

PROBLEM KVALITETA VODA I UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU I ANTROPOGENE AKTIVNOSTI U DUNAVSKOM BASENU (CENTRALNA I JUGOISTOČNA EVROPA) – PREGLED

**Nikola Milentijević¹, Milana Pantelić², Danijela Vukoičić¹,
Dušan Ristić¹, Sanja Božović¹**

Apstrakt: U radu su analizirani fizičko-hemijski parametri sakupljeni na osnovu savremenih podataka putem tehnika ankete. Podaci su razmatrani sa aspekta životne sredine i ljudskih aktivnosti duž toka Dunavskog basena. Dunavski basen predstavlja drugi po veličini evropski rečni basen, sa ukupnom površinom od 801.463 km². Sliv Dunava naseljava više od 80 miliona stanovnika iz 19 država, što predstavlja najveći međunarodni rečni basen na globalnom nivou. Sve države koje obuhvataju preko 2.000 km² basena, a čine članice Evropske unije, potpisnice su Međunarodne komisije za zaštitu reke Dunav (ICPDR), koja je zadužena za koordinaciju očuvanja, unapređenja i racionalne upotrebe voda Dunava. Reka Dunav je oduvek bila najvažnija evropska reka, obezbeđujući osnovne potrebe za život čoveka. Od svog izvora do ušća reka Dunav i njene pritoke služe kao resurs za različite upotrebe vode, poput: snabdevanja pijaćom vodom, industriju i proizvodnju energije, transport, navodnjavanje poljoprivrednih površina, recipijent otpadnih voda itd. Pored toga, reka Dunav i njen basen čine područje visokog biodiverziteta koji nije značajan isključivo za aktivnosti poput turizma, ribarstva i šumarstva, već je i stanište za ogromnu populaciju životinjskih i biljnih vrsta. Za brojne namene korišćenja vode i funkcije reke dobar kvalitet vode je najvažniji. Međutim, mnoge ekonomske aktivnosti u Dunavskom regionu imaju negativan uticaj po životnu sredinu. Ključni sektori koji utiču na ukupan kvalitet životne sredine, a posebno na kvalitet vode su industrijske aktivnosti, poljoprivreda i lokalne samouprave.

Ključne reči: kvalitet vode, fizičko-hemijski parametri, Dunavski basen, životna sredina, antropogene aktivnosti

WATER QUALITY ISSUES AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT AND ANTROPOGENIC ACTIVITIES IN THE DANUBE RIVER BASIN (CENTRAL AND SOUTHEASTERN EUROPE) – A REVIEW

Abstract: In the paper were analyzed physical and chemical parameters collected from recent data based on survey techniques. They were discussed from the environmental aspect and human activities along the Danube River Basin. The Danube River Basin is Europe's second

¹ Univerzitet u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Prirodno-matematički fakultet, Odsek za geografiju, ul. Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Srbija; ORCID: 0000-0003-4450-844X (Nikola Milentijević), 0000-0002-3139-1070 (Danijela Vukoičić), 0000-0002-0061-5190 (Dušan Ristić), 0000-0003-3795-6746 (Sanja Božović)

² Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Srbija; ORCID: 0000-0001-9569-3388

Problem kvaliteta voda i uticaja na životnu sredinu i antropogene aktivnosti u Dunavskom basenu (centralna i jugoistočna Evropa) – pregled

largest river basin, with a total area of 801,463 km². More than 80 million people from 19 countries share the Danube catchment area, making it the world's most international river basin. All countries comprising over 2,000 km² of the Basin, and also the European Union, are contracting parties of the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR), which is charged with coordinating the conservation, improvement and rational use of Danube waters. The Danube River was always the most important European River, providing the basic necessities for human life. From its source to mouth the Danube River and its tributaries serve as a resource for different water uses, like drinking water supply, industry and energy production, transport, irrigation in agricultural areas, waste water recipient, etc. In addition to that the Danube River and its basin is an area of high biological diversity that is not only important for such activities like tourism, fishery and forestry, but it is also a habitat for large population of animal and plant species. For many of the water uses and river functions good water quality is the most important. However, many of the economic activities in the Danube region are having negative impact on environment. The key sectors influencing the overall environmental quality and in particular water quality are industrial activities, agriculture and municipalities.

Key words: water quality, physical and chemical parameters, Danube River Basin, environment, anthropogenic activities

UVOD

Problem zagađenja Dunava je primećen relativno kasno, krajem osamdesetih godina prošlog veka, usled negativnih efekata hemijskih materija na akvatični svet, posebno ihtiofaunu (Navodaru, Staras and Cernisencu, 2001; Stanić et al., 2006). Ključni problemi koji se odnose na kvalitet, hemijski sastav i biološki status površinskih i podzemnih voda basena Dunava identifikovani su na osnovu Akcionog plana za Dunavski region (SWD, 2020). Konvencija za zaštitu reke Dunav (The Danube River Protection Convention) potpisana 1994. godine je legalni pravni instrument za saradnju i upravljanje prekograničnim vodnim resursima. Ona je uslovlila formiranje Međunarodne Komisije za zaštitu reke Dunav (International Commission for the protection of the Danube River) (ICPDR, 2006). ICPDR je konačno ustanovljen 1998. godine, u Beču i smatra se osnovom za implementaciju Konvencije o zaštiti Dunava (ICPDR, 2005). The Joint Danube Survey 1 (JDS1) je sprovedena 2001. godine i njeni rezultati su predstavljali ključni izvor informacija za karakterizaciju sliva basena Dunava. ICPDR je organizovao The Joint Danube Survey 2 (JDS2) tokom 2007. godine. Putem ove ankete je izvršeno uzorkovanje na 96 lokacija duž toka Dunava i 28 lokacija na njegovim pritokama. Glavni cilj ankete je bio izdavanje visoko uporedivih i pouzdanih informacija o kvalitetu voda i zagađenosti za Dunavski basen i njegove glavne pritoke (ICDPR, 2002; ICDPR, 2007a). JDS2 identifikuje glavne antropogene pritiske na životnu sredinu basena Dunava u Evropi i ukazuje glavne izvore zagađenja koje su u relaciji sa lokalnim samoupravama, industrijom i poljoprivredom. Zagađenje u pravom smislu pogađa sektor Dunava nizvodno od Budimpešte. U gornjem toku Dunava (kroz Nemačku i Austriju), uticaj tačkastih izvora zagađenja je nizak usled izgradnje savremenih postrojenja za preradu otpadnih voda. Generalno, zagađenost voda u gornjem i srednjem toku Dunava se smanjila, posebno usled smanjenja negativnog uticaja industrije i poljoprivrede u Centralnoj i Istočnoj Evropi, što je pratilo političke transformacije kasnih osamdesetih godina XX veka (ICDPR, 2007b).

Rad je baziran na već postojećoj naučnoj građi, koja je za potrebe ovog istraživanja prikupljena, analizirana, koncizno interpretirana i diskutovana. Na naučno verifikovan način prikazane su već objavljene naučne informacije u formi preglednog rada. Centralni segment u radu predstavlja interpretacija uticaja određenih fizičko-hemijskih parametara kvaliteta voda basena Dunava u Centralnoj i Jugoistočnoj Evropi sa aspekta životne sredine i planiranja ljudskih aktivnosti.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Basen Dunava u Centralnoj i Jugoistočnoj Evropi predstavlja drugi po veličini rečni basen u Evropi, površine 801.463 km². Sliv Dunava naseljava više od 80 miliona stanovnika iz 19 različitih država, što predstavlja najveći međunarodni rečni basen. Sve države koje obuhvataju preko 2.000 km² basena, potpisnice su Međunarodne komisije za zaštitu reke Dunav (ICPDR), koja je zadužena za koordinaciju očuvanja, unapređenja i racionalne upotrebe voda Dunava. Basen Dunava se može klasifikovati na tri sub-regiona: Gornji sektor, Srednji sektor basena i Donji sektor (zajedno sa deltom Dunava). Gornji sektor basena Dunava obuhvata izvorište Dunava u Nemačkoj do Bratislave (Slovačka). Srednji sektor je najduži (od Bratislave do brane Đerdap, na granici između Srbije i Rumunije). Nizije, platoi i brdsko-planinska područja u pograničnom pojasu Rumunije i Bugarske formiraju Donji sektor basena Dunava. Konačno, reka se grana u tri glavna rukavca koji čine prostranu deltu Dunava, površine oko 6.750 km² (ICPDR, 2009).

MATERIJAL I METODE

Za potrebe rada istraživanje je obavljeno u tri glavne faze. U *empirijskoj fazi* do izražaja dolazi analitički pristup prilikom izbora adekvatne naučne literature i njenog prikupljanja. Tokom empirijske faze ogroman značaj imaju primarni (opažanja, analize i zaključke samih autora) i sekundarni izvori informacija (udžbenici, članci iz domaćih i međunarodnih časopisa, zvanične publikacije sa internet izvora i dr.). Potom sledi detaljan i sistematski rad na klasifikaciji, sistematizaciji i generalizaciji materijala (*kabinetska faza*). Konačno, u završnoj fazi istraživanja izdvojeni su i formulisani ključni stavovi i zaključci. Od osnovnih naučnih metoda upotrebljene su opštepoznati postupci indukcije, analize, sinteze i generalizacije. Od posebnih naučnih metoda upotrebljen je kartografski metod. Na kraju, poseban značaj ima i deskriptivni naučni metod koji je primenjivan u svim fazama istraživanja, za tumačenje i interpretaciju naučnih rezultata dobijenih analizom dostupne literature (Vuković & Štrbac, 2019).

REZULTATI I DISKUSIJA

Analizirani uzorci na određenim sektorima basena Dunava na osnovu JDS1 i JDS2 ankete ukazuju na sledeće rezultate. Varijacije u temperaturi vode ukazuju na sličnosti duž gornjeg toka Dunava. Izraženije fluktuacije na osnovu JDS2 su na srednjem toku Dunava i nizvodno od brane Đerdap. Ovo je rezultat vremenskih uslova, kao i povećanja proticaja. Kolebanja pH vrednosti su statistički značajnija u odnosu na suspendovani kiseonik. Ovo je posledica viših kolebanja temperature vode i proticaja. Smanjenje pH vrednosti je zabeleženo kod Đerdapa, gde je uzrok biodegradacija. Vrednosti elektroprovodljivosti u obe ankete ukazuju na slične vrednosti. Generalno, niže vrednosti su detektovane u gornjem sektoru basena (uticaj reke In), dok su više vrednosti zabeležene u donjem toku Dunava. Povećana koncentracija rastvorenog kiseonika je u srednjem toku Dunava, usled eutrofikacije; značajno povećanje je i nizvodno od Đerdapa usled dekompozicije organske materije. Suspendovane materije su niske u gornjem sektoru Dunava, dok u donjem toku, njihova koncentracija raste do ušća u Crno more. Najveća koncentracija nitrata je uzvodno od sutoke sa rekom In, dok nizvodno od ove reke, koncentracija opada i stabilna je do Đerdapa. Koncentracija nitrita je najniža u gornjem sektoru basena, dok je u srednjem delu toka koncentracija prilično uniformna. Značajno smanjenje količine ortofosfata je nizvodno od reke In, dok se na srednjem toku Dunava beleži blago povećanje, sa minimumom kod ušća Tise. Sličan trend povećanja je i od Đerdapa do delte Dunava. Veće koncentracije amonijum-jona su kod brane Đerdap, dok je maksimum vrednosti kod Bukurešta, gde je uzrok sekundarno izlivanje netretiranih otpadnih voda poreklom iz domaćinstava i industrije.

Problem kvaliteta voda i uticaja na životnu sredinu i antropogene aktivnosti u Dunavskom basenu (centralna i jugoistočna Evropa) – pregled

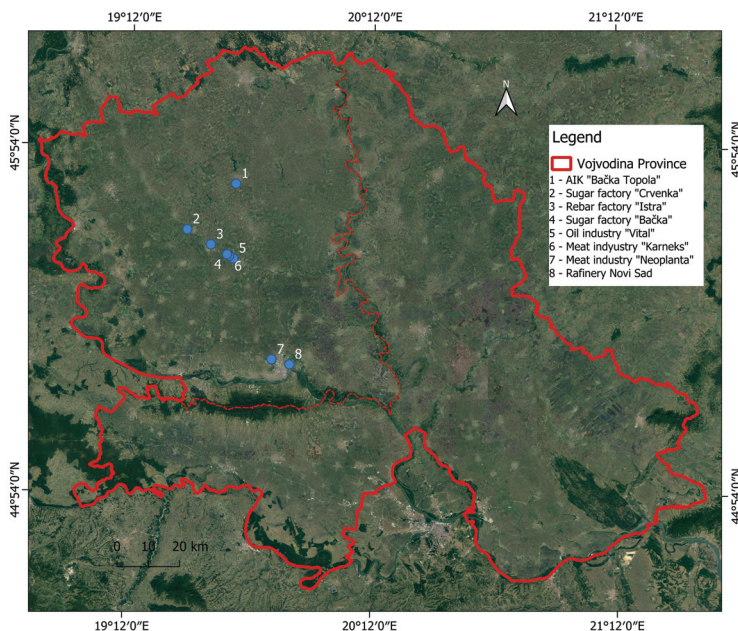
Blizu 72% vode za piće u basenu Dunava se dobija putem podzemnih vodonosnih horizonata i snabdeva oko 59 miliona stanovnika. Podzemne vode se koriste i za potrebe navodnjavanja (ICDPR, 2008), pa prekoračene vrednosti suspendovanih materija na određenim sektorima (npr. Bratislava), nitrata (na reci In), nitrita (Đerdap), ortofosfata i amonijum-jona (Đerdap i rumunski deo donjeg Dunava) predstavljaju potencijalni problem. Ekstenzivni irigacioni sistemi su karakteristični za ogromna poljoprivredna područja u srednjem i donjem toku Dunava (Dogaru et al., 2019), pa povremena prekoračenja suspendovanih materija, nitrata, nitrita, ortofosfata i amonijum-jona na određenim sektorima donjeg i srednjeg Dunava mogu ugroziti navodnjavanje i poljoprivrednu proizvodnju. Više od 50% teritorije basena je kultivisano, pa periodično parametri kvaliteta voda mogu ugroziti poljoprivredu. Industrija, predstavlja važan ekonomski sektor u ovom području, gde učešće u BDP varira od 31% u Slovačkoj do 42% u Rumuniji (ICDPR, 2021). Uopšteno, veći deo basena je u smislu kvaliteta vode na zadovoljavajućem nivou za većinu sektora industrije.

Dunav kao međunarodna reka je od ogromnog značaja za transport robe i usluga. Saobraćaj na Dunavu (2001-2020) je relativno stabilan, dok transport roba pokazuje uzlazni trend. Izuzetak je 2019. i posebno 2020. godine, usled epidemije COVID-19 (Chirosca & Rusu, 2021). Povećane vrednosti suspendovanih materija na donjem sektoru Dunava u kombinaciji sa niskim proticajem tokom leta mogu ugroziti saobraćaj. Takođe, uzlazni trend nitrita, ortofosfata i amonijum-jona može dovesti do eutrofikacije, i ograničiti uslove plovidbe i navigacije. Dunavski Koridor je jedan od najpopularnijih ruta za turizam u svetu. Poletan Jugović, Komadina & Sirotić, 2020 ukazuju na trend porasta broja turista na Dunavu (2012-2017), što ukazuje na povoljne uslove za nautički turizam. Ovde posebno dominira gornji sektor Dunava (82% udela) u odnosu na srednji i donji sektor (svega 18%). Slični faktori u smislu parametara kvaliteta voda, kao i kod saobraćaja, mogu pogoditi sektor turizma na Dunavskom basenu.

Sa više od 70 vrsta riba koje nastanjuju Dunav, i pored smanjenja ribljeg fonda poslednjih decenija, ihtiofauna je od ogromnog ekonomskog interesa. Dovoljne količine rastvorenog kiseonika, tj. povoljan režim aeracije u basenu Dunava su uzrok diverziteta ribljeg sveta. Rezultati ukazuju da u gornjem delu toka hidromorfološke alteracije su glavni antropogeni pritisak, dok je problem kvalitet voda u nizvodnim delovima basena. U gornjem delu toka se ističe gradnja hidroelektrana, dok u donjem delu sektora je problem gradnja brana i hidroelektrana, što ometa migratorne rute za riblji svet i dovodi do pada proizvodnje (Schiemer et al., 2004; ICDPR, 2008).

Preko 2.000 biljnih vrsta i 5.000 vrsta životinja naseljava vode basena Dunava, oko 2.000 vaskularnih biljaka, preko 40 vrsta sisara, približno 100 ribljih vrsta. Sa 6.750 km², delta Dunava je jedno od najvećih vlažnih područja u svetu (i najveće evropsko vlažno područje), sa 30 različitih tipova ekosistema. Pod zaštitom UNESCO organizacije je od 1991. godine (ICDPR, 2009). Značajan biodiverzitet i brojna zaštićena područja pružaju mogućnost za razvoj ekoturizma. Međutim, održivost životne sredine donjeg sektora Dunava može biti ugrožena zagađenjem organskog porekla (usled emisije ortofosfata i amonijum-jona) u akvatičnu sredinu donjeg sektora Dunava.

Generalno, zagađenje u basenu Dunava na tlu Evrope je uzrokovano brojnim faktorima (Gasparotti, 2014): a) tačkasti izvori zagađenja, b) difuzni izvori, c) uticaj modifikovanja rečnog režima usled regulacije toka i d) morfološke promene na rečnom toku. Oko 40% toka Dunava je zadovoljavajućeg ekološkog statusa. Bolji je status donjeg sektora Dunava u odnosu na gornji tok. Međutim, 1/3 donjeg sektora Dunava je pod snažnim uticajem antropogenih delatnosti, koje zahtevaju pažnju (ICDPR, 2007c). U srednjem toku Dunava, kroz Bačku, vodeći izvori zagađenja su koncentrisani izvori, predstavljeni brojnim industrijskim postrojenjima (Milentijević et al., 2024).



Karta 1. Izvori zagađenja koji utiču na kvalitet vode Dunava u Bačkoj.

Izvor: Na osnovu Milentijević et al. (2024)

ZAKLJUČAK

Ograničeni podaci o izvorima zagađenja u basenu Dunava ostavljaju brojne nedoumice. Neosporivo je da intenzivna poljoprivredna proizvodnja praćena neracionalnom upotrebom mineralnih đubriva i pesticida, predstavlja uzrok ispuštanju neorganskih i organskih materija u površinske vode. Upotreba azotnih i fosfatnih đubriva predstavlja uzrok eutrofikaciji na određenim sektorima Dunava. Potencijalno ograničavajući faktori su povećane vrednosti suspendovanih materija, koje ograničavaju aktivnosti poput vodosnabevanja, navodnjavanja, industrije, uslova plovidbe i tipova turizma (nautičkog i ekoturizma). Sa druge strane, optimalni uslovi aeracije usled dovoljne količine rastvorenog kiseonika povoljne su okolnosti za bavljenje ribolovom, dok su limitirajući faktori antropogeni pritisci (izgradnja brana i hidroelektrana). Iako je članak preglednog karaktera, može poslužiti kao osnova za planiranje budućih aktivnosti u smislu zaštite vodnih resursa basena Dunava, kao baza regionalnog razvoja i planiranja politike prostornog planiranja, ali i informisanja šire javnosti o kvalitetu voda i pružanja preporuka za adekvatnu upotrebu dostupnih vodnih resursa.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci Ministarstva za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije (projekat br. 451-03-65/2024-03/200123). Takođe, autori pružaju zahvalnost i za finansijsku podršku Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj (projekat br. 142-451-3485/2023-01).

LITERATURA

- Chirosca, A. M. & Rusu, L. (2021). Study on Navigation Conditions and Shipping Traffic on the Danube in the Period 2001–2020. *Journal of Danubian Studies and Research*, 11, 1, 184–191.
- Dogaru, D., Mauser, W., Balteanu, D., Krimly, T., Lippert, C., Sima, M., Szolgay, J., Kohnova, S., Hanel, M., Nikolova, M., Szalai, S. & Frank, A. (2019). Irrigation Water Use in the Danube Basin: Facts, Governance and Approach to Sustainability. *Journal of Environmental Geography*, 12, 3–4, 1–12. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2019-0007>
- Gasparotti, C. (2014). The main factors of water pollution in Danube River basin. *Euro Economica*, 1, 33, 91–106.
- ICPDR, (2002). Summary of the Final Report – Joint Danube Survey May 2002, preuzeto 18.12.2023, sa <https://www.icpdr.org/tasks-topics/topics/water-quality/joint-danube-survey/joint-danube-survey-1>
- ICPDR, (2005). WFD Roof Report 2004, Document IC/084, preuzeto 17.12.2023, sa <https://www.icpdr.org/resources/danube-basin-analysis-wfd-roof-report-2004>
- ICPDR, (2006). ICPDR Annual Report 2006, preuzeto 17.12.2023, sa <https://www.icpdr.org/resources/icpdr-annual-report-2006>
- ICPDR, (2007a). WFD Roof report on Monitoring – Part I: Development of WFD compliant monitoring programmes for the Danube River Basin District, preuzeto 17.12.2023, sa <https://www.danubesurvey.org/jds2/publications.html>
- ICPDR, (2007b). JDS2: Water pollution in the Danube river basin, preuzeto 18.12.2023, sa <https://www.icpdr.org/tasks-topics/topics/water-quality/joint-danube-survey/joint-danube-survey-2>
- ICPDR, (2007c). JDS2 Findings: Hydromorphology, preuzeto 17.12.2023, sa https://www.danubesurvey.org/jds2/final_results/hydromorphology.html
- ICPDR, (2008). Joint Danube Survey 2 – Final Scientific Report, preuzeto 19.12.2023, sa <https://www.danubesurvey.org/jds2/publications.html>
- ICDPR, (2009). The Danube River Basin: facts and figures, preuzeto 12.07.2024, sa <https://www.icpdr.org/danube-basin/danube-river-basin>
- ICDPR, (2021). Policy paper on sustainable agriculture in the Danube River Basin, preuzeto 12.07. 2024, sa <https://www.icpdr.org/tasks-topics/water-users/agriculture/icpdr-publishes-guidance-document-and-policy-paper-sustainable>
- Milentijević, N., Pantelić, M., Obradović, S., Radulović, M., Ristić, D., Stojanović, V. & Dolinaj, D. (2024). Water quality evaluation of the Danube River basin in Bačka (northern Serbia) using multivariate statistical techniques. *Geografije*, 129(1), 15-41. doi: <https://doi.org/10.37040/geografie.2024.003>
- Navodaru, I., Staras, M. and Cernisencu, I. (2001). The challenge of sustainable use of the Danube delta fisheries, Romania. *Fisheries Management and Ecology*, 8, 4–5, 323–332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2001.00257.x>
- Poletan Jugović T., Komadina, Ž., Sirotić, M. (2020). Affirmation of Passenger Traffic Flows on the Danube Corridor – Perspective of River Cruise Tourism. *Pomorstvo*, 34, 1, 111–120. <https://doi.org/10.31217/p.34.1.13>
- Schiemer, F, Guti, G., Keckeis, H. & Staras, M. (2004). Ecological Status and Problems of the Danube River and its Fish Fauna: A Review, In: Welcomme, R.L., Peter, T.: Proceedings Of The Second International Symposium On The Management Of Large Rivers For Fisheries (pp. 273-299). Phnom Phen: FAO, Organization of the United Nations.

Stanić, B., Andrić, N., Zorić, S., Grubor Lašić, G., Kovačević, R. (2006): Assessing pollution in the Danube river near Novi Sad (Serbia) using several biomarkers in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 65, 3, 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.08.005>

SWD, (2020). Action plan of the European Union Strategy for Danube Region. European Commission, preuzeto 12.06.2024, sa https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/cooperate/danube/eusdr_actionplan_sw202059_en.pdf

Vuković, M., & Štrbac, N. (2019). Metodologija naučnih istraživanja. Bor: Tehnički fakultet u Boru.