rodić, M. Živić, J. Zakrzewska. Biotransformation of selenium in the mycelium of the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2022, 414(20):6213-6222, doi: 10.1007/s00216-022-04191-4.

Chemistry, Analytical 22/87; IF (2021) = 4,474 (22/87); n=8; K'=6,67

¹ n – број аутора; K` - ефективни односно број бодова нормиран на број аутора у складу са Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача

39. Ž. Milanović, D. Dimić, **M. Žižić**, D. Milenković, Z. Marković, E. Avdović. Mechanism of antiradical activity of newly synthesized 4,7-dihydroxycoumarin derivatives-experimental and kinetic DFT study. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 22(24):13273-13288, doi: 10.3390/ijms222413273.

Biochemistry & Molecular Biology 66/285; IF (2022) = 5,6

40. E. Avdović, I. Petrović, M. Stevanović, L. Saso, J. Dimitrić Marković, N. Filipović, M. Živić, T. Cvetić Antić, **M. Žižić**, N. Todorović, M. Vukić, S. Trifunović, Z. Marković. Synthesis and biological screening of new 4-hydroxycoumarin derivatives and their palladium(II) complexes. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 2021:1-18, doi: 10.1155/2021/8849568.

Cell Biology 55/195; IF (2021) = 7,31; n=13; K'=3,63

41. Ž. Milanović, D. Dimić K. Klein, M. Biela, V. Lukeš, **M. Žižić**, E. Avdović, A. Bešlo, R. Vojinović, J. Dimitrić Marković, Z. Marković, Z. Degradation mechanisms of 4,7-dihydroxycoumarin derivatives in advanced oxidation processes: Experimental and kinetic DFT study. *International Journal of Environmental Research Public Health*. 2023, 20(3):2046-2064, doi: 10.3390/ijerph20032046.

Public, Environmental & Occupational Health 81/302; IF (2021) 4,614; n=11; K'=4,44

42. S. Vojvodić, M. Stanić, B. Zechmann, T. Ducic, **M. Žižić**, M. Dimitrijević, J. Danilovic-Luković, M. Milenković, J. Pittman, I. Spasojević. Mechanisms of detoxification of high copper concentrations by the microalga *Chlorella sorokiniana*. *Biochemical Journal*, 2020; 477(19):3729-3741, doi: 10.1042/BCJ20200600.

Biochemistry and Molecular Biology 73/299; IF (2018) 4,331; n=10; K'=5

43. M. Dimitrijević, J. Bogdanović Pristov, **M. Žižić**, D. Stanković, D. Bajuk-Bogdanović, M. Stanić, S. Spasić, W. Hagen, I. Spasojević. Biliverdin-copper complex at physiological pH. *Dalton Transaction*, 2019, 48(18):6061-6070, doi: 10.1039/c8dt04724c.

Chemistry, inorganic and nuclear 5/45; IF (2019) 4,174; n=9; K'=5.71

44. A. Hafner, L. Costa, G. Kourousias, V. Bonanni, **M. Žižić**, A. Stolfa, B. Bazi, L. Vincze, A. Gianoncelli. An innovative in-situ AFM system for a soft X-ray spectromicroscopy synchrotron beamline. *Analyst*, 2024, 459(3):700-706, doi: 10.1039/d3an01358h

Chemistry, Analytical 22/86; IF (2022) 4,2 (22/86); n=9; K'=5.71

2.2.3. Радови у истакнутом међународном часопису (M22):

45. M. Žižić, J. Zakrzewska, K. Tešanović, E. Bošković, M. Nešović, M. Karaman. Effect of vanadate on the mycelium of edible fungus *Coprinus comatus*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2018, 50:320-326, doi: 10.1016/j.jtemb.2018.07.017.

Biochemistry, Molecular Biology 88/292; IF (2017) = 3,755²

46. M. Dimitrijević, M. Žižić, M. Piaccoli, J. Bogdanović Pristov, I. Spasojević. The conformation of biliverdin in dimethyl sulfoxide implications for the coordination with copper. *Structural Chemistry* 2019, 30:2159-2166, doi: 10.1007/s11224-019-01354-5.

Chemistry, Multidisciplinary 98/177; IF (2019) = 2,081

47. A. Gianoncelli, M. Žižić, V. Bonanni, DE. Bedolla, K. Mikuš- Vogel, K. Soft X-rays radiation damage on plunge-frozen and freeze-dried maize roots evaluated by FTIR spectromicroscopy *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 2023, 267:147384, doi: 10.1016/j.elspec.2023.147384

Spectroscopy 25/43; IF (2021) = 1,993

48. M. Žižić, K. Atlagić, M. Karaman, M. Živić, M. Stanić, V. Maksimović, J. Zakrzewska. Uptak of vanadium and its intracellular metabolism by *Coprinellus truncorum* mycelial biomass. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2024, 83: 127381-127387, doi: 10.1016/j.jtemb.2024.127381.

Biochemistry, Molecular Biology 150/285; IF (2022) = 3,500

2.2.4. Саопштења са међународног скупа штампано у целини (M33):

49. M. Žižić, M. Stanić, I. Rodić, T. Cvetić Antić, M. Živić, J. Zakrzewska. Production and characterisation of selenium nanoparticles by mycelium of fungus *Phycomyces blakesleeanus*. 16th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of

² Овај рад је објављен пре избора у садашње звање, али након што је процес избора започет. Овде је наведен, али није узет у обзир у Табели квантитативних показатеља након избора у звање виши научни сарадник датој у овом документу

- Physical Chemistry. September 26-30, 2022 Belgrade, Serbia, Proceedings, 1:89-92. <https://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2114>
50. **M. Žižić**, M. Stanić, G. Aquilanti, T. Cvetić Antić, N. Todorović, M. Živić, J. Zakrzewska. Selenite metabolism in the mycelium of the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. 16th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry. September 26-30, 2022 Belgrade, Serbia, Proceedings, vol 1. 93-96. <https://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2113>
51. K. Stevanović, T. Pajić, A. Krmpot, M. Rabasović, **M. Žižić**, M. Živić, N. Todorović. Patch clamp pipette giga seal forming success on the nanosurgery-obtained filamentous fungi protoplasts. 2nd International Conference on Chemo and Bioinformatics ICCBIKG 2023; 2023 Sep 28-29; Kragujevac, Serbia, Book of Proceedings, 1221-1224. <http://radar.ibiss.bg.ac.rs/handle/123456789/6246>
52. **M. Žižić**, M. Živić, K. Atlagić, M. Karaman, J. Zakrzewska. Influence of vanadium on the growth and metabolism of *Coprinellus Truncorum* mycelium. 1st International Conference on Chemo and Bioinformatics, ICCBIKG 2021. 2021, October 26-27, Kragujevac, Serbia, Book of Proceedings, 304-307. <https://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2203>

2.2.5. Саопштења са међународног скупа штампано у изводу (M34):

53. J. Lukičić, I. Rodić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, T. Cvetić-Antić, M. Živić, M. Stanić. Activities of antioxidant enzymes in mycelium of fungus *Phycomyces blakesleeanus*. FEMS Conference on Microbiology (in association with Serbian Society of Microbiology), 2022, Belgrade, Serbia, Abstract book, 858. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2385>
54. J. Lukicic, I. Rodic, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, T. Cvetić-Antić, M. Živić, M. Stanić. Effects of vanadate on antioxidant systems in mycelium of fungus *Phycomyces blakesleeanus*. Febs Open Bio, 2021, 11:396-397, doi: 10.1002/2211-5463.13205. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/1463>
55. **M. Žižić**, M. Macura, J. Zakrzewska, T. Cvetić-Antić, M. Živić, M. Stanić. Production of BioSeNPs in fungus *Phycomyces blakesleeanus* is accompanied by decrease in intracellular thiols as detected by in vivo EPR. Free Radical Biology and Medicine, 2021, Belgrade,

Serbia, 177:124, doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2021.08.204.
<http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/1470>

56. M. Dimitrijević, J. Bogdanović Pristov, **M. Žižić**, D. Stanković, D. Bajuk-Bogdanović, M. Stanić, W. Hagen, M. Piccioli, I. Spasojević. Structure of biliverdin and its interaction with copper. 4th FeSBioNet Meeting, Gdansk, 16th-19th September, 2019. Book of Abstracts, 44. <https://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/3187>
57. C. Pucci, D. De Pasquale, A. Giannoncelli, V. Bonanni, **M. Žižić**, G. Ciofani, G. Unveiling the Promise of Personalized Therapy: Harnessing Cell Membrane-Coated Nanovectors for Targeted Treatment of Glioblastoma Multiforme. NanoBio&Med2023 November 21-23, 2023, Barcelona (Spain), Book of Abstracts, 38-39. https://www.nanobiomedconf.com/FILES/nanoBioMed2023_Abstracts_Book.pdf
58. I. Santrač, J. Danilović Luković, M. Dimitrijević, M. Stanić, M. Tanović, V. Ćurić, S. Kovačević, B. Zechmann, **M. Žižić**, I. Spasojević. Structural adaptability of *Heamatococcus Pluvialis* green phase cells exposed to manganese excess. International Conference on Biochemical Engineering and Biotechnology for Young Scientists, 7-8 Dec. 2023, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, 44. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/3144>
59. I. Santrač, **M. Žižić**, G. Aquilanti, A. Gianoncelli, V. Bonanni, J. Danilović Luković, M. Dimitrijević, M. Stanić, M. Tanović, V. Ćurić, S. Kovačević, I. Spasojević. The coordination and storage of manganese in the microalgae *Heamatococcus Pluvialis*. International Conference on Biochemical Engineering and Biotechnology for Young Scientists, 7-8 Dec. 2023, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, 45. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/3139>

2.2.6 Predavanje po pozivu na skupu od nacionalnog značaja (M62):

60. M. Žižić, M. Stanić, M. Živić, J. Zakrzewska. Biofizički pristup u rasvetljavanju metabolizma vanadijuma kod gljiva. Drugi kongres biologa Srbije, 26-30 Septembar, 2018, Kladovo, Srbija, Knjiga sažetaka, 16. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2210>

2.2.7. Саопштења са националног скупа штампано у изводу (M63):

61. M. Stanić, T. Cvetić Antić, M. Hadžibrahimović, M. Živić, J. Zakrzewska, **M. Žižić**. Transport and metabolism of vanadium in filamentous fungi with emphasis on fungus

Phycomyces blakesleeanus. Serbian Biochemical Society Eighth Conference with international participation, "Coordination in Biochemistry and Life", University of Novi Sad – Rectorate Hall, 16.11.2018. Novi Sad, Serbia, Proceedings, 81-92. <https://enauka.gov.rs/handle/123456789/253180>

2.2.8. Саопштења са националног скупа штампано у изводу (M64):

62. J. Lukičić, I. Rodić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, T. Cvetić Antić, M. Živić, M. Stanić. Effects of vanadate on glutathione metabolism in mycelium of fungus *Phycomyces blakesleeanus*. The 9th Conference of the Serbian Biochemical Society: 'Diversity in Biochemistry', 14-16 November 2019, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, 118. <https://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2418>
63. S. Vojvodić, M. Dimitrijević, T. Dučić, D. Stanković, M. Opačić, M. Stanić, **M. Žižić**, I. Spasojević. Redox changes in microalga *Chlorella sorokiniana* exposed to high concentrations of Mn(II). Serbian Biochemical Society Tenth Conference, "Biochemical Insights into Molecular Mechanisms". 24.09.2021. Kragujevac, Serbia, Book of Abstracts, 174. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2391>
64. I. Rodić, J. Lukičić, M. Stanić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, M. Živić, T. Cvetić-Antić. Usvajanje i redukcija selenita u micelijama *Phycomyces blakesleeanus*: uticaj na aktivnost enzima antioksidativne zaštite. Treći kongres biologa Srbije, 2022., Zlatibor, Srbija, Knjiga sažetaka, 233. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2409>
65. A. Ćukić, M. Dimitrijević, S. Kovačević, M. Opačić, M. Stanić, **M. Žižić**, I. Spasojević. Uticaj povećane koncentracije jona Ni(II) na nivo antioksidativnih enzima u jednoćelijskoj algi *Chlorella sorokiniana*. Treći kongres biologa Srbije, 2022., Zlatibor, Srbija, Knjiga sažetaka, 230. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2419>
66. I. Rodić, J. Lukičić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, M. Živić, M. Stanić, T. Cvetić Antić. Efekti selenita na metabolizam glutationa kod gljive *Phycomyces blakesleeanus*. Drugi kongres biologa Srbije, Sep. 2018, Kladovo, Srbija, Knjiga sažetaka, 30. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2204>
67. **M. Žižić**, K. Tešanović, M. Karaman, J. Zakrzewska. Uticaj vanadata na vremensko-zavisni metabolički odgovor micelije *Laetiporus sulphureus*. Drugi kongres biologa Srbije, 26-30

Septembar 2018, Kladovo, Srbija, Knjiga sažetaka, 36.

<http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2207>

68. J. Korać, N. Todorović, J. Zakrzewska, **M. Žižić**, I. Spasojević. Struktura adrenalina u DMSO: NMR studija. Drugi kongres biologa Srbije, 26-30 Septembar 2018, Kladovo, Srbija, Knjiga sažetaka, 32. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2206>
69. J. Lukičić, I. Rodić, **M. Žižić**, J. Zakrzewska, T. Cvetić Antić, M. Živić, M. Stanić. Efekti vanadata na aktivnost antioksidativnih enzima tokom razvića gljive *Phycomyces blakesleeanus*. Drugi kongres biologa Srbije, 26-30 Septembar, 2018, Kladovo, Srbija, Knjiga sažetaka 33. <http://rimsi.imsi.bg.ac.rs/handle/123456789/2205>
70. M. Dimitrijević, J. Bogdanović Pristov, **M. Žižić**, D Stanković, D. Bajuk-Bogdanović, M. Stanić, S. Spasić, W. Hagen, I. Spasojević. Biliverdin-copper complex at the physiological pH. Serbian Biochemical Society Eighth Conference with international participation, "Coordination in Biochemistry and Life", University of Novi Sad – Rectorate Hall, 16.11.2018. Novi Sad, Serbia, Proceedings, 125-126. <https://enauka.gov.rs/handle/123456789/312417>

3. Анализа радова

Увидом у публиковане радове др Милана Жижића може се јасно видети мултидисциплинарни приступ научном истраживању, који се пре свега заснива на примени широког спектра биофизичких метода, првенствено спектроскопских и микроскопских. Своју експертизу у биофизичким методама др Жижић примењује у испитивањима физиолошких и метаболичких процеса у гљивама и алгама са једне стране, те интеракцијама биолошки важних молекула са прелазним металима и радикалским врстама типичним за живе системе. Посебно је битна имплементација најсавременијих синхротронских метода у циљу расветљавања различитих механизма у биолошким системима, првенствено због, до скоро, прилично ограничене употребе ових метода за испитивање хетерогених и неуређених система. Осим ширења примене постојећих, укључен је и у пројекат иновативних примена синхротронски произведених рентгенских зрака. У даљој анализи ћемо рад др Жижића поделити према системима и молекулима које је испитивао применом различитих биофизичких метода.

3.1. Кумарини

У радовима **34**, **36**, **38**, **39** и **40** кандидат је био носилац експерименталног дела одређивања могућности, применом електронске парамагнетне спектроскопије (ЕПР), за елиминацију различитих кумаринских деривата који захваљујући широкој фармацеутској и индустријској примени, све чешће доспевају у системе отпадних вода, чиме имају утицај на природне водене екосистеме, чинећи потенцијалну опасност за многе биолошке врсте. Могућност разградње и инактивације ових једињења из водених екосистема се у радовима ослања на ефикасност унапређених оксидационих процеса (*Advanced Oxidation Processes* (AOP)), који се одвијају кроз типичну реакцију ароматичних једињења процесима хелирања метала и хватања слободних радикала, који у различитим концентрацијама чине саставни део сваког воденог екосистема. AOP у овим случајевима има синергично дејство јер осим дезинтеграције органских полутаната кроз низ интеракција (фотокатализа, озонизација, Фентонова реакција) са слободним радикалима (пре свега хидроксилни радикал) при различитим рН условима, могу изменити биолошку доступност метала. Испитивање редоск свосјтава кумаринских једињења доприносе и потенцијалној примени таквих једињења као антиоксидационих средстава, које своју ефективност исказује у ћелијској цитоплазми. Добијени резултати су идентификовали високи потенцијал у биоразградњи почетних, и стварању стабилних једињења, те редукцији хидроксилног радикала (и оксидацији супероксидног радикал анјона (**39**)). Експериментални резултати су теоретски допуњени применом најсавременијих квантно-механичких метода, и свеукупно налазе своју примену у идентификацији AOP који се могу применити у разградњи полутаната у отпадним водама.

У раду **39** је способност хелирања палладијума једињењем 4-хидроксикумарин коришћена у испитивању биолошких ефеката насталих комплекса, прецизније цитотоксичности и антиоксидативне активности ка хидроксилном и супероксидном радикалу. Антирадикална активност, одређивана ЕПР спектроскопијом и биохемијским АБТС тестом, ка хидроксилном радикалу је утврђена код оба комплекса. Испитивање цитотоксичног дејства оба синтетисана једињења, вршена *in vitro* код три различите карциномске ћелијске линије, HCT166, A375, и MIA PaCa-2 и једне здраве ћелијске линије фибропласта (MRC-5), је показала утицај оба једињења на виабилност карциномских

ћелија путем апоптозе. *In vivo* цитотоксични тест, рађен на моделу Зебрице (*Zebrafish*), је показао различите ефекте синтетисаних једињења у зависности од концентрације. Генерално, ефективност синтетисаних једињења се показала бољом у односу на до сада испитиване паладијумове комплексе са органским молекулима. У раду **34** испитивана је ефикасност инактивације индустријски битних једињења 4,7-дихидроксикумарин (4,7-DHC) и 7-хидроксикумарин (7-НС) у присуству HO[•] радикала у различитим рН (везано за услове у воденим екосистемима), тј. различитим степенима депротонизације и моларне фракције киселина-база. Утврђена је ефикасност оба једињења у уклањању HO[•] радикала, а новостворена једињења су значајно инактивирани и могу имати само миноран утицај за водене екосистеме. Експериментално је утврђено да се концентрација HO[•] радикала смањује више у присуству 7-НС једињења при чему ефикасност оба једињења расте са порастом рН. Константа реакције свих могућих путева интеракције једињења и радикала добијена је теоријски израчунавањем, коришћењем квантно-механичког теста за уклањање радикала (*Quantum Mechanics-based test for Overall Free Radical Scavenging Activity* (QM-ORSA)). Добијено је да је константа реакције са радикалом у случају оба једињења већа од оне детектоване приликом реаговања HO[•]радикала са тролоксом. Применом QM-QPCA је одређен и сам механизам реакције. У зависности од рН, тј. протонизације почетних једињења израчунате су вероватноће учешћа различитих механизма њихове разградње и активације. И док је за неутралне врсте константа реакције симултаног трансфера протона и електрона била највећа, код анјонских врста је SPLET (*sequential proton loss electron transfer*; процес у којем уместо симултаног долази до раздвојеног трансфера протона и електрона) био механизам који је био доминантан у реакцијама једињења и радикала. Изузетне антиоксидативне перформансе једињења описаних у раду **34** и позиција протона који ступа у интеракцију са радикалом дали су за повод испитивање специфичних врста једињења базираних на основној структури 4,7-DHC. Тако је раду **36** испитиван пре свега аниоксидативни ефекат једињења 4НСВСН, а онда и, могућност и механизам разградње овог ново-синтетисаног кумаринског једињења, и то у алкалном опсегу рН која је карактеристична за развој највећег броја водених организама (7-8.5). Успешност антиорадикалног дејства, експериментално одређена ЕПР-ом, је била већа са порастом рН, што идентификује анјонску форму комплекса као

ефективнију у интеракцији са хидроксилним радикалом. Овај ефекат није битан само са становишта смањења степена оксидативног стреса у биолошким системима већ има и шири, еколошки, значај, јер само присуство испитиваног антиоксиданта може нарушити нормални редокс баланс у воденим системима. Стога антиоксидативна учинковитост једињења добија посебно на значају уколико је новостворени органски радикал стабилан (путем АОР), што су ови резултати и показали. Механизам детоксикације је испитиван кроз разматрање неутралне и моноанјонске форме, која због високе Рка има мали процентни удео, али велики антиоксидативни значај, и резултат је да се интеракција одвија кроз модификовани облик SPLET-а, тј. SPLET-RRC (*radical-radical coupling*) механизам, у коме новостворена радикалска врста има тенденцију интеракције са хидроксилним радикалом стварајући стабилно једињење. Корак даље у потенцијалној примени кумаринских деривата као антиоксиданата је испитивано у другим дериватима 4,7-НС једињења (40). Једињења су добијена додавањем аминофенола чија ОН група се може налазити везана са бензенов прстен. Интеракција ових једињења је испитивана на физиолошком рН од 7.4, и активности три једињења су показала већу антирадикалску активност од оригиналног једињења. Механизам реакције је у зависности од концентрације био комбинација, НАТ (*hydrogen atom transfer*), SPLET и RAF (*radical adduct formation*) механизма. У раду 38 аминметокси феноли 4,7НС (Е)-3-(1-((3-хидрокси-4-метокси фенол-амино етилиден))-2,4-диоксихроман-7-ил ацетат (А-3НО) и (Е)-3-(1-((4-хидрокси-3-метокси фенол-амино етилиден))-2,4-диоксихроман-7-ил ацетат (А-4НО) су структурно описани и испитиване су њихове антиоксидативне активности и механизми деловања. Применом FTIR и NMR спектроскопије одређена је структура синтетисаних молекула и утврђено да се због високих Рка вредности оба једињења у физиолошким рН налазе у неутралној форми. Антирадикална активност испитивана ЕПР спектроскопијом је показала смањење интензитета HO^{\bullet} сигнала за 56 (А-4НО) односно 70% (А-4НО) при концентрацији од 0.75 μM /l код оба антиоксиданта.

3.2. Микроалге

Проблем високих концентрација бакра, мангана, никла и осталих прелазних метала и металоида је амплификован у протеклом периоду услед инензивне индустријализације и експлоатације руда, који су довели до повећаних концентрација биолошки

доступних/активних облика метала у воденим екосистемима, земљишту и ваздуху. У воденим срединама ови токсиканти бивају директно апсорбовани од стране живог света при чему њихов утицај на микроалге (једноћелијске алге) има посебан еколошки значај. Основни разлог за то је што су алге примарни произвођачи кисеоника и биомасе на Земљи. Са друге стране поједине врсте алги су развиле механизме у којима не штите само себе већ и остале организме у воденој средини а при том стварају и потенцијал у рециклажи штетних елемената тј превођењу њихових штетних особина у бенефите путем структурних промена које се дешавају у процесу усвајања ових елемената, као и смањењу концентрација активних форми метала у акватичним системима. Ово представља потенцијалну основу за примену микроалги како у биотехнологији, односно зеленој синтези металних структура – кластера и наночестица, тако и у пречишћавању металима-богатих отпадних вода, односно ремедијацији. Коначно, неки од метала представљају и микроелементе неопходне у метаболизму микроалги, па је проучавање интеракција важно за разумевање физиологије микроалги. У складу са свиме наведеним, испитивања интеракција микроалги са металима захтевају интердисциплинарни приступ и обухватају области бионеорганске хемије, биофизике, физиологије и друге. Резултати оваквих истраживања укључују, осим самог разумевања метаболизма алги и толеранцији на хемијска загађења, и могућност њиховог коришћења као биоапсорбента, природног пречишћивача водених екосистема, а нарочито отпадних вода, кроз смањење биорасположивих метала. Начин и механизам усвајања и детоксикације микроалги од повишеног присуства метала, као и структурне промене самих метала и њихов утицај на физиологију ћелије су тема радови **35** и **41** као и саопштењима **57**, **58**, **62** и **64**. У раду **41** се испитује утицај повишене концентрације бакра (Cu(II)) на животни циклус микроалге *Chlorella sorokiniana* и одређује се механизам усвајања као и облик бакра настао након интеракције са алгом. Бакар има специфичан значај за алге, јер је саставни део хранљивог медијума у којем се гаје, али са друге стране у неким облицима и концентрацијама може бити веома штетан, што показује и чињеница да се неким облицима користи као алгицид. Утврђена је отпорност микроалге на високе концентрације бакра, кроз брзу адаптацију изражену у лучењу мукуса, промене у структури спољашњег ћелијског зида и промену профила фосфата у ћелији. Трансформација самог бакра је одређена применом две

синхротронске технике, и то: апсорпционе рентгенске спектроскопије у режиму енергија у близини енергије везе 1s електрона (XANES) елемента, чиме је одређено оксидационо стање и симетрија елемента, и у опсегу енергија од 100 до 1000 eV изнад апсорпционе границе 1s електрон (EXAFS), чиме су идентификовани лиганди у првој и другој координационој свери бабра и одређене дужине метал-лиганд веза. Ови резултати су показали интересантан исход акције вероватно излученог мукуса, а то су да је бакар посредством ћелије делимично редукован до Cu(I), али у сваком случају структура једињења је потпуно промењена и за разлику од других алги са сличним механизмом бакар се у новоствореним комплексима везује за фосфорна уместу сумпорна једињења.

Публикација 35 и саопштење 62 се бави начином усвајања и складиштења мангана у алги *C. sorokiniana*. Показано је да се адаптација се кроз три степена обраде елемента. Промене у хемијској и електронској структури Mn су праћене применом синхротронских апсорпционих техника (XANES и EXAFS). Апсорпција мангана (Mn(II)) се дешава релативно брзо и то подразумева везивање мангана мембранске фосфолипиде и фосфатна једињења која се налазе у мукусу излученом након додавања мангана у раствор. Промена ћелијске структуре је детектована у променама у спољашњем ћелијском зиду док се редокс хомеостаза нарушава, што је видљиво по про-оксидативним променама које се детектују кроз повећану продукцију реактивних честица кисеоника и липидну пероксидацију. До ових информација се дошло применом скенирајуће електронске микроскопије (SEM) и трансмисионе електронске микроскопије (TEM). У другом степену уноса мангана, елемент се везује за интрацелуларна фосфатна једињења (полифосфате), што је морфолошки праћено променама у структури унутрашњег ћелијског зида док се унутарћелијски редокс услови нормализују. Применом EXAFS методе, као једине која има могућност експерименталне идентификације лиганата, одређивање дужине метал-лиганд веза и координационе геометрије елемента у неуређеним хетерогеним системима, утврђено је да се последња фаза усвајања Mn огледа у складиштењу елемента у облику мултивалентног Mn-O-Ca кластера, са доминантно Mn(III) редокс обликом. Структурна и редокс сличност овог комплекса са ОЕС (*oxygen evolving complex*) у фотосистему II има значајне импликације у разумевању ОЕС комплекса као и у потенцијалној употреби микроалги у биосинтези каталитички активних кластера. Утицај прелазних метала на

животни циклус микроалге *C. sorokiniana* као и њихов метаболизам унутар ћелије се наставља, како за описане тако и за друге елементе. Тако саопштење 64 представља резултате одговора антиоксидативних ензима на присуство повећане концентрације Ni, док се опширнији резултати о структурним и физиолошким променама очекују у скорој будућности кроз публикације које се налазе на рецензији у еминентним међународним часописима. Осим *C. sorokiniana*, др Жижић је започео и истраживања других врста микрогли и њихових интеракција са металима у којима је користећи различите аналитичке, а пре свега најсавременије синхротронске методе, допринео у разоткривању структурних карактеристика метала и њиховом просторном распореду у ћелијама. Реч је о *Haematococcus pluvialis*, комерцијално најзначајнијој врсти микроалге (библиографске јединице 57 и 58), *Chlamydomonas acidophila* изоловане из рудничких одпадних вода, за коју је одређена унутарћелијска дистрибуција свих значајних елемената методом XRM на истраживачкој станици ID16A синхротрона ESRF, са, до сада у свету највећом постигнутом, просторном резолуцијом у мапирању ове врсте организама од свега 25 нанометара без коришћења бојења и других хемијских. Радови 57 и 58 се баве испитивањем адаптивног одговора биотехнолошки важне зелене микроалге *H. pluvialis* на повећану концентрацију мангана у окружењу. Ова алга је позната по успешном преживљавању у водама загађеним високим концентрацијама метала, али метаболички процеси који омогућавају ову отпорност у зеленој фази раста су слабије познати. ICP и TEM анализе су показале да *H. pluvialis* адсорбује и усваја Mn, што доводи до задебљања ћелијског зида, смањења садржаја липидних капи и депоновања Mn у вакуолама. XANES и EXAFS анализе су показале да Mn не мења оксидационо стање у контакту са *H. pluvialis*, али гради стабилније комплексе са кисеоником него у кристалу, те је могуће да *H. pluvialis* користи сулфоноване полисахариде за депоновање Mn.

3.3. Метаболити

Као саставни део интеракције прелазних метала са живим организмима кандидат се бави детектовањем и структурним испитивањем интеракција биолошки важних молекула са прелазним металима, посебно гвожђем и бакром, који, иако имају важну улогу у активности многих ензима, због изражене редокс активности могу представљати значајну опасност у слободној форми (*labile pool*). Интеракција адреналина са гвожђем у

физиолошким условима је описана у радовима пре покретања претходног избора у звање, а њоме се бави и саопштење **67**. Способност биливердина, продукта метаболизма хемоглобина код оштећених ћелија еритроцита, да интерагује са прелазним металима је била предмет ранијих истраживања, али детаљи таквих интеракција у физиолошким рН условима су били недовољно разјашњени, јер се традиционалне спектроскопске методе претежно ослањају на коришћење неких других органских растварача, или су се студије спроводиле у условима веома високих рН вредности растварача. У истраживањима интеракције биливердина са доступним јонима метала, бакар се наметнуо као најзначајнији кандидат. Наиме, бакар је у микроконцентрацијама есенцијални елемент свих живих бића са значајном улогом пре свега у активацији многих ензима. Међутим, пролиферација слободног бакра а нарочито промена лигандног окружења може довести и до различитих врста патолошких стања. Стога потенцијално стварање комплекса биливердина са багром може довести до маскирања слободног бакра и повећати и доступност редокс активног бакра у организму. Резултати којима се бави публикација **45** су показали да биливердин не ствара комплекс са багром у чистом органском растварачу (ДМСО), како је то до сада навођено у стручној литератури, и да су индикације о стварању комплекса уствари последица присуства чак и веома малих концентрација воде која се користи у току припреме узорка. Из тог разлога, али првенствено због биолошког значаја детаљно је испитивана интеракција биливердина и бакра у физиолошким рН условима. Рад број **42** и саопштења **55** и **69** се баве спектроскопским испитивањима могућности те интеракције који показују да се комплекс овог порфирина са багром успоставља у односу 1:1 у фосфатном пуферу на рН 7.4, али што је битно, да комплекс није подложен разградњи у аеробним условима већ додатна концентрација бакра у комбинацији са кисеоником узрокује оксидацију и разградњу комплекса. Применом Раманске спектроскопије потврђена је стабилност комплекса порастом интензитета вибрационих трака ароматичног прстена који су резултат веће делокализације „ π “ електрона, али и утврђена планарна структура комплекса. ЕПР и флуоресцентном спектроскопијом је потврђено спинско стање бакра и претпостављено оксидационо стање бакра у комплексу. Прецизно одређивање структуре бакра у комплексу утврђено је XANES спектроскопијом у експериментима изведеним на SLS синхротрону, и публикација са том тематиком је у

припреми. У раду 45 је испитивана структура биливердина и могућност стварања комплекса са баком у ДМСО-у. Биливердин у ДМСО, који представља поларни апротични растварач, је проучаван како би се разумели значај и улога протонације пиролних прстенова и водоничних веза који нису или јесу присутни у воденом раствору у формирању комплекса са Cu(II) . Детаљна структура биливердина у чистом ДМСО је одређена применом ^1H ^{13}C и неколико типова 2D NMR спектроскопије у експериментима изведеним на Центру за магнетну резонанцу (CERM) у Фиренци (Италија). Установљено је да протонација пиролних прстенова спречава координацију са јоном бакра, а да у одсуству протоничних веза долази до формирања конформације молекула биливердина која је значајно различита у односу на воду.

3.4. Гљиве

Тематиком усвајања, утицаја на фосфатни и енергетски метаболизам, као и сам метаболизам ванадијума код гљиве *P. blakesleenus* кандидат се почео бавити у време припреме за докторску тезу. Специфичност ванадијума као хемијског елемента се огледа у високој сензитивности редокс облика на рН услове и концентрацију елемента. Са том чињеницом је уско повезана и улога ванадијума у живим организмима где у различитим редокс и полимерним стањима може имати од врло токсичне до интензивно позитивне последице на метаболизам ћелија. Тако се на пример ванадат (V(V)) сматра врло токсичним, док се V(IV) користи у најсавременијим истраживањима лека против дијабетеса. Осим тога у оквиру истог оксидационог стања V(V) показује дијаметрално супротне ефекте на физиологију ћелије, где се као главни узрочник нарушавања метаболизма сматра мономер, који услед, пре свега, структурне и електронске аналогије са фосфатима представља важан фактор у контроли метаболизма глукозе, и има са једне стране инсулин-миметичко дејство док је са друге стране токсикант. Гљиве су у погледу усвајања и процесуирања ванадијума, а нарочито V(V) врло специфични организми који користе метаболичке ефекте овог облика, пре свега у метаболизму глукозе. Усвајање ванадијума, његов утицај на фосфатни метаболизам и интрацелуларна специјација овог елемента у јестивим гљивама *Coprinus comatus* и *Coprinellus truncorum* је обрађивана у публикацијама 44, 47, и 51, док је исти механизам код *Laetiporus sulphureus* описан у саопштењу 66. Метаболичке промене у гљивама у овим библиографским јединицама као и

сам метаболизам ванадијума је праћен комбинацијом ^{31}P и ^{51}V NMR и применом ЕПР спектроскопије. Избор *C. comatus* као објекта за испитивање утицаја ванадата (44) се неметнуо као последица утврђених бенефита које у милимоларним концентрацијама има овај елемент на плодносно тело гљиве. Др Жижих се са друге стране у својим публикацијама бавио утицајем ванадијума на раст и на биомасу мицелијума, као облика који се брже развија и има већи принос од самог плодносног тела, те се у случају позитивних ефеката може коритити као ремедијатор или генерално у сврху разумевања позитивних метаболичких ефеката ванадијума. Резултати су показали да је одбрамбени механизам мицелијума заснован на усвајању и складиштењу оригиналне форме ванадата, али и на њеној делимичној редукцији. Изненађујуће је што за разлику од других гљива, осим редукције, не долази до промене иницијалне форме ванадата који остаје у свом мономерном облику. NMR спектроскопијом је утврђено да као такав, ванадат утиче на процес метаболизма глукозе у гљиви, а мономер ванадата је детектован као активна форма овог елемента. Сличан одбрамбени механизам мицелијума као одговор на повишену концентрацију ванадат у околини је описан код таксономски сродне гљиве *C. truncorum* (публикација 47 и саопштење 51) о којој се физиолошки подаци били готово недоступни. Ова гљива је у експоненцијалној фази раста акутним додавањем ванадата преживљавала ипак дупло већу концентрацију ванадата, док је додавање ванадата у медијум на почетку процеса развоја мицелијума имало већи ефекат него код *C. Comatus*, који је преживљавао веће концентрације иницијално додатог ванадата. Механизам одбране *C. truncorum* се више ослања на редукцију него на складиштење ванадијума у оксидационом стању +5, а фруктоза 6-фосфат је идентификован као фофатни шећер чија је концентрација нагло повећана акутним додавањем милимоларних концентрација ванадата у експоненцијалној фази раста мицелијума.

Усвајање и интрацелуларни метаболизам потенцијално штетних облика појединих елемената у мицелијуму гљиве *P. blakesleenus*, те бенефити који могу проистећи процесуирањем унетих елемената од стране гљиве, је област истраживачких активности којом се др Милан Жижих започео бавити у периоду пре стицања звања виши научни сарадник. Тако се кандидат у саопштењима 52, 53, 61 и 68 бави испитивањем одговора неензимских и ензимских компоненти антиоксидативног система мицелијума гљиве *P.*

blakesleenus на изложеност повећаним концентрацијама ванадата у различитим стадијумима раста. Пад у садржају фенола и глутатиона је забележен након 1 h излагања третману, док је пораст у активностима одређених антиоксидативних ензима забележен након што је дејство ванадата продужено на 5 h. Интересантно је да ни највећа примењена концентрација од 10 mM ванадата није имала значајно токсично дејство на мицелијум гљиве.

Метаболизам селена који у микроконцентрацијама представља есенцијални елемент за еукариоте док са друге стране у облику Se(IV) и Se(VI) соли представља опасност за одвијање нормалног животног циклуса је испитиван у публикацији **38**, користећи широк спектар синхротронских и аналитичких лабораторијских метода. Утврђено је да гљива има способност усвајања Se(IV) који се интрацелуларно трансформише у нетоксични елементарни селен у облику наночестица, као и у испарљиву форму метилисаног сулфида овог елемента. Резултати о различитим структурним и оксидационим облицима селена у гљиви добијени XANES спектроскопијом предстаљају корак напред у расветљавању, нарочито метилисаних, селенових једињења овом методом. Имајући у виду значај и сложеност снимања метилисаних селенових једињења овом техником спектар испарљивог једињења детектованог у *P. blakesleenus* у уврштен у банку спектра истраживачке станице XAFS на синхротрону „Elettra“ као први такав добијен на њој. Биолошки значај добијених резултата у овој публикацији иде у више смерова. Први се тиче могућности преживљавања у условима високе концентрације Se(IV), док су друга два везана за резултате метаболизма селена унутар ћелије и односе се на редукцију до испарљивог облика селенида и што је најважније на нетоксичне аморфне форме Se(IV)-наночестица средње величине од свега 95 нанометара, чиме се кандидује као потенцијални био-произвођач наночестица малих димензија које се данас користе као бисензори у *contrast imaging*-у и као *drug-delivery* агент. Интересантно је да се метаболичке трансформације селена из првобитног токсичног у елементарни облик дешавају при вишим концентрацијама овог елемента када се превазиђе капацитет гљиве да га метаболише примарним путем. Тумачењем облика наночестица се бави саопштење **48** сами метаболизам селена представљен је и у саопштењу **49**. док се одговор ензима оксидативног стреса и промене у метаболизму глутатиона биохемијским методама

описује у саопштењима **63** и **65**. Након утврђивања одговарајућег временског оквира у којем се метаболизам селена посредством гљиве метаболише до описаних форми, у саопштењу **54** методом ЕПР је праћена интрацелуларна модификација тиолних група посредством RSSR ЕПР пробе у различитим иницијалним концентрацијама Se(IV) и утврђено је да се промене у концентрацијама тиолних једињења дешавају већ при 0.5 mM Se(IV), а да максимум достиже већ након изложености 1 mM Se(IV). Ово указује да су тиоли укључени у метаболизам селена или директно или индиректно кроз неутрализацију реактивних кисеоничних врста насталих усвајањем токсичног облика селена. Могућност стварања гига-омске отпорности методом наметнуте волтаже је испитивана у саопштењу **50** код протопласта исте гљиве добијених ласерском аблацијом ћелијског зида. Регенерација ћелијског зида у експериментима је била успешна само у случајевима ниске концентрације АТП-а (аденозин 3 фосфат), што је постизано третманом азидом, а ефекат је праћен ^{31}P NMR. Резултати су показали да, осим концентрације АТП, успешност методе зависи и од димензија самог протопласта.

3.5. Развој синхротронских метода микроскопије

Публикација **43** доноси пионирске резултате на развоју система микроскопије коришћењем синхротронских извора зрачења, све шире заступљене у мапирању елемената и добијању морфолошке слике биолошких узорака (на нивоу најмањих ћелија) у ултрависокој просторној резолуцији. У раду је описана успешна инсталација система AFM (*atomic force microscope*) на TwinMic истраживачкој станици синхротрона „Elettra“ у Трсту, и први снимци који једним снопом фотона у просторној резолуцији од свега неколико нанометара повезују Скенирајућу трансмисиону рендгенску микроскопију (STXM), са Рентгенском флуоресцентном микроскопијом (XRM) и AFM-ом. AFM систем за добијање слика високе резолуције се претежно користи у области видљиве светлости, док је ситуација са рентгенским зрацима као изворима фотона сложенија због њихове другачије интеракције са материјом. У синхротронској консталацији AFM полука се користи као мини детектор за добијање топографских информација недоступних у систему директне детекције рентгенским зрацима. AFM систем је у фази првих експерименталних резултата инсталиран на неколико синхротронских инструментација, али оно што издваја инсталирање AFM на „TwinMic“ истраживачкој станици је: 1.

коришћење у области нискоенергетских рентгенских фотона, што се експерименти, због доминантније интеракције зрачења у односу на остале из области рентгенског електромагнетног спектра, са биолошким материјом (енергије везе су реда величине таласне дужине овог зрачења), изводе под високим напоном а то за лабилни систем детекције AFM система представља велики изазов. 2. инсталација система у простору између последњег оптичког инструмента (*Fresnel zone plate*, намењеног за фокусирање зрака) и узорка, што оставља простор за истовремено коришћење система за рендгенску флуоресцентну микроскопију и скенирајућу трансмисиону микроскопију. Овакавим системом се, осим записа у високој резолуцији, биолошки узорци, сензитивни на оштећења настала излагањем ренгенским зрацима, штите од прекомерне изложености овим зрацима добијањем података у само једном излагању и срађивањем времена излагања узорка по пикселу.

Комбинацијом синхротронских метода XRM и FTIR спектромикроскопије је, у публикацији 46, испитиван утицај синхротронског зрачења на морфолошке и биохемијске карактеристике у узорку кукуруза, који је за сврхе мерења припреман брзим и дубоким замрзавањем у течном етану. Овакав начин припреме, без употребе хемијских реагенаса, омогућава већу отпорност узорака изложених рентгенским зрацима у односу на методе фиксације различитим хемијским фиксаторима, а нарочито у погледу очувања целовитости унутрашњих мембрана и генерално морфолошких карактеристика. Такође, показује и мањи ефекат у дезинтеграцији важних биолошких макромолекула. Све ово је важно у сврху правилне примене синхротронских метода и правилног тумачења резултата који неће, на пример, због нарушености унутарћелијских структура довести до нарушавања јонског баланса у ћелији или ткиву изазваног самом методом. У публикацији 46 је, након мапирања узорка ренгенском флуоресцентном микроскопијом, праћење промена важних биолошких молекула као последица излагања зрацима изведено просторно и енергетски осетљивом FTIR инфрацрвеном спектромикроскопијом базираном на синхротронском извору инфрацрвеног зрачења. Нарочито је битно да су нискоенергетски рентгенски зраци (метода XRM) врло ефективни у разарању унутарћелијских једињења због високог атомског фактора апсорпције, тј вероватноће апсорпције ових зрака од стране молекула, чиме се електрони, конституенти хемијских

веза ослобађају и нарушавају структуру својих оригиналних, и постају потенцијална опасност за друге молекуле у ћелији. Резултати су показали промене у свим деловима пресека корена који су у ендодермису, кортексу и васкуларним ткивима нешто другачије у односу на оне у епидермису, и то првенствено у степену разградње лигнина. За разлику од хуманих и животињских узорака, најважније биохемијске промене се дешавају у структури угљених хидрата који као конституенти ћелијског зида и представљају прву линију одбране од стресора. Након излагања рентгенским зрацима јасна је разградња лигно-целулозних комплекса која је подрзумевала разградњу целулозе, хемицелулозе и делимично лигнина. Осим тога, делимичне, али не тако изражене, промене се дешавају и у структури протеина. Једном индуковане структурне промене које настају под утицајем зрачења директно или кроз производњу реактивних кисеоничних врста не изазивају ланчани ефекат који би потенцијално био узрокован продукцијом слободних радикала, већ и након 10 дана показују исти биохемијски одговор. Упоредо је праћена и реакција на узорак обогаћен Si наночестицама, као могућим промотерима разградње појединих структурних чиниоца и утврђена је промена у степену разградње лигнина у односу на узорак који није садржао наночестице. Генерално, механизам реакције биљног узорка је другачији и по врсти и по степену од анималних и хуманих узорака, што је донекле и очекивано с обзиром на морфолошке разлике међу њима. Стога и сам начин припреме и коришћење инструментације мора бити прилагођен, а резултати тумачени у складу са особинама самог система.

Саопштење **56** бави се новим приступом у третирању тумора глиобластома и генерално је оријентисан на могућност примене нове врсте терапије фокусиране на индивидуалне случајеве, са посебним акцентом на хетерогене типове тумора. У том циљу је испитивана метода генерисања липидних магнетних нановектора у које су инкорпориране наночестице гвожђе II оксида, а које су обложене ћелијском мембраном ћелија тумора изолованих из пацијената. Методом рентгенске флуоресцентне микроскопије је одређена успешност и стабилност овог процеса детекцијом и одређивањем дистрибуције гвожђа и његовом колокализацијом са кисеоником уз истовремено праћење морфолошких карактеристика система са акцентом на праћење интегрисаности мембранске капсуле. Утврђена је такође стабилност самих протеина

ћелијске мембране у току процеса генерисања система, као једног од битних предуслова у интеракцији наночестица са рецепторима ћелија тумора.

4. Квалитет и значајност објављених радова:

Сви радови др Милана Жижића цитирани су 109 пута од стране других аутора h-индекс 8(7).

Списак цитираних публикација:

1. J. Zakrzewska, M. Žižić, M. Živić, "The effects of anoxia on PolyP content of *Phycomyces blakesleeanus* micelium studied by 31P NMR" *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **2005**, **1048:482-486**. IF=1,971

Цитирају:

1. Banerjee, S., Versaw, W.K., Rene Garcia, L. Imaging cellular inorganic phosphate in caenorhabditis elegans using a genetically encoded FRET-based biosensor (2015) *PLoS ONE*, 10 (10), art. no. e0141128. M21
2. Rao, N.N., Gómez-García, M.R., Kornberg, A. Inorganic polyphosphate: Essential for growth and survival (2009) *Annual Review of Biochemistry*, 78, pp. 605-647. M21a
3. Živić, M., Zakrzewska, J., Stanić, M., Cvetić, T., Živanović, B. Alternative respiration of fungus *Phycomyces blakesleeanus* (2009) *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 95 (3), pp. 207-217. M23

2. M. Žižić, M. Živić, I. Spasojević, J. Bogdanović Pristov, M. Stanić, T. Cvetić-Antić, J. Zakrzewska, „The interactions of vanadium with *Phycomyces blakesleeanus* mycelium: enzymatic reduction, transport and metabolic effects“ *Res. Microbiol.* **2013**, **164(1):61-9**. IF=2,763.

Цитирају:

4. Wang, L., Zhou, R., Zhou, Y., Si, Y. Electron transfer of microbial V (V) reduction and its effects on algae growth (2024) *Journal of Agro-Environment Science*, 43 (3), pp. 516-526.
5. Wu, L., Qi, C., Yan, B., Wang, J., Dong, Y. Effect of Alumina on the Behavior of V-Rich Spinel Phase in CaO-SiO₂-FeO-MgO-Al₂O₃-V₂O₃-P₂O₅ Slags at 1573 K (1300 °C) (2020) *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, 51 (5), pp. 2339-2347. M21

6. Samart, N., Arhouma, Z., Kumar, S., Murakami, H.A., Crick, D.C., Crans, D.C. Decavanadate inhibits mycobacterial growth more potently than other oxovanadates (2018) *Frontiers in Chemistry*, 6 (NOV), art. no. 519. M22
7. Crans, D.C., Yang, L., Haase, A., Yang, X. Health benefits of vanadium and its potential as an anticancer agent (2018) *Metallo-Drugs: Development and Action of Anticancer Agents*, pp. 251-280. Cited 54 times.
8. Paranjli, S., Ganesan, S. Cofactor-embedded nanoporous activated carbon matrices for the immobilization of intracellular enzymes and degradation of endocrine disruptor (2017) *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 64 (3), pp. 364-384. M23
9. Saranya, P., Sekaran, G. Statistical optimization of the enzymatic breakdown of 2-Nitrofluoroglucinol using thermo tolerant mixed Intracellular enzymes from *Serratia marcescens* (2016) *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 59, pp. 152-164. M21
10. Saranya, P., Ranjitha, S., Sekaran, G Immobilization of thermotolerant intracellular enzymes on functionalized nanoporous activated carbon and application to degradation of an endocrine disruptor: kinetics, isotherm and thermodynamics studies (2015) *RSC Advances*, 5 (81), pp. 66239-66259. M21
11. Bazhina, E.S., Aleksandrov, G.G., Kiskin, M.A., Efimov, N.N., Ugolokova, E.A., Minin, V.V., Sidorov, A.A., Novotortsev, V.M., Eremenko, I.L. Magnetically active coordination polymers containing VO₂⁺ and Na⁺ cations linked by substituted malonic acid anions (2014) *Russian Chemical Bulletin*, 63 (7), pp. 1475-1486. M23

3. M. Živić, J. Zakrzewska, M. Žižić, G. Bačić, "31P NMR study of polyphosphate levels during different growth phases of *Phycomyces blakesleeanus*" *Antonie van Leeuwenhoek*, 2007, 91(2):169-177. IF=1,964

Цитирају:

12. Solovchenko, A.E., Ismagulova, T.T., Lukyanov, A.A., Vasilieva, S.G., Konyukhov, I.V., Pogosyan, S.I., Lobakova, E.S., Gorelova, O.A. Luxury phosphorus uptake in microalgae (2019) *Journal of Applied Phycology*, 31 (5), pp. 2755-2770. M21
13. Berditsch, M., Trapp, M., Afonin, S., Weber, C., Misiewicz, J., Turkson, J., Ulrich, A.S. Antimicrobial peptide gramicidin S is accumulated in granules of producer cells for storage of bacterial phosphagens (2017) *Scientific Reports*, 7, art. no. 44324. M21
14. Majed, N., Li, Y., Gu, A.Z. Advances in techniques for phosphorus analysis in biological sources (2012) *Current Opinion in Biotechnology*, 23 (6), pp. 852-859. M21a
15. Rao, N.N., Gómez-García, M.R., Kornberg, A. Inorganic polyphosphate: Essential for growth and survival (2009) *Annual Review of Biochemistry*, 78, pp. 605-647. M21a
16. Stanić, M., Živić, M., Zakrzewska, J. Effects of anoxia on 31P NMR spectra of *Phycomyces blakesleeanus* during development [Russian Source] (2009) *Archives of Biological Sciences*, 61 (1), pp. 17-22. M23
17. Grivet, J.-P., Delort, A.-M. NMR for microbiology: In vivo and in situ applications (2009) *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*, 54 (1), pp. 1-53. M21a

4. M. Stanić, J. Zakrzewska, M. Hadžibrahimović, M. Žižić, Z. Marković, Ž. Vučinić, M. Živić, Oxygen regulation of alternative respiration in fungus *Phycomyces blakesleeanus*: connection with phosphate metabolism. *Research in Microbiology*, 2013, 164, (7):770 - 778, issn: 0923-2508, doi: 10.1016/j.resmic.2013.03.002, IF=2.889

Цитирају:

18. Li, J., Yang, S., Wu, Y., Wang, R., Liu, Y., Liu, J., Ye, Z., Tang, R., Whiteway, M., Lv, Q., Yan, L. Alternative Oxidase: From Molecule and Function to Future Inhibitors (2023) *ACS Omega*, 9 (11), pp. 12478–12499. M22
19. Thiers, K.L.L., da Silva, J.H.M., Vasconcelos, D.C.A., Aziz, S., Noceda, C., Arnholdt-Schmitt, B., Costa, J.H. Polymorphisms in alternative oxidase genes from ecotypes of *Arabidopsis* and rice revealed an environment-induced linkage to altitude and rainfall (2023) *Physiologia Plantarum*, 175 (1), art. no. e13847. M21a
20. Romero-Aguilar, L., Cárdenas-Monroy, C., Garrido-Bazán, V., Aguirre, J., Guerra-Sánchez, G., Pardo, J.P. On the use of n-octyl gallate and salicylhydroxamic acid to study the alternative oxidase role (2020) *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 694, art. no. 108603. M21
21. Hou, L., Liu, L., Zhang, H., Zhang, L., Zhang, L., Zhang, J., Gao, Q., Wang, D. Functional analysis of the mitochondrial alternative oxidase gene (*aox1*) from *Aspergillus niger* CGMCC 10142 and its effects on citric acid production (2018) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102 (18), pp. 7981-7995. M21
22. Živanović, B.D., Ullrich, K.K., Steffens, B., Spasić, S.Z., Galland, P. The effect of auxin (indole-3-acetic acid) on the growth rate and tropism of the sporangiophore of *Phycomyces blakesleeanus* and identification of auxin-related genes (2018) *Protoplasma*, 255 (5), pp. 1331-1347. M21
23. Uzelac, J.J., Stanić, M., Krstić, D., Čolović, M., Djurić, D. Effects of homocysteine and its related compounds on oxygen consumption of the rat heart tissue homogenate: the role of different neurotransmitters (2018) *Molecular and Cellular Biochemistry*, 444 (1-2), pp. 143-148. M23
24. Liu, C.-H., Huang, X., Xie, T.-N., Duan, N., Xue, Y.-R., Zhao, T.-X., Lever, M.A., Hinrichs, K.-U., Inagaki, F. Exploration of cultivable fungal communities in deep coal-bearing sediments from ~1.3 to 2.5 km below the ocean floor (2017) *Environmental Microbiology*, 19 (2), pp. 803-818. M21
25. Gu, S., Liu, Q., He, H., Li, S. Alternative oxidase in industrial fungi (2015) *Shengwu Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Biotechnology*, 31 (1), pp. 43-52.
26. Rogov, A.G., Sukhanova, E.I., Uralskaya, L.A., Aliverdieva, D.A., Zvyagil'skaya, R.A. Alternative oxidase: Distribution, induction, properties, structure, regulation, and functions (2014) *Biochemistry (Moscow)*, 79 (13), pp. 1615-1634. M23

5. M. Žižić, M. Živić, V. Maksimović, M. Stanić, S. Križak, T. Cvetić Antić, J. Zakrzewska. Vanadate Influence on Metabolism of Sugar Phosphates in Fungus *Phycomyces*

blakesleanus. PLOS ONE, Public Library of Science, vol. 9, no. 7, pp. e102849 - e102855, issn: 1932-6203, doi: 10.1371/journal.pone.0102849, Jul, 2014. IF=3.730.

Цитирају:

27. Wijayawardene, N.N., Pawłowska, J., Letcher, P.M., Kirk, P.M., Humber, R.A., Schüßler, A., Wrzosek, M., Muszewska, A., Okraśińska, A., Istel, Ł., Gęsiorska, A., Mungai, P., Lateef, A.A., Rajeshkumar, K.C., Singh, R.V., Radek, R., Walther, G., Wagner, L., Walker, C., Wijesundara, D.S.A., Papizadeh, M., Dolatabadi, S., Shenoy, B.D., Tokarev, Y.S., Lumyong, S., Hyde, K.D. Notes for genera: basal clades of Fungi (including Aphelidiomycota, Basidiobolomycota, Blastocladiomycota, Calcarisporiellomycota, Caulochytriomycota, Chytridiomycota, Entomophthoromycota, Glomeromycota, Kickxellomycota, Monoblepharomycota, Mortierellomycota, Mucoromycota, Neocallimastigomycota, Olpidiomycota, Rozellomycota and Zoopagomycota) (2018) Fungal Diversity, 92 (1), pp. 43-129. M21a

6. M. Žižić, T. Dučić, D. Grolimund, D. Bajuk-Bogdanović, M. Nikolic, M. Stanić, S. Križak, J.Zakrzewska, X-ray absorption near-edge structure micro-spectroscopy study of vanadium speciation in *Phycomyces blakesleanus* mycelium, Analytical And Bioanalytical Chemistry, Springer-Verlag, vol. 407, no. 24, pp. 7487 - 7496, issn: 1618-2642, doi: 10.1007/s00216-015-8916-7, 2015. IF= 3.578

Цитирају:

28. Bonanni, V., Gianoncelli, A. Soft X-ray Fluorescence and Near-Edge Absorption Microscopy for Investigating Metabolic Features in Biological Systems: A Review (2023) International Journal of Molecular Sciences, 24 (4), art. no. 3220. M21
29. Braeuer, S., Walenta, M., Steiner, L., Goessler, W. Determination of the naturally occurring vanadium-complex amavadin in: *Amanita muscaria* with HPLC-ICPMS (2021) Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 36 (5), pp. 954-967. M21
30. Gustafsson, J.P. Vanadium geochemistry in the biogeosphere –speciation, solid-solution interactions, and ecotoxicity (2019) Applied Geochemistry, 102, pp. 1-25. M21
31. Rehder, D. Implications of vanadium in technical applications and pharmaceutical issues (2017) Inorganica Chimica Acta, 455, pp. 378-389. M22

7. Milanović, Ž Dimic, D, Antonijević, M, Žižić, M, Milenkovic, D, Avdović, E, Marković, Z. Influence of acid-base equilibria on the rate of the chemical reaction in the advanced oxidation processes: Coumarin derivatives and hydroxyl radical. Chemical Engineering Journal, 2023, doi:10.1016/j.cej.2022.139648

Цитирају:

32. Milanović, Ž., Dimić, D., Avdović, E.H., Simijonović, D.M., Nakarada, Đ., Jakovljević, V., Vojinović, R., Marković, Z.S. Mechanism of Antiradical Activity of Coumarin-Trihydroxybenzohydrazide Derivatives: A Comprehensive Kinetic DFT Study (2024) *Antioxidants*, 13 (2), art. no. 143. M21a
33. Lu, B., Chen, X., Ouyang, X., Li, Z., Yang, X., Khan, Z., Duan, S., Shen, H. The roles of novel chitoooligosaccharide-peanut oligopeptide carbon dots in improving the flavor quality of Chinese cabbage (2023) *Food Chemistry: X*, 20, art. no. 100963. M21a
34. Simijonović, D.M., Milenković, D.A., Avdović, E.H., Milanović, Ž.B., Antonijević, M.R., Amić, A.D., Dolićanin, Z., Marković, Z.S. Coumarin N-Acylhydrazone Derivatives: Green Synthesis and Antioxidant Potential—Experimental and Theoretical Study (2023) *Antioxidants*, 12 (10), art. no. 1858. M21a
35. Milenković, D., Dimić, D., Avdović, E., Simijonović, D., Vojinović, R., Marković, Z. A thermodynamic and kinetic HO radical scavenging study and protein binding of baicalein (2023) *Journal of Chemical Thermodynamics*, 185, art. no. 107110. M22
36. Vasić, J., Dimić, D., Antonijević, M., Avdović, E.H., Milenković, D., Nakarada, Đ., Dimitrić Marković, J., Molnar, M., Lončarić, M., Bešlo, D., Marković, Z. The Electronic Effects of 3-Methoxycarbonylcoumarin Substituents on Spectral, Antioxidant, and Protein Binding Properties (2023) *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (14), art. no. 11820. M21
37. An, Z., Yang, D., Li, M., Huo, Y., Jiang, J., Zhou, Y., Ma, Y., Hou, W., Zhang, J., He, M. Hydroxylation of some emerging disinfection byproducts (DBPs) in water environment: Halogenation induced strong pH-dependency (2023) *Journal of Hazardous Materials*, 452, art. no. 131233. M21a
38. Ren, R., Xiao, Z., Shang, X., Li, C., Wang, Z., Xu, B., Wang, Q., Qi, F., Liu, Y., Ikhlaq, A., Kumirska, J., Maria Siedlecka, E., Ismailova, O. Indirect oxidation mechanism governing in P-rGO/Ti anode with C2-PO2/rGO configuration for efficient 2-Methyl-4-Isothiazolin-3-one electrooxidation (2023) *Chemical Engineering Journal*, 461, art. no. 141934. M21a
39. Liu, J., Yu, Y., Zhu, J., Huang, R., Zheng, Y., Zhong, A., Wei, X. Mechanistic study on the influence of hydrogen bonds on the removal paths of lignite ether bonds and phenolic hydroxyl groups in hydrothermal dewatering (2023) *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, doi.org/10.1080/19392699.2023.2297194. M22
40. Min, J., Tan, N., Li, Z., Wang, J. Theoretical Study of Intramolecular H-Migration Reactions of Peroxyl Radicals of JP-10 (Exo-Tetrahydrodicyclopentadiene) (2023) *Combustion Science and Technology*, doi.org/10.1080/00102202.2023.2202319. M22
8. **S. Vojvodić, M. Dimitrijević, M. Žižić, T. Dučić, G. Aquilanti, M. Stanić, B. Zechmann, J. Danilović Luković, D. Stanković, M. Opačić, A. Morina, J.K. Pittman, I. Spasojević. A three-step process of manganese acquisition and storage in the microalga *Chlorella sorokiniana*. *Journal of Experimental Botany* 2023, 74(3):1107-1122, doi: 10.1093/jxb/erac472.**

Цитирају:

39. Zhang, B., Tang, C., Zheng, L., Hu, Q., Cai, J., Zuo, Y., Zhao, J., Ye, C. Photosynthetic biological control mechanism of macroalgae *Gracilaria lemaneiformis* on *Scrippsiella trochoidea* (2023) *Huanjing Kexue Xuebao/Acta Scientiae Circumstantiae*, 43 (7), pp. 363-372.

9. **M. Žižić, M. Stanić, G. Aquilanti, D. Bajuk-Bogdanović, G. Branković, I. Rodić, M. Živić, J. Zakrzewska. Biotransformation of selenium in the mycelium of the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 2022, 414(20): 6213-6222. doi: 10.1007/s00216-022-04191-4.**

Цитирају:

40. Kourousias, G., Billè, F., Guzzi, F., Ippoliti, M., Bonanni, V., Gianoncelli, A. Advances in sparse dynamic scanning in spectromicroscopy through compressive sensing (2023) *PLoS ONE*, 18 (11 November), art. no. e0285057. M21

41. LeBlanc, K.L., Kumlung, T., Suárez Priede, A., Kumkrong, P., Junvee, T., Deawtong, S., Bettmer, J., Montes-Bayón, M., Mester, Z. Determination of selenium-containing species, including nanoparticles, in selenium-enriched Lingzhi mushrooms (2023) *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, doi.org/10.1007/s00216-023-05031-9 M21

42. Wang, F., Zhang, J., Xu, L., Ma, A., Zhuang, G., Huo, S., Zou, B., Qian, J., Cui, Y. Selenium volatilization in plants, microalgae, and microorganisms (2024) *Heliyon*, 10 (4), art. no. e26023. M22

10. **Ž. Milanović, D. Dimić, M. Žižić, D. Milenković, Z. Marković, E. Avdović. Mechanism of Antiradical Activity of Newly Synthesized 4,7-Dihydroxycoumarin Derivatives- Experimental and Kinetic DFT Study. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 22(24): 13273-13273. doi: 10.3390/ijms222413273.**

Цитирају:

42. Milanović Structural properties of newly 4,7-dihydroxycoumarin derivatives as potential inhibitors of XIIa, Xa, IIa factors of coagulation (2024) *Journal of Molecular Structure*, 1298, art. no. 137049 M22

43. Simijonović, D.M., Milenković, D.A., Avdović, E.H., Milanović, Ž.B., Antonijević, M.R., Amić, A.D., Dolićanin, Z., Marković, Z.S. Coumarin N-Acylhydrazone Derivatives: Green Synthesis and Antioxidant Potential—Experimental and Theoretical Study (2023) *Antioxidants*, 12 (10), art. no. 1858. M21a

44. Zhang, Y., Shang, C., Sun, C., Wang, L. Understanding prominent effects of the intramolecular hydrogen bond on the photophysical properties and antiradical abilities of six flavonoids (2023) *Journal of Molecular Liquids*, 386, art. no. 122534. M21

45. Shobana, D., Sudha, S., Dimić, D., Ramarajan, D. Synthesis, structural and spectral investigations of an optically active E-N'-(3,4-dimethoxybenzylidene)- 4-fluorobenzohydrazide crystal (2023) *Vibrational Spectroscopy*, 126, art. no. 103541. M22

46. Stevens, J.E., Pefley, C.M., Piatkowski, A., Smith, Z.R., Ognanovich, N. Density functional theory investigation of mechanisms of degradation reactions of sulfonated PEEK membranes with OH radicals in

- fuel cells: addition–elimination reactions and acid catalyzed water elimination (2023) *Theoretical Chemistry Accounts*, 142 (5), art. no. 49. M22
47. Milanović, Ž., Antonijević, M., Avdović, E., Simić, V., Milošević, M., Dolićanin, Z., Kojić, M., Marković, Z. In silico evaluation of pharmacokinetic parameters, delivery, distribution and anticoagulative effects of new 4,7-dihydroxycoumarin derivative (2023) *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, doi.org/10.1080/07391102.2023.2245071. M21
- 11. E. Avdović, I. Petrović, M. Stevanović, L. Saso, J. Dimitrić Marković, N. Filipović, M. Živić, T. Cvetić Antić, M. Žižić, N. Todorović, M. Vukić, S. Trifunović, Z. Marković. Synthesis and Biological Screening of New 4-Hydroxycoumarin Derivatives and Their Palladium(II) Complexes. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 2021: 1-18. doi: 10.1155/2021/8849568.**

Цитирају:

48. Avdović, E.H., Milanović, Ž., Simijonović, D., Antonijević, M., Milutinović, M., Nikodijević, D., Filipović, N., Marković, Z., Vojinović, R. An Effective, Green Synthesis Procedure for Obtaining Coumarin–Hydroxybenzohydrazide Derivatives and Assessment of Their Antioxidant Activity and Redox Status (2023) *Antioxidants*, 12 (12), art. no. 2070. M21a
49. Todorov, L., Saso, L., Kostova, I. Antioxidant Activity of Coumarins and Their Metal Complexes (2023) *Pharmaceuticals*, 16 (5), art. no. 651. M21
50. Simić, M.R., Kotur-Stevuljević, J.M., Jovanović, P.M., Petković, M.R., Jovanović, M.D., Tasić, G.D., Savic, V.M. In vitro study of redox properties of azolyl-lactones in human serum [IN VITRO СТУДИЈА РЕДОКС ОСОБИНА АЗОЛИЛ-ЛАКТОНА У ХУМАНОМ СЕРУМУ] (2023) *Journal of the Serbian Chemical Society*, 88 (6), pp. 589-601. M23
51. Avdović, E.H., Antonijević, M., Simijonović, D., Roca, S., Topić, D.V., Grozdanić, N., Stanojković, T., Radojević, I., Vojinović, R., Marković, Z. Synthesis and Cytotoxicity Evaluation of Novel Coumarin–Palladium(II) Complexes against Human Cancer Cell Lines (2023) *Pharmaceuticals*, 16 (1), art. no. 49. M21
52. Philip, B.M., John, J.S., George, M., Kumar, K.M., M, V., HS, H.K., Devarajegowda, H.C., Kotresh, O., Paulose, T.A.P., Sajan, D. Synthesis, comprehensive spectroscopic investigation and molecular docking studies of (6-Fluoro-2-oxo-2H-chromen-4-yl) methyl morpholine-4-carbodithioate (2022) *Journal of Molecular Structure*, 1269, art. no. 133694. M22
53. Avdović, E.H., Milanović, Ž.B., Molčanov, K., Roca, S., Vikić-Topić, D., Mrkalić, E.M., Jelić, R.M., Marković, Z.S. Synthesis, characterization and investigating the binding mechanism of novel coumarin derivatives with human serum albumin: Spectroscopic and computational approach (2022) *Journal of Molecular Structure*, 1254, art. no. 132366. M22

54. Krstic, A., Pavic, A., Avdovic, E., Markovic, Z., Stevanovic, M., Petrovic, I. Coumarin-Palladium(II) Complex Acts as a Potent and Non-Toxic Anticancer Agent against Pancreatic Carcinoma Cells (2022) *Molecules*, 27 (7), art. no. 2115. M22
55. Hu, Y., Wu, Y., Jiang, C., Wang, Z., Shen, C., Zhu, Z., Li, H., Zeng, Q., Xue, Y., Wang, Y., Liu, L., Yi, Y., Zhu, H., Liu, Q. Investigative on the Molecular Mechanism of Licorice Flavonoids Anti-Melanoma by Network Pharmacology, 3D/2D-QSAR, Molecular Docking, and Molecular Dynamics Simulation (2022) *Frontiers in Chemistry*, 10, art. no. 843970. M22
56. Shah, M., Rahman, H., Khan, A., Bibi, S., Ullah, O., Ullah, S., Ur Rehman, N., Murad, W., Al-Harrasi, A. Identification of α -Glucosidase Inhibitors from *Scutellaria edelbergii*: ESI-LC-MS and Computational Approach (2022) *Molecules*, 27 (4), art. no. 1322. M22
57. Dimic, D.S., Kaluderovic, G.N., Avdovic, E.H., Milenkovic, D.A., Živanovic, M.N., Potocnák, I., Samolová, E., Dimitrijevic, M.S., Saso, L., Markovic, Z.S., Dimitric Markovic, J.M. Synthesis, Crystallographic, Quantum Chemical, Antitumor, and Molecular Docking/Dynamic Studies of 4-Hydroxycoumarin-Neurotransmitter Derivatives (2022) *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (2), art. no. 1001. M21
58. Kerflani, A., Si Larbi, K., Rabahi, A., Bouchoucha, A., Zaater, S., Terrachet-Bouaziz, S. Novel palladium (II) complexes with iminocoumarin ligands: Synthesis, characterisation, electrochemical behaviour, DFT calculations and biological activities, ADMET study and molccular docking (2022) *Inorganica Chimica Acta*, 529, art. no. 120659. M22
59. Antonijević, M.R., Simijonović, D.M., Avdović, E.H., Ćirić, A., Petrović, Z.D., Marković, J.D., Stepanić, V., Marković, Z.S. reen one-pot synthesis of coumarin-hydroxybenzohydrazide hybrids and their antioxidant potency (2021) *Antioxidants*, 10 (7), art. no. 1106. M21a
- 12. Ž. Milanović, D. Dimić K. Klein, M. Biela, V. Lukeš, M. Žižić, F. Avdović, . Bešlo, R. Vojinović, J. Dimitrić Marković, Z. Marković, Z. Degradation Mechanisms of 4,7-Dihydroxycoumarin Derivatives in Advanced Oxidation Processes: Experimental and Kinetic DFT Study. International Journal of Environmental Research Public Health. 2023, 20(3):2046. doi: 10.3390/ijerph20032046.**

Цитирају:

60. Udaeta, A., Rodríguez-Varela, M., Cruz-Narváez, Y., Castro-Arellano, J.J., Zanella, R., Durán-Álvarez, J.C., Torres, A.E. Identifying the Degradation Products of Dexamethasone for COVID-19 Treatment in Mexico City's Wastewater: Theory and Experiments (2024) *ChemistrySelect*, 9 (7), art. no. e202304281. M23
61. Chelu, M., Musuc, A.M., Popa, M., Calderon Moreno, J.M. Chitosan Hydrogels for Water Purification Applications (2023) *Gels*, 9 (8), art. no. 664. M21

62. Min, J., Tan, N., Li, Z., Wang, J. Theoretical Study of Intramolecular H-Migration Reactions of Peroxyl Radicals of JP-10 (Exo-Tetrahydrodicyclopentadiene) (2023) *Combustion Science and Technology*, doi.org/10.1080/00102202.2023.2202319. M22
63. Rani, R., Kumar, D. Recent advances in degradation of N,N-diethyl-3-toluamide (DEET)—an emerging environmental contaminant: a review (2024) *Environmental Monitoring and Assessment*, 196 (3), art. no. 238. M22
13. **S. Vojvodić, M. Stanić, B. Zechmann, T. Ducic, M. Žižić, M. Dimitrijević, J. Danilovic-Luković, M. Milenković, J. Pittman, I. Spasojević. Mechanisms of detoxification of high copper concentrations by the microalga *Chlorella sorokiniana*. *Biochememical Journal* 2020 Oct 16; 477(19):3729-3741. doi: 10.1042/BCJ20200600. PMID: 32936286.**

Цитирају:

63. Qiu, X., Wang, J., Xin, F., Wang, Y., Liu, Z., Wei, J., Sun, X., Li, P., Cao, X., Zheng, X. Compensatory growth of *Microcystis aeruginosa* after copper stress and the characteristics of algal extracellular organic matter (EOM) (2024) *Chemosphere*, 352, art. no. 141422. M21
64. Petrova, M.G., Pozhidaev, V.M., Tikhomirov, S.A., Kondratev, O.A., Antipova, K.G., Bakirov, A.V., Grigoriev, T.E., Gorin, K.V. Simultaneous Cultivation of Microalgae *Chlorella vulgaris* with a Polymer Matrcial Based on Chitosan for the Sorption of Heavy Metals and Biomass (2023) *Nanobiotechnology Reports*, 18 (1), pp. 80-84.
65. Morales-Pineda, M., García-Gómez, M.E., Bedera-García, R., García-González, M., Couso, I. CO₂ Levels Modulate Carbon Utilization, Energy Levels and Inositol Polyphosphate Profile in *Chlorella* (2023) *Plants*, 12 (1), art. no. 129. M21
66. Xiao, X., Li, W., Jin, M., Zhang, L., Qin, L., Geng, W. Responses and tolerance mechanisms of microalgae to heavy metal stress: A review (2023) *Marine Environmental Research*, 183, art. no. 105805. M21
67. Kavitha, E., Devaraj Stephen, L., Brishti, F.H., Karthikeyan, S. Two-trace two-dimensional (2T2D) correlation infrared spectral analysis of *Spirulina platensis* and its commercial food products coupled with chemometric analysis (2021) *Journal of Molecular Structure*, 1244, art. no. 130964. M22
68. Barón-Sola, Á., Toledo-Basantes, M., Arana-Gandía, M., Martínez, F., Ortega-Villasante, C., Dučić, T., Yousef, I., Hernández, L.E. Synchrotron Radiation-Fourier Transformed Infrared microspectroscopy (μ SR-FTIR) reveals multiple metabolism alterations in microalgae induced by cadmium and mercury (2021) *Journal of Hazardous Materials*, 419, art. no. 126502. M21a
69. Ferraro, G., Toranzo, R.M., Bagnato, C., Gómez Jousse, M., Areco, M.M., Bohé, A., Bagnarol, D., Pasquevich, D.M., Curutchet, G. Native *Desmodesmus* sp. and *Chlorella* sp. isolated from the Reconquista River display a different binding preference for Cu(II) and Zn(II) (2021) *Journal of Environmental Management*, 293, art. no. 112835. M21

70. Kandasamy, S., Narayanan, M., He, Z., Liu, G., Ramakrishnan, M., Thangavel, P., Pugazhendhi, A., Raja, R., Carvalho, I.S. Current strategies and prospects in algae for remediation and biofuels: An overview (2021) *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35, art. no. 102045.

14. M. Dimitrijević, J. Bogdanović Pristov, M. Žižić, D. Stanković, D. Bajuk-Bogdanović, M. Stanić, S. Spasić, W. Hagen, I. Spasojević. Biliverdin-copper complex at physiological pH. Dalton Transaction. 2019 May 7; 48(18):6061-6070. doi: 10.1039/c8dt04724c. PMID: 30734795.

Цитирају:

72. Albrecht, A., Martelanc, M., Žiberna, L. Simultaneous determination of free biliverdin and free bilirubin in serum: A comprehensive LC-MS approach (2024) *Analytica Chimica Acta*, 1287, art. no. 342073. M21a

73. Minic, S., Annighöfer, B., Milcic, M., Maignen, F., Brûlet, A., Combet, S. The effects of biliverdin on pressure-induced unfolding of apomyoglobin: The specific role of Zn²⁺ ions (2023) *International Journal of Biological Macromolecules*, 245, art. no. 125549. M21a

74. Zhao, H., Zastrow, M.L. Transition Metals Induce Quenching of Monomeric Near-Infrared Fluorescent Proteins (2022) *Biochemistry*, 61 (7), pp. 494-504. M23

75. Fathi, P., Roslend, A., Mehta, K., Moitra, P., Zhang, K., Pan, D. UV-trained and metal-enhanced fluorescence of biliverdin and biliverdin nanoparticles (2021) *Nanoscale*, 13 (9), pp. 4785-4798. M21

76. Fathi, P., Pan, D. Current trends in pyrrole and porphyrin-derived nanoscale materials for biomedical applications (2020) *Nanomedicine*, 15 (25), pp. 2493-2515. M21

77. Zhao, L., Liu, Y., Xing, R., Yan, X. Supramolecular Photothermal Effects: A Promising Mechanism for Efficient Thermal Conversion (2020) *Angewandte Chemie - International Edition*, 59 (10), pp. 3793-3801. M21a

78. Chen, Z., Liu, Y.-Y., He, X.-X., Chen, J.-Q. Ultrafast excited state dynamics of biliverdin dimethyl ester coordinate with zinc ions (2020) *Chinese Journal of Chemical Physics*, 33 (1), pp. 69-74. M23

79. Yao, Q., Lan, Q.-H., Jiang, X., Du, C.-C., Zhai, Y.-Y., Shen, X., Xu, H.-L., Xiao, J., Kou, L., Zhao, Y.-Z. Bioinspired biliverdin/silk fibroin hydrogel for antiglioma photothermal therapy and wound healing (2020) *Theranostics*, 10 (25), pp. 11719-11736. M21a

15. J. Korać, D. Stanković, M. Stanić, D. Bajuk-Bogdanović, M. Žižić, J. Bogdanović Pristov, S. Grguric-Šipka, A. Popović-Bijelić, I. Spasojević. Coordinate and redox interactions of epinephrine with ferric and ferrous iron at physiological pH, Scientific Reports 2018, 8: 3530, doi:10.1038/s41598-018-21940-7.

Цитирају:

80. Benítez, F.J., Melín, V., Perez-Gonzalez, G., Henríquez, A., Zarate, X., Schott, E., Contreras, D. The ferryl generation by fenton reaction driven by catechol (2023) *Chemosphere*, 335, art. no. 139155. M21

81. Sarkar, S., Das, A., Mitra, A., Ghosh, S., Chattopadhyay, S., Bandyopadhyay, D. An integrated strategy to explore the potential role of melatonin against copper-induced adrenaline toxicity in rat cardiomyocytes: Insights into oxidative stress, inflammation, and apoptosis (2023) *International Immunopharmacology*, 120, art. no. 110301. M21
 82. Korać Jačić, J., Milenković, M.R., Bajuk-Bogdanović, D., Stanković, D., Dimitrijević, M., Spasojević, I. The impact of ferric iron and pH on photo-degradation of tetracycline in water (2022) *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 433, art. no. 114155. M21
 83. Mohammed, E.N., Soliman, A.M., Mohamed, A.S. Modulatory effect of Ovothioli-A on myocardial infarction induced by epinephrine in rats (2022) *Journal of Food Biochemistry*, 46 (9), art. no. e14296, . M23
 84. Zavalin, N.S., Tsrkin, V.I., Morozova, M.A., Trukhin, A.N., Trukhina, S.I. Influence of Mirabegron, Adrenaline, and Ascorbic Acid on the Intensity of Iron-Induced Biochemiluminescence of Erythrocytes in Whole Blood in Men (2022) *Human Physiology*, 48 (4), pp. 449-455.
 85. Lee, H., Han, Y., Park, J.H. Enhanced deposition of Fe(III)-tannic acid complex nanofilm by Fe(III)-embedded dextran nanocoating (2022) *Applied Surface Science*, 573, art. no. 151598. M21a
 86. Mattioli, I.A., Cervini, P., Cavaleiro, É.T.G. Screen-printed disposable electrodes using graphite-polyurethane composites modified with magnetite and chitosan-coated magnetite nanoparticles for voltammetric epinephrine sensing: a comparative study (2020) *Microchimica Acta*, 187 (6), art. no. 318. M21
 87. Baluta, S., Malecha, K., Świst, A., Cabaj, J. Fluorescence sensing platforms for epinephrine detection based on low temperature cofired ceramics (2020) *Sensors (Switzerland)*, 20 (5), art. no. 1429. M21
 88. Jačić, J.K., Nikolić, L., Stanković, D.M., Opačić, M., Dimitrijević, M., Savić, D., Šipka, S.G., Spasojević, I., Pristov, J.B. Ferrous iron binding to epinephrine promotes the oxidation of iron and impedes activation of adrenergic receptors (2020) *Free Radical Biology and Medicine*, 148, pp. 123-127. M21
 89. Zhong, Q.-Z., Li, S., Chen, J., Xie, K., Pan, S., Richardson, J.J., Caruso, F. Oxidation-Mediated Kinetic Strategies for Engineering Metal-Phenolic Networks (2019) *Angewandte Chemie - International Edition*, 58 (36), pp. 12563-12568. M21a
- 16. J. Korać, N. Todorović, M. Žižić, J. Zakrzewska, I. Spasojević. The conformation of epinephrine in polar solvents: An NMR study. *Structural Chemistry*, 2018, 29(5); 1533-1541, issn: 1040-0400, doi: 10.1007/s11224-018-1144-y.**
90. Zamora, W.J., Viayna, A., Pinheiro, S., Curutchet, C., Bisbal, L., Ruiz, R., Ràfols, C., Luque, F.J. Prediction of toluene/water partition coefficients in the SAMPL9 blind challenge: assessment of machine learning and IEF-PCM/MST continuum solvation model. (2023) *Physical Chemistry Chemical Physics*, 25 (27), pp. 17952-17965. M21

91. Ponikvar-Svet, M., Zeiger, D.N., Liebman, J.F. Interplay of thermochemistry and Structural Chemistry: the journal (volume 29, 2018, issues 5–6) and the discipline (2019) *Structural Chemistry*, 30 (5), pp. 2003-2014. M22
92. Peigneguy, F., Allain, M., Cougnon, C., Frère, P., Siegler, B., Bressy, C., Gohier, F. Syntheses and NMR and XRD studies of carbohydrate-ferrocene conjugates (2019) *New Journal of Chemistry*, 43 (24), pp. 9706-9710. M22

17. M. Dimitrijević, M. Žižić, M. Piaccoli, J. Bogdanović Pristov, I. Spasojević. The conformation of biliverdin in dimethyl sulfoxide implications for the coordination with copper. *Structural Chemistry* 2019, 30: 2159-2166, doi: 10.1007/s11224-019-01354-5.

Цитирају:

93. Chen, Z., Liu, Y.-Y., He, X.-X., Chen, J.-Q. Ultrafast excited state dynamics of biliverdin dimethyl ester coordinate with zinc ions (2020) *Chinese Journal of Chemical Physics*, 33 (1), pp. 69-74. M23

18. S. Križak, Lj. Nikolić, M. Stanić, M. Žižić, J. Zakrzewska, M. Živić, N. Todorović, Osmotic swelling activates a novel anionic current with VRAC-like properties in a cytoplasmic droplet membrane from *Phycomyces blakesleeanus* sporangiophores. *Research in Microbiology* 2015, 166(3):162-173, doi: 10.1016/j.resmic.2015.02.004.

Цитирају:

94. Stevanović, K.S., Čepkenović, B., Križak, S., Pajić, T., Todorović, N.V., Živić, M.Ž. ATP modulation of osmotically activated anionic current in the membrane of *Phycomyces blakesleeanus* sporangiophore (2023) *Scientific Reports*, 13 (1), art. no. 11897. M21
95. Stevanović, K.S., Čepkenović, B., Križak, S., Živić, M.Ž., Todorović, N.V. Osmotically Activated Anion Current of *Phycomyces Blakesleeanus*—Filamentous Fungi Counterpart to Vertebrate Volume Regulated Anion Current. (2023) *Journal of Fungi*, 9 (6), art. no. 637. M21

19. M. Žižić, Z. Miladinović, M. Stanić, M. Hadžibrahimović, M. Živić, J. Zakrzewska. 51V NMR investigation of cell-associated vanadate species in *Phycomyces blakesleeanus* mycelium, *Research in Microbiology*, Elsevier France Editions Scientifiques et Medicales, 2016, 167(6): 521-528, issn: 0923-2508, doi: 10.1016/j.resmic.2016.04.012.

Цитирају:

96. Silva-Nolasco, A.M., Camacho, L., Saavedra-Díaz, R.O., Hernández-Abreu, O., León, I.E., Sánchez-Lombardo, I. Kinetic studies of sodium and metforminium decavanadates decomposition and in vitro cytotoxicity and insulin-like activity (2020) *Inorganics*, 8 (12), art. no. 67, pp. 1-20. M22
97. Bergeron, A., Kostenkova, K., Selman, M., Murakami, H.A., Owens, E., Haribabu, N., Arulanandam, R., Diallo, J.-S., Crans, D.C. Enhancement of oncolytic virotherapy by vanadium(V) dipicolinates (2019) *BioMetals*, 32 (3), pp. 545-561. M23

98. Gustafsson, J.P. Vanadium geochemistry in the biogeosphere –speciation, solid-solution interactions, and ecotoxicity (2019) *Applied Geochemistry*, 102, pp. 1-25. M21
99. Crans, D.C., Koehn, J.T., Petry, S.M., Glover, C.M., Wijetunga, A., Kaur, R., Levina, A., Lay, P.A. Hydrophobicity may enhance membrane affinity and anti-cancer effects of Schiff base vanadium(v) catecholate complex (2019) *Dalton Transactions*, 48 (19), pp. 6383-6395. M21
100. Samart, N., Arhouma, Z., Kumar, S., Murakami, H.A., Crick, D.C., Crans, D.C. Decavanadate inhibits mycobacterial growth more potently than other oxovanadates (2018) *Frontiers in Chemistry*, 6 (NOV), art. no. 519. M21

20. M. Stanić, S. Križak, M. Jovanović, T. Pajić, A. Ćirić, M. Žižić, J. Zakrzewska, T. Cvetić Antić, N. Todorović, M. Živić. Growth inhibition of fungus *Phycomyces blakesleeanus* by anion channel inhibitors anthracene-9-carboxylic and niflumic acid attained through decrease in cellular respiration and energy metabolites, *Microbiology, SGM/Society for General Microbiology, Society for General Microbiology*, 2017, 163(3):364 - 372, issn: 1350-0872, doi: 10.1099/mic.0.000429.

Цитирају:

101. Stevanović, K.S., Čepkenović, B., Križak, S., Pajić, T., Todorović, N.V., Živić, M.Ž. ATP modulation of osmotically activated anionic current in the membrane of *Phycomyces blakesleeanus* sporangiophore (2023) *Scientific Reports*, 13 (1), art. no. 11897. M21
102. Stevanović, K.S., Čepkenović, B., Križak, S., Živić, M.Ž., Todorović, N.V. Osmotically Activated Anion Current of *Phycomyces Blakesleeanus*—Filamentous Fungi Counterpart to Vertebrate Volume Regulated Anion Current (2023) *Journal of Fungi*, 9 (6), art. no. 637. M21
103. Zhang, Y., Mahidul Islam Masum, M., Gao, C., Cheng, Y., Guan, J. Ozone reduces the fruit decay of postharvest winter jujube by altering the microbial community structure on fruit surface (2022) *Microbiological Research*, 262, art. no. 127110. M21
104. Mohamed, H.S., Hamza, Z.S., Nagdy, A.M., Abd El-Mageed, H.R. Computational Studies and DFT Calculations of Synthesized Triazolo Pyrimidine Derivatives: A Review (2022) *Journal of Chemical Reviews*, 4 (2), pp. 156-190.

21. M. Stanić, M. Živić, M. Hadžibrahimović, A. Pajdić, S. Križak, M. Žižić, J. Zakrzewska. Effect of long-term cyanide exposure on cyanide-sensitive respiration and phosphate metabolism in the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. *Archives of Biological Sciences, Srpsko biološko društvo i grupa naučnih instituta*, 2014, 66(2): 847 - 857, issn: 0354-4664, doi: 10.2298/ABS1402847S.

Цитирају:

105. Stevanović, K.S., Čepkenović, B., Križak, S., Pajić, T., Todorović, N.V., Živić, M.Ž. ATP modulation of osmotically activated anionic current in the membrane of *Phycomyces blakesleeanus* sporangiophore (2023) *Scientific Reports*, 13 (1), art. no. 11897. M21

22. M. Hadžibrahimović, D. Sužnjević, F. Pastor, T. Cvetić Antić, M. Žižić, J Zakrzewska, M. Živić. The interactions of vanadate monomer with the mycelium of fungus *Phycomyces blakesleeanus*: reduction or uptake? *Antonie van Leeuwenhoek = International Journal of General and Molecular Microbiology*, Springer-Verlag Dordrecht, 2017, 110(3):365 - 373, issn: 0003-6072, doi: <https://doi.org/10.1007/s10482-016-0808-0>.

Цитирају:

106. Pesson, J.C., Santos, M.F.A., Correia, I., Sanna, D., Sciortino, G., Garribba, E. Binding of vanadium ions and complexes to proteins and enzymes in aqueous solution (2021) *Coordination Chemistry Reviews*, 449, art. no. 214192. M21a

107. Samart, N., Arhouma, Z., Kumar, S., Murakami, H.A., Crick, D.C., Crans, D.C. Decavanadate inhibits mycobacterial growth more potently than other oxovanadates (2018) *Frontiers in Chemistry*, 6 (NOV), art. no. 519. M22

23 M. Žižić, J. Zakrzewska, K. Tešanović, E. Bošković, M. Nešović, M. Karaman., Effect of vanadate on the mycelium of edible fungus *Coprinus comatus*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2018, 50:320-326, doi: 10.1016/j.jtemb.2018.07.017.

Цитирају:

108 Zhang, Z., Zhao, L., Qu, H., Zhou, H., Yang, H., Chen, H. Physicochemical characterization, adsorption function and prebiotic effect of chitin-glucan complex from mushroom *Coprinus comatus* (2022) *International Journal of Biological Macromolecules*, 206, pp. 255-263. M21a

109 Rehder, D. Chapter 23: Vanadium in Catalytically Proceeding Natural Processes (2021) *RSC Catalysis Series*, 2021-January (41), pp. 535-547.

4. Избор 5 најзначајнијих публикација

1. M. Žižić, S. Stanić, G. Aquilanti, D. Bajuk-Bogdanović, G. Branković, I. Rodić, M. Živić, J. Zakrzewska. Biotransformation of selenium in the mycelium of the fungus

- Phycomyces blakesleeanus*. Analytical and Bioanalytical chemistry, 2022; 414(20):6213-6222. doi: 10.1007/s00216-022-04191-4.
2. S. Vojvodić, M. Dimitrijević, M. Žižić, T. Dučić, G. Aquilanti, M. Stanić, B. Zechmann, J. Danilović Luković, D. Stanković, M. Opačić, A. Morina, J.K. Pittman, I. Spasojević. A three-step process of manganese acquisition and storage in the microalga *Chlorella sorokiniana*. Journal of Experimental Botany 2023, 74(3):1107-1122. doi: 10.1093/jxb/erac472. PMID: 36453904
 3. A. Hafner, L. Costa, G. Kourousiasa, V. Bonanni, M. Žižić, A. Stolfa, B. Bazi, L. Vincze, A. Gianoncelli. An innovative in-situ AFM system for a soft X-ray spectromicroscopy synchrotron beamline. Analyst 2024, 149(3):700-706, doi: 0.1039/d3an01358h
 4. A. Gianoncelli, M. Žižić, V. Bonanni, D.E. Bedolla, K. Mikuš-Vogel. Soft X-rays radiation damage on plunge-frozen and freeze-dried maize roots evaluated by FTIR spectromicroscopy Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 2023, 267:147384, doi: 10.1016/j.elspec.2023.147384
 5. Ž. Milanović, D. Dimic, M. Antonijević, M. Žižić, D. Milenkovic, E. Avdović, Z. Marković. Influence of acid-base equilibria on the rate of the chemical reaction in the advanced oxidation processes: Coumarin derivatives and hydroxyl radical. Chemical Engineering Journal, 2023, doi:10.1016/j.cej.2022.139648

Наведене публикације у сваком погледу представљају корак више у мултидисциплинарним областима којима припадају и свака на свој начин има посебан допринос у бављену конкретним проблемима. Др Жижић је у реализацији свих радова имао кључну експерименталну улогу из најсавременијих метода базираних на синхротронском извору зрачења, док је у сваком појединачном раду са различитих аспеката давао мултидисциплинарни приступ проблему. Тако је у публикацији број 1. први аутор и водећи експериментатор у више експерименталних техника, а уједно и организатор и експериментатор у делу узгајања и припреме биолошког узорка које је подразумевало различите приступе у складу са захтевима коришћене биофизичке методе. Ово је један од врло ретких приступа проблематици сложених облика селена у биолошким системима јер захтева комбинацију алата у примени рентгенске апсорпционе спектроскопије, који је са друге стране најпрецизнији приступ за анализу

структурних особина метаболisanог селена. О значају резултата говори и чињеница да су добијени XANES спектри метилисаног облика селинида уврштени у банку спектра XAFS истраживачке станице на синхротрону „Elettra“. У публикацији број 2. је по први пут структурно описан мултивалентни облик мангана у хетерогеном узорку где је применом два облика рентгенске апсорпционе спектроскопије (XANES и EXAFS) добијена прецизна структурна форма једињења у биолошком узорку која подразумева одређивање редокс стања, координационе геометрије, идентификацију лиганата и одређивање дужине веза апсорбер-лиганд. Сам значај генерисања овог једињења у алги представља идентификацију начина детоксикације путем биолошког организма, а даје могућност и даље примене кроз потенцијалну измену калцијума у једињењу са катјонима елемената ретких земаља, што има огроман значај у биоапсорпцији ових елемената. У раду број 3. је направљен пионирски корак у инсталацији јединственог AFM система на истраживачкој станици „TwinMic“ првог таквог у свету, који има улогу у добијању високе просторне резолуције слика у биолошким узорцима, сегменту који је по природи проблематичан за нискоенергетске рентгенске зраке. Важно је да се у оваквој консталацији, распоред хемијских елемената у узорку и морфолошка слика узорка добијају истовремено. Експертиза др Жижића из области рентгенске апсорпционе микроскопије и скенирајуће апсорпционе микроскопије је био један од неизбежних корака у овом процесу. Публикација број 4 је изабрана из разлога захтевности начина припреме биолошких узорака за синхротронска мерења, посебно када је реч о биљним системима. Комбинацијом две различите методе и детаљним теоретским објашњењима природе биохемијских процеса у узорку др Жижић учествује у дефинисању нивоа отпорности узорка на зрачење неопходно за добијање квалитативно битних информација, кроз појединачно описивање молекула који учествују у механизму и са додатним акцентом на приступ у начину припреме узорка за овакве врсте експеримената. У прилог мултидисциплинарном приступу у проучавању биолошких, односно еколошких изазова који представљају нарастајући проблем савременог друштва идентификована је читава група једињења заснованих на дериватима кумарина у којима је др Жижић био носилац и извођач експерименталног дела. Као најзначајније постигнуће се издваја рад број 5. у којем су детектована

оригинална једињења која показују биолошке бенефите и у којем су дате смернице за синтетисање, на њима базираних, нових једињења са још израженијом антирадикалском активношћу. У тим процесима је изузетно значајно да новостворена једињења показују већу стабилност од иницијалних кумаринских деривата, што је ништа мање значајан бенефит, с обзиром на проблеме која ова једињења могу изазвати у воденим екосистемима.

5. Квалитативни показатељи и оцена научног доприноса:

5.1 Квалитет и утицајност научних резултата

Од почетка своје научне делатности, др Милан Жижић је био аутор и коаутор 71 библиографске јединице, од којих 27 јединица представља научне радове објављене у часописима (3xM21a, 11xM21, 10xM22; 3xM23). Од избора у звање виши научни сарадник публиковао је 14 радова у међународним часописима (3xM21a, 7xM21, 4xM22), и 18 саопштења (4xM33, 6xM34, 8xM64). Збир импакт фактора часописа у којима су публиковани радови након стицања звања виши научни сарадник је 79,95, док је укупан импакт фактор у досадашњем раду укупно 113. Радови на којима је кандидат био аутор или коаутор до сада су цитирани 109 пута, а h-индекс има вредност 8(7) (извор SCOPUS база).

5.2. Самосталност у раду

Др Милан Жижић је оставрио висок ниво самосталности у раду и достигао пуну научну зрелост. Др Жижић је кључни члан мултидисциплинарних тимова у којима учествује где својом експертизом у области различитих физичких и биофизичких метода доприноси адекватном приступању испитивањима биолошких система, а својим познавањем биолошких система допринси развоју нових апликација софистицираних физичких метода. Др Жижић учествује у осмишљавању експеримената, анализи резултатат и писању радова. О високом нивоу самосталности кандидата говори и читав низ пројеката који су

му одобрени у назначајнијим европским синхротронским центарима као и последокторски ангажман на синхротрону Elettra у Италији.

5.3 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима; учешће у реализацији научних пројеката и ангажовање у руковођењу научним радом

Др Милан Жижих је до сада учествовао у реализацији неколико националних пројеката из области основних истраживања, која су финансирана од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

- 2003-2006, “Мембране и апопласт: улога у спољашњем и оксидативном стресу и биохемијској регулацији симпласта“пројекат 1934
- 2006-2010. “Биофизичка истраживања мембранских процеса: интеракција мембранских рецептора и канала са спољашњим факторима и интрацелуларна организација”- пројекат 143016Б

2011-2019 године је ангажован на пројекту Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије број ОИ 173040 под називом "Интеракција мембрана са унутарћелијским и апопластичним простором: изучавање биоенергетике и сигнализације користећи биофизичке и биохемијске методе ". У оквиру овог пројекта др Жижих је руководио пројектним задацима испитивања биолошких функција, редокс стања и структура ванадијума у различитим врстама гљива применом спектроскопских метода (прилог 1).

Др Жижих је учесник пројекта „Microalgae for biosynthesis of metal cluster compounds“ који се обавља у склопу програма ПРИЗМА, и на којем је задужен за пројектне задатке:

SA2.2. Determine the oxidation states, ligands and coordination geometries of biosynthesized Mn and Cu clusters using XAFS methods – XANES and EXAFS, and/or XRD, и

SA2.3. Determine the oxidation states, ligands and coordination geometries of biosynthesized Fe clusters using XAFS methods – XANES and EXAFS, and/or XRD (прилог 1)

који се бави структурном анализом Mn, Cu и Fe кластера у микроалгама применом најсавременијих спектроскопских метода.

Др Милан Жижих је учесник неколико пројеката на синхротронима „Elettra“ (Италија), „Swiss Light Source“ (SLS) (Швајцарска), „European Synchrotron Radiation Facility“ (ESRF) (Француска) и ALBA (Шпанија) на којима је био предлагач или главни истраживач:

- Structural determination of Se in the fungus *Phycomyces blakesleeanus*“
Истраживачка станица XRF, синхротрона „Elettra“ , Трст, Италија, Октобар 2020. (пројекат 20200229)
- Mechanisms of detoxification of high manganese concentrations by *Chlorella*.
Истраживачка станица XAFS, синхротрона „Elettra“, Трст, Италија, Октобар 2021. (пројекат 20210133)
- Compartmentalization of Se in the mycelium of the fungus *Phycomyces blakesleeanus*. Истраживачка станица TwinMic, синхротрона „Elettra“, Трст, Италија, Јун 2022. (пројекат 20225122)
- Coordinate and redox aspect of nickel metabolism in *Chlorella*. Истраживачка станица XRF, синхротрона „Elettra“, Трст, Италија, Март 2022 (пројекат 20215092)
- Mechanisms of cytotoxic effects of biliverdin(BV)-copper complex in human cancer cells (malignant glioblastoma cell line). Истраживачка станица microXAS, синхротрон „Swiss Light Source (SLS), Paul Scherrer Institute“, Вилиген, Швајцарска, Фебруар 2022. пројекат 20211995)
- The map of detoxification of manganese and nickel in microalgae. Истраживачка станица ID16a, синхротрона ESRF, Гренобл, Француска, Децембар 2023. (пројекат ev-529)
- X-ray spectro-microscopy studies of vanadium reduction processes in *Phycomyces blakesleeanus*” Истраживачка станица „microXAS“ синротрон Swiss Light Source

(SLS), Paul Scherrer Institute“, Вилиген, Швајцарска, Април 2014 (пројекат 20132180)

- Metabolic response of different cell types in the green phase of microalga *Haematococcus pluvialis* to high Ni(II) concentrations. Истраживачка станица MIRAS, синхротрона ALBA Барселона, Шпанија, 2022 (пројекат 2022025640)

Учесник је и главни експериментатор пројекта:

- Quantitative mapping of metals in KI mouse model of Alzheimer's disease treated with synthetic neuroactive steroid, Новембар 2023 (пројекат 20230235)

у којем је суделовао у покретању првог истраживачког пројекта научника са Института за биолошка истраживања Синиша Станковић на синхротрону „Elettra“, који је, осим тога, и испешно прошао евалуацију и изведен је почетком новембра 2023. године, као и учесник пројекта:

- Tracing labelled microplastics in a human placental model by a combination of X-Ray and ion Spectroscopies, Истраживачка станица „TwinMic“ синхротрона „Elettra“ и институт „Руђер Бошковић“, Загреб, Хрватска (пројекат 20227115)

У оквиру позива CERIC-ERIC био је предлагач пројеката изведених 2023. године и то:

- The conformation of tetracyclines in polar solvents and interactions with Fe(III). second half of the year NMR centar Slovenija, Hemijski institut, Ljubljana, Slovenia, Novembar 2023 (пројекат број 20222049)
- Metal induced effect on (poly)phosphate contents in microalgae, second half of the year. NMR centar Slovenije, Ljubljana, Slovenija, Novembar 2023. (пројекат 202220449)

Ко-предлагач је пројекта

- „Metabolic response of extremophilic microalga *Chlamydomonas acidophila* to high Mn(II) concentrations, Истраживачка станица „SISSI“, синхротрона „Elettra“, Мај 2024. (пројекат 20237234)

који је оцењен као првопласирани у CERIC-ERIC позиву 2024-I.

5.4. Међународна научна сарадња

Међународна мрежа сарадника др Жижића која обухвата колаборацију на више нивоа и то:

а. експериментални рад, анализу резултата добијених на истраживачкој станици „TwinMic“ на пројектима изабраним у регуларним годишњим конкурсима, предлагање као и припрему публикација,

б. припрему тема, експериментални и теоријски рад, анализу, писање радова заснованим на резултатима добијених на другим синхротронима, где је др Жижић партиципирао као предлагач и/или главни истраживач

в. експериментални и теоријски рад, анализу резултата и припрему публикација произишлих из резултата добијених применом осталих аналитичких биофизичких метода
Сарадња се одвија са научницима из следећих научних институција (прилог 3):

- Elettra - Sincrotrone Trieste S.C.p.A. Трст, Италија (7)
- IRCCS - Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico materno infantile Burlo Garofolo - Dipartimento di Medicina Molecolare, Трст, Италија (1)
- Eötvös Loránd University - Institute of Biology - Department of Biochemistry, Будимпешта, Мађарска (2)
- Centre for Energy Research - Hungarian Academy of Sciences, Будимпешта, Мађарска (1)
- Università degli Studi di Parma, Парма Италија (2)
- Università degli Studi di Genova - Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Ђенова, Италија (2)
- CERIC-ERIC - Central European Research Infrastructure Consortium, Трст, Италија
- CNRS - CBS Centre de Biochimie Structurale, Монпеље (Француска) (1)
- University of Ghent, Гент, Белгија (2)
- Politecnico di Milano, Милано, Италија (3)
- Università degli Studi di Siena, Сиена, Италија (2)
- IIT - Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia, Пиза, Италија (2)

- Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Scienze della Terra, Каљари, Италија (4)
- RISE Research Institutes of Sweden Division Material and Production, Лунд, Шведска (4)
- Università degli Studi di Ferrara - Polo Scientifico Tecnologico - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Ферара, Италија (2)
- OGS - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - Dipartimento di Biologia e Oceanografia, Трст, Италија (2)
- ALBA Synchrotron Light Source, Барселона, Шпанија (1)
- Swiss Light Source (SLS), Paul Scherrer Institute, Вилиген, Швајцарска
- European Synchrotron Radiation Facility“ (ESRF), Гренобл, Француска
- Centro di Risonanze Magnetiche ,Firenca, Italija
- Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Љубљана, Словенија
- Kemijski inštitut- NMR center, Љубљана, Словенија (2)
- Instiut „Ruđer Bošković“, Загреб, Хрватска (2)
- University of Manchester, Манчестер, Енглеска
- Baylor University, Waco, TX, Сједињене Америчке Државе

Др Милан Жижић се од јула 2022. године налази на постдокторским истраживањима на истраживачкој станци „TwinMic“ синхротрона „Elettra“ у Трсту где се бави развојем и применом метода заснованим на интеракцији рентгенског зрачења синхротронских извора са биолошким системима и то, апсорпцији XRM, XANES, STXM), расејању (микроскопија заснована на промени фазе таласа при интеракцији са узорком) и дифракцији (птихиографија). Дистрибуција лаких елемената као и елемената прелазних метала у биолошким узорцима на нивоу ћелије и ткива у просторној резолуцији до 100 нанометара у *in operando* условима (без бојења или обележавања елемената или молекула) се добија детектовањем флуоресцентних фотона израчених након апсорпције рентгенског зрачења ниских енергија (до 2 keV) од најчвршће везаних 1s или 1p електрона појединачних атома конституената узорка уз помоћ 8 радијално распоређених силицијумских дрифт детектора (SDD). Јединственост овог система је могућност

истовременог добиња апсорпционе и фазно контрастна слике скенираног узорка коришћењем 2D CCD (*charge coupled device*) детектора, што даје симултано хемијску и морфолошку мапу узорка у једном излагању зрачењу. Поред комбиновања STXM и XRM, др Жижић учествује и надградњи детекторског система у оквиру колаборације са истраживачима са „Centre de Biochimie Structural“, Монпеље (Француска) и Универзитета у Генту, Белгија у циљу инсталирања новог AFM система на TwinMic станици (публикација 43) у циљу истовременог добијања дистрибуције биолошки важних елемената и њихове морфологије на ултравиској просторној резолуцији од неколико нанометара, као првог таквог система на свету

У протеклом периоду је био предлагач и главни истраживач 11 међународних пројеката које обухватају синхротрон као извор зрачења у испитивњу биолошких узорка, као и пројекте у оквиру CERIC-ERIC позива (у којима лористи синхротронске, NMR и PIXE методе) који су наведени у поглављу 5.2.

Др Милан Жижић је учесник COST акције CA15133-The Biogenesis of Iron-сулфур Proteins: from Cellular Biology to Molecular Aspects (FesBioNet). Из тог пројекта је проистекао једномесечни ангажман на Центру за магнетну резонанцу (CERM) Универзитета у Фиренци у Италији у априлу 2018. године (прилог 3). У оквиру исте COST акције је одржао усмену презентацију на тему „Structure of biliverdin and its interaction with copper“ у оквиру COST конференције идржане у Гдањску (Пољска) у септембру 2019. године. Др Жижић је од 2022 учесник COST акције CA21115 – Iron-sulfur (FeS) cluster: from chemistry to immunology (FeSImmChemNet). У оквиру сопственог усавршавања похађао је практични тренинг из области NMR спектроскопије „Summerschool ин NMR spectroscopy Niederöblarn 2018“ (Септембер, 8-15, 2018, Нидеробларн, Аустрија). Такође је похађао курс из области рентгенске дифракције са синхротронским извором зрачења „Powder Diffraction School“ одржане у јулу 2014 године синхротрону „Swiss Light Source (SLS), Paul Scherrer Institute“, Вилиген, Швајцарска у којој је стекао рутине које данас примењује у увођењу методе птихиографија на истраживачкој станици „TwinMic“ синхротрона „Elettra“. То је метода која се заснива на кохерентној дифракционој микроскопији без коришћена оптичких елемената у својству магнификације сваког пиксела (*Coherent Diffraction Imaging*) и која комбиновањем

дифракције (интензитет) и компјутерског алгоритма (фаза) продукује слике биолошких система у приближно нанометарској резолуцији, индиректним путем. У склопу активности на истраживачкој станици „TwinMic“, такође развија могућност примене спектроскопије на хетерогене системе, у којима се симултано и директно методама XRM, STXM и XANES покушава осим дистрибуције елемената и њихове апсорпционе и морфолошке слике добити и структурна карактеризација елемената прелазних метала као и елемената попут селена, чије L-апсорпционе енергије леже у области до 2 keV. Први такви експерименти успешно су обављени у склопу 2 кратка пројекта са научницима са Универзитета „Politecnico“ из Милана, Италија.

5.5. Ангажованост у образовању и формирању научних кадрова

Др Милан Жижих је у својству ментора учествовао у реализацији докторске дисертације Мирзете Хацибрахимовић под називом „Редукција ванадата у мицелијуму гљиве *Phycomyces blakesleeanus* Burgeff: одређивање оксидационих стања у ћелији“, Биолошки факултет, Универзитет у Београду, 2016. године (**прилог 2**). Такође је ментор у узради докторске дисертације Иванке Родић пријављене на седници Већа за студије при Универзитету, одржаној 19.2.2024, на Универзитету у Београду, модул Биофизика, под називом „Адаптивни одговор гљиве *Phycomyces blakesleeanus* на оксидативни стрес индукован селенимом“ (**прилог 2**). Затим, Милан Жижих је учествовао у изради и био члан комисије за одбрану докторске дисертације Кристине Тешановић под називом „Биолошка активност и хемијски састав аутохтоних врста гљива *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers. Gray, 1797 i *Coprinellus truncorum* (Scop.) Redhead, Vilgalys & Monclavo, 2001“, одбрањене на Департману за биологију и екологију Универзитета у Новом Саду, 20.09.2017. године (**прилог 3**). Учешће у докторским радовима др Јелене Јачић, др Милене Димиријевић и др Снежане Ковачевић је описано и истакнуто у захвалницама ових дисертација (**прилог 3**). Др Милан Жижих је био ментор мастер рада „Молекуларно-биофизичка анализа терминационо/антитерминационог фактора НусА бактерије *Mycoplasma pneumoniae*“ кандидата Тамаре Бошњаковић у оквиру мастер студија на Биолошком факултету Универзитета у Београду, а био је члан комисије кандидаткињи Меланији Мацури на одбрани мастер рада „Продукција селенових наночестица у мицелијуму гљиве *Phycomyces blakesleeanus* Burgeff NRRL1555 (-)“, на Биолошком

факултету (прилог 3). Као саставни део докторских дисертација које су одбрањене или које су у припреми, др Жижић је обучавао и организовао посете и експериментални рад на синхротронима „Elettra“ у Трсту, Swiss Light Source (SLS), Paul Scherrer Institute у Вилиген, NMR центру у Љубљани кандидате др Милену Димитријевић, др Снежану Ковачевић и Марију Тановић. Др Жижић учествује у упознавању младих кадрова са теоријским и практичним могућностима рентгенске спектроскопије ниских енергија.

У току школских година 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022 године је ангажован на одржавању предавања и показних вежби на предмету Биофизичка инструментација, који је реализован у оквиру мастер студија Универзитета у Београду-Биолошког факултета, модул Биофизика, у оквиру студијских програма Биологија (БО-БФ-03) и Молекуларна биологија (МБИ-БФ- 02). Такође у току школских година 2015/2016 и 2016/2017 држао део практичне и теоријске наставе на предмету Методе у неуробиологији, који је реализован у оквиру Докторских академских студија, Универзитета у Београду-Биолошког факултета (прилог 3).

Др Милан Жижић је био учесник научног фестивала „NEXT2023“, одржаног на тргу Уједињења Италије у Трсту (Италија), презентујући пројекат „Batteri: possiamo sfruttare de loro proprietà?/ Bacteria: can we exploit them?“, који се бави проналасцима добијеним на истраживачкој станици „TwinMic“, везаним за кабл (*cable*) бактерија као биолошких проводника електричне струје (прилог 3).

5.6. Предавања по позиву; уређивање монографија и научних часописа; чланство у научним, програмским и организационим одборима конференција

Др Жижић је одржао предавање по позиву на 6. конференцији Биохемјског друштва Србије под називом “Vanadium speciation detection by synchrotron based X-ray absorption spectroscopy: applications of XANES in biological systems“ у новембру 2016. године (прилог 3), као и предавање по позиву под називом “Биофизички приступ у расветљавању метаболизма ванадијума код гљива.“ на Другом конгресу биолога Србије одржаном у Кладову (прилог 3). Др Жижић је одржао три предавања учесницима конгреса „14th International Particle Accelerator Conference- IPAC2023“, на тему „Current

status and future perspective of TwinMic beamline“, на синхротрону „Elettra“ у Трсту (прилог 3).

5.7. Рецензије радова евалуираних за публикавање у научним часописима и пројеката на међународном нивоу

Др Милан Жижих је својим научним радом и публикацијама стекао међународну препознатљивост у области биофизичких истраживања. Од избора у звање виши научни сарадник укупно је урадио 5 рецензија радова у међународним часописима.

Microbial Biotechnology (2019)

MICROBIO-2019-331 "Enhancement of antroquinonol production by the in situ extractive fermentation of Antrodia camphorata S-29" for Microbial Biotechnology.

New Journal of Chemistry (2019)

NJ-ART-06-2019-003071 „Intramolecular Hydrogen Bond Directed Distribution of Conformational Populations in Derivatives of N'-benzylidenebenzohydrazide: An Extensive NMR Study“

Applied Microbiology and Biotechnology (2019)

AMAB-D-19-00902R1 "Enhancement of antroquinonol and antrodin C productions via in situ extractive fermentation of Antrodia camphorata S-29"

Current Vascular Pharmacology (2022)

BMS-CVP-2022-145 „Selenium, selenoproteins and 10-year cardiovascular risk: Results from the ATTICA Study“

Folia Microbiologica (2023)

FOLM-D-23-00252 „Biosynthesis of Selenium nanoparticles by endophytic fungi Penicillium citrinum and Rhizopus arrhizus; Characterization and maximization

Др Жижих је био рецензент 3 међународна пројекта билатералне сарадње Црне горе и Словеније за период 2018-2020 године (прилог 3):

- „Нови приступ у истраживању биологије тартуфа и њихова примјена на природним стаништима и засадима“

- „Географско поријекло меда примјеном мултидисциплинарне и изотропске анализе земљишта, меда и биљака“
- „Ароматски профил вина црногорских аутохтоних сорти: хемијска и сензорна карактеризација“

Био је и рецензент 2 билатералног пројекта између Црне Горе и Аустрије

- “Application of stable isotope techniques for the investigation of geographic origin of water: Investigation of the Mareza Spring near Podgorica“- за период 2019-2020 (прилог 3)
- „Synthesis, physico-chemical characteriyation of novel synthesized complex compounds, their biological activity and potential application“- за период 2021-2022. (прилог 3).

5.8. Награде и признања:

Часопис Analyst је изабрао достигнућа из рада“ *Hafner, A, Costa, L, Kourousiasa, G, Bonanni, V, Žižić, M, Stolfa, A, Bazi, B, Vincze, L, Gianoncelli, A. An innovative in-situ AFM system for a soft X-ray spectromicroscopy synchrotron beamline. Analyst. 2024, 149(3):700-706 doi: 0.1039/d3an01358h* ; као насловну страну издања (прилог 3).

Др Жижић је добитник стипендије за једномесечни ангажман на Центру за магнетну резонанцу (CERM) Универзитета у Фиренци у Италији у априлу 2018. године, у оквиру COST акције“ CA15133-The Biogenesis of Iron-sulfur Proteins: from Cellular Biology to Molecular Aspects (FeSBioNet)“ (прилог 3).

Члан је Друштва биофизичара Србије.

6. КВАНТИТАТИВНА ОЦЕНА НАУЧНО ИСТРАЖИВАЧКИХ РЕЗУЛТАТА

Квантитативни показатељи успешности научно-истраживачког рада др Милана Жижића приказани су у Табели 1.

Табела 1. Приказ научних резултата**

Приказ научних резултата	
Укупно у каријери	Након избора у звање научни сарадник

Ознака групе	Број радова	Вредност	Укупно Поена	Нормиран број	Ознака групе	Број радова	Вредност	Укупно Поена	Нормиран број поена
M21a	3	10	30	24,54	M21a	3	10*	30	24,54
M21	11	8	88	66,83	M21	7	8*	56	39,16
M22	10	5	50	48,12	M22	3	5	15	15
M23	3	3	9	9	M23				
M33	13	1	13	13	M33	4	1	4	4
M34	16	0,5	8	8	M34	7	0,5	3,5	3,5
M62	2	1	2	2	M62	1	1	1	1
M63	1	1	1	1	M63	1	1	1	1
M64	9	0,2	1,8	1,8	M63	9	0,2	1,8	1,8
M71	1	6	6	6	M71				
Укупно поена			208,8	190,3	Укупно поена			112,3³	90,0⁴

*Нормирани радови

Збир импакт фактора свих радова на којима је др Милан Жижић аутор износи 113,79, док је збир импакт фактора радова објављених након избора у звање виши научни сарадник 79,95. Приказ остварених резултата др Милана Жижића након стицања звања виши научни сарадник и квантитативни захтеви за утврђивање звања **научни саветник** је дат у Табели 2.

Табела 2.

Приказ научних радова					
Ознака групе	Врста резултата	Број радова	Вредност резултата	Укупно поена	Нормиран број поена

³ Са радом под бројем 44, Ненормирани број поена би био 117,3.

⁴ Са радом под бројем 44, Ненормирани број поена би био 95,0.

M20	M21a	3	10 (1 нормиран)	30	24,54
	M21	7	8(6 нормираних)	56	39,16
	M22	3	5	15	15
	M23	/	/	/	/
M30	M33	4	1	4	4
	M34	7	0,5	3,5	3,5
M60	M62	1	1	1	1
	M63	1	1	1	1
	M64	9	0,2	1,8	1,8
M ₁₀ + M ₂₀ + M ₃₁ + M ₃₂ + M ₃₃ + M ₄₁ + M ₄₂ (обавезни ≥ 50)				106,0³	83,7⁶
M ₁₁ + M ₁₂ + M ₂₁ + M ₂₂ + M ₂₃ (обавезни ≥ 35)				102,0⁵	79,7⁶
Укупно за све категорије (тражи се ≥ 70)				112,3⁵	90,0⁶

Из приложене табеле може се видети да је др Милан Жижих након избора у звање виши научни сарадник остварило резултате у вредности од 112,3³ поена, 90⁴ поена након нормирања на број аутора што премашује број од 70 поена који се захтева Правилником за тражено научно звање виши научни сарадник. У категоријама M₁₀+M₂₀+M₃₁+M₃₂+M₃₃+M₄₁+M₄₂ др Милан Жижих је остварио 107³ односно 84,70⁴ поена након нормирања поена, а у категоријама M₁₁+M₁₂+M₂₁+M₂₂+M₂₃ остварио 102³ односно 79,70⁴ поена након нормирања и тако испуњава све услове прописане за тражено научно звање.

⁵ Са радом под бројем 44, Ненормирани бројеви поена би били:

111,0 за M₁₀ + M₂₀ + M₃₁ + M₃₂ + M₃₃ + M₄₁ + M₄₂

107,0 за M₁₁ + M₁₂ + M₂₁ + M₂₂ + M₂₃

117,3 за Укупно за све категорије.

⁶ Са радом под бројем 44, Нормирани бројеви поена би били:

88.7 за M₁₀ + M₂₀ + M₃₁ + M₃₂ + M₃₃ + M₄₁ + M₄₂

84.7 за M₁₁ + M₁₂ + M₂₁ + M₂₂ + M₂₃

95.0 за Укупно за све категорије.

7. Закључак

Из приложеног извештаја Комисија констатује да др Милан Жижић поседује научну самосталност и компетентност неопходну за стицање звања Научни саветник. Кандидат је својим укупним и континуираним научно-истраживачким радом значајно допринео развоју научне области физиологије и метаболизма гљива и алги, расветљавању природе интеракција прелазних метала са битним биолошким макромолекулама, те примени и развоју најсавременијих биофизичких, синхротронских метода које представљају највећи степен достигнућа у примени ових техника за испитивање биолошких система. Квалитет кандидата у области метода заснованим на интеракцијама рентгенских фотона са биолошком материјом резултирао је у добијању постдокторске позиције на истраживачкој станици "TwinMic", првом модуларном систему у свету за истовремену комбинацију неколико синхротронских техника. Као посебан доказ квалитета истиче се допринос у развијању система за AFM на "TwinMic" истраживачкој станици као првог система који доприноси повећавању просторне резолуције до само 1 нанометра, при томе не жртвујући до сада коришћене карактеристике система за рентгенску флуоресцентну микроскопију и скенирајућу трансмисиону рентгенску микроскопију. Овај систем има за циљ да унапреди систем проучавања биолошких узорака рентгенским зрачењем ниских фреквенција које у погодне за проучавање садржаја лаких елемената у узорцима, али који због оптичких карактеристика имају ограничену просторну резолуцију. Досадашњи рад је резултирао у објављивању 13 публикација из категорија M21a, M21 и M22 у последњих 5 година са укупним импакт фактором од 79,95, што даје просечан импакт фактор од 6,15 по објављеној публикацији. Потребно је напоменути да је своја знања успешно примењивао кроз сарадње са 24 института из 12 држава света кроз различите врсте сарадње. У оквиру интернационалног рада направио је мост сарадње између научника из Србије и Италије, и омогућио упознавање младих научника са синхротронским методама кроз њихове посете и истраживачки рад на њима. Такође је активно учествовао у образовању младих научних кадрова кроз менторства и одржавања показних вежби и предавања за студенте постдипломских студија.

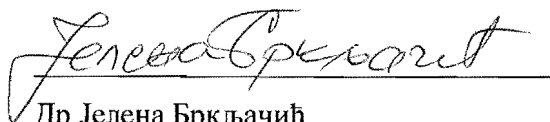
Београд 04.04.2024

Председник комисије:



Др Иван Спасојевић

Научни саветник, Универзитет у Београду - Институт за мултидисциплинарна
истраживања

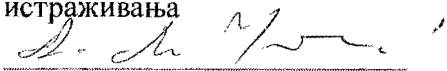


Др Јелена Бркљачић

Научни саветник, Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Универзитет
у Београду, Институт од националног значаја за Републику Србију

Др Александра Митровић

Научни саветник, Универзитет у Београду - Институт за мултидисциплинарна
истраживања



Минимални кватитативни услови за стицање појединачних звања

За природно математичке струке:

Диференцијални услов од првог избора у звање до избора у звање	Потребно је да кандидат има најмање XX поена, који припадају следећим категоријама:		
		Неопходно XX=	Остварено
Научни сарадник	Укупно	16	
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33 +M41+M42	10	
Обавезни (2)	M11+M12+M21+M22+M23	6	
Виши научни сарадник	Укупно	50	
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	40	
Обавезни (2)	M11+M12+M21+M22+M23	30	
Научни саветник	Укупно	70	90
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	50	83,70
Обавезни (2)	M11+M12+M21+M22+M23	35	79,70