Istraživačka stanica Petnica

Program geonauka

Programi geologije i voda 2016.

Jesenji seminar geologije i voda

Istraživački radovi polaznika Letnjeg kampa geologije i voda za 2016. godinu

Petnica, oktobar 2016. godine

UVOD

Na **Programu geologije i voda** za stare polaznike u toku 2016. godine, a koji je realizovao Program geonauka u Istraživačkoj stanici Petnica, učesvovao je 21 polaznik. Oni su bili učenici II (14%), III (68%) i IV (19%) razreda, iz 17 srednjih škola; 13 gimnazija (76% učenika), četri stručne škole (24% učenika), iz 12 mesta na teritoriji Republike Srbije, i to: Beograd (9), Gornji Milanovac, Zemun, Kragujevac (2), Krupanj, Leskovac, Mladenovac, Novi Sad, Obrenovac, Smederevo, Sokobanja, Ub; polaznici žive (ili se prijavljeni) u 12 naselja na teritorije Republike Srbije, i to: Beograd (9), Gornji Milanovac, Zemun, Kragujevac, Krupanj, Leskovac, Mladenovac, Radinac, Smederevska Palanka, Sokobanja, Sremski Karlovci, Ub (2).

Na **Zimskom seminaru geologije i voda** u okviru seminarskog rada, definisane su oblasti istraživanja i teme samostalnih istraživačkih radova. Polaznici su predložili 19 tema, a za sve teme su uradili PROGRAME ISTRAŽIVANJA (na utvrđen način i po određenom sadržaju). Teme su bile:

01. Nikolina Ćirić..... oblast istraživanja: geološko kartiranje (GLG); tema:
    Geološka građa terena gornjeg toka Lomničke reke
02. Aleksa Vizi..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Istraživanje promene kvaliteta vode bunara u delu sliva reke Dunav (Zemun)
03. Ivona Biočanin..... oblast istraživanja: hidrehemija (H2O); tema:
    Kvalitet voda reke Lepenice
04. Mila Milovanović..... oblast istraživanja: geomorfologija (GLG); tema:
    Određivanje područja zahvačenog klizištima u slivu reke Sibovik kod Umke
05. Snežana Karanović..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Optimizacija uslova adsorcije olovo(II) i bakar(II)-jona na glini iz Bogovine
06. Đorđe Ogrizović..... oblast istraživanja: hidrehemija (H2O); tema:
    Određivanje ranjivosti podzemnih voda u slivu reke Banje
07. Elena Tadić..... oblast istraživanja: minerologija životne sredine (GLG); tema:
    Raspodela zagađenja zemljišta Novog Sada teškim metalima iz antropogenih izvora

08. Simona Denić..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Primena metode bioremedijacije na vode srednjeg toka reke Ub
09. Branko Kostić..... oblast istraživanja: ekonomska geologija (GLG); tema:
    Šlihovska prospekcija donjeg toka reke Lešnice
10. Sonja Babac..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Optimizacija uslova adsorcije olovo(II) i bakar(II)-jona na glini iz Bogovine
11. Emilija Lalić..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Određivanje porekla fosfata i sulfata u vodi donjeg toka Ljubostinje u Valjevu
12. Mladen Stanković..... oblast istraživanja: geologija (GLG); tema:
    Istraživanje geološke građe miocenskih krečnjaka u slivu srednjeg toka Borske reke
13. Katarina Kovačević..... oblast istraživanja: geomorfologija (GLG); tema:
    Određivanje područja zahvačenog klizištima u slivu reke Sibovik kod Umke
14. Stefan Marinković..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Mogućnost saniranja jalovišta duž toka Kostajničke reke
15. Jovan Dmitrović..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Rasprostranjenost teških metala i hemizam podzemnih voda u slivu reke Banje
16. Teodora Leontijević..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Primena metode bioremedijacije na vode srednjeg toka reke Ub
17. Teodora Pungartar..... oblast istraživanja: strukturna geologija (GLG); tema:
    Strukturno-tektonska analiza tvorevina u slivu Topčiderske reke
18. Krstivoje Miljković….. oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Mogućnost saniranja jalovišta duž toka Kostajničke reke
19. Milica Maletić..... oblast istraživanja: ekonomska geologija; sedimentologija (GLG); tema:
    Šlihovska prospekcija Vragočanske reke
    Sedimentološka analiza krednih krečnjaka (turon i senon) u gornjem toku reke Jablanice
20. Ljubica Milanović..... oblast istraživanja: hidrohemija (H2O); tema:
    Ispitivanje postojanosti nefrotoksina u podzemnim vodama sela Donja Livadica
21. Anđelina Čakić..... oblast istraživanja: strukturna geologija (GLG); tema:
    Strukturno-tektonska analiza jurskih krečnjaka Straževice

Na **Letnji kamp geologije i voda** od pozvanih polaznika je došlo 17 učenika. Oni su pre i u toku kamp za 14 tema realizovali istraživanja, laboratorijska ispitivanja i kabinetsku obradu podataka. Uradili su (na utvrđen način i po određenom sadržaju) i predali IZVEŠTAJE O IZVEDENIM ISTRAŽIVANJIMA za teme:

01. Nikolina Ćirić...(geologija).....
    Geološka građa gornjeg toka Lomničke reke
02. Aleksa Vizi...(hidrohemija).....
    Promena kvaliteta vode bunara u slivu reke Dunav kod Zemuna
03. Ivona Biočanin...(hidrohemija).....
    Kvalitet vode reke Lepenice

04. Mila Milovanović, Katarina Kovačević...(geomorfologija).....
    Određivanje područja zahvaćenog klizištima u slivu reke Sibovik kod Umke
05. Snežana Karanović, Sonja Babac...(hidrohemija).....
    Uticaj pH vrednosti rastvora, inicijalne koncentracije jona teških metala i količine gline na apsorpciju Cu(II) i Pb(II)-jona pomoću gline iz Bogovine
06. Đorđe Ogrizović...(hidrogeologija).....
    Određivanje ranjivosti podzemnih voda u slivu reke Banje
07. Elena Tadić...(geologija).....
    Zagađenje zemljišta industrijske zone Novog Sada teškim metalima
08. Branko Kostić...(ekonomska geologije).....
    Šlihovska prospekcija donjeg toka reke Lešnice
09. Emilija Lalić...(hidrohemija).....
    Određivanje porekla fosfata i sulfata u vodi donjeg toka Ljubostinje u Valjevu
10. Stefan Marinković; Krstivoje Miljković...(hidrohemija).....
    Mogućnost saniranja jalovišta u gornjem toku Kostajničke reke
11. Jovan Dmitrović...(hidrohemija).....
    Uticaj jalovišta rudnika olova i cinka na koncentracije teških metala u vodama u slivu reke Despotovice
12. Teodora Pungartar...(geologija).....
    Sturkturno-tektonska analiza tvorevina u slivu Topčiderske reke
13. Ljubica Milanović...(hidrohemija).....
    Ispitivanje postojanosti nefrotoksina u podzemnim vodama sela Miloševac
14. Anđelina Čakić...(geologija).....
    Strukturno-tektonska analiza jurskih krečnjaka Straževice

Na osnovu dobijenih rezultata izvedenih istraživanja, a prema upustva na sajtu Konferecije/način izrade istraživačkog rada, polaznici su izradili 12 istraživačkih radova i doneli ih na **Jesenji seminar geologije i voda**; teme:

01. Nikolina Ćirić...(geologija).....
    Geološka građa gornjeg toka Lomničke reke
02. Aleksa Vizi...(hidrohemija).....
    Poreklo nitratnog i amonijačnog zagađenja vode bunara u Zemunu
03. Ivona Biočanin...(hidrohemija).....
    Kvalitet reke Lepenice duž njenog toka kroz grad Kragujevac
04. Snežana Karanović, Sonja Babac...(hidrohemija.....
    Ispitivanje uticaja pH vrednosti adsorpciju teških metala glinom
05. Đorđe Ogrizović...(hidrohemija).....
    Ranjivosti podzemnih voda u slivu reke Banje
06. Elena Tadić...(geologija).....
    Distribucija teških metala u zemljištu industrijskih zona sever i jug u Novom Sadu

07. Branko Kostić...(geologija).....
    Nezosilikati i filosilikati desne obale reke Lešnice
08. Katarina Kovačević, Mila Milanović...(geologija).....
    Da li karte geoloških hazarda uvek ukazuju na područja najveće opasnosti: Primer klizišta na desnoj obali Save (Umka, Beograd)
09. Stefan Marinković, Krstivoje Miljković...(hidrohemija).....
    Mogućnost saniranja jalovišta u gornjem toku Kostajničke reke
10. Jovan Dmitrović...(hidrohemija).....
    Uticaj jalovišta na koncentracije teških metala u vodi reke Despotovice
11. Ljubica Milanović...(hidrohemija).....
    Ispitivanje sadržaja teških metala u podzemnim vodama kao mogućeg uzroka balkaneske endemske nefropatije u selu Miloševac
12. Teodora Punagartar, Anđelina Čakić...(geologija).....
    Tektonski sklop područja u slivu Topčiderske reke

Na **XV Konferenciju polaznika Istraživačke stanice Petnica** *"Korak u nauku"*, koja se održava u Petnici, od 24. do 27. novembra 2016. godine, pozvano je osam polaznika Programa geonauka/Programa geologije i voda. Oni će na Kopnferenciji prikazati rezultate istraživanja odabranih seda istraživačkih radova; svi kroz poster prezentaciju, a jedan i kroz usmeno izlaganje.

U realizaciji godišnjeg ciklusu Programa geologije i voda za stare polaznike učesvtvovali su i u radu kroz predavanja i realizaciji programskog rada pomogli sledeći saradnici (predavači, konsutanti, mentori):

- vanredni profesor Dr Nataša Gerzina, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za regionalnu geologiju
- profesor Olivera Josimović, *dipl.inž. geologije*
  prosvetni radnik u penziji, Beograd
- redovni profesor Dr Slobodan Knežević, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za regionalnu geologiju
- vanredni profesor Dr Marinko Toljić, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za regionalnu geologiju
- specijalista kliničke biohemije Dr Dejan Grujić, *lekar*
  Dom zdravlja Novi Kneževac, Služba za laborotorijsku dijagnostiku, Novi Kneževac
- istraživač saradnik MSc Marina Ćuk, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju
- saradnik u nastavi Milenko Trijić, *dipl. hemijski tehničar*
  Geološku i hirološku školu *„Milutin Milanković"*, Beograd
- docent Dr Miloš Marjanović, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za geotehniku
- redovni profesor Dr Petar Papić, *dipl. hemičar*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju

- istraživač saradnik Dr Dragana Đurić, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za geofiziku
- docent Dr Aleksandar Pačevski, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za MKPG
- istraživač saradnik MSc Alena Zdravković, *master inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Muzej minrala i stena
- Ljubica Perić, *dipl.inž. tehnologije*
  Istraživačka stanica Petnica, Odeljenje prirodnih nauka, Program hemije
- Nina Jevtić, *dipl. hemičar*
  Istraživačka stanica Petnica, Odeljenje prirodnih nauka, Program hemije
- redovni profesor Dr Snežana Nikolić Mandić, *dipl. hemičar*
  Univerzitet u Beogradu, Prirodno-matematički fakulteti, Hemijski fakultet
- Dr Milan Radovanović, *dipl. istoričar*
  Zaposlen u privatnoj firmi, Beograd
- Snežana Savić, *dipl. hemijski tehničar*
  Istraživačka stanica Petnica, Odeljenje prirodnih nauka, Program hemije
- redovni profesor Dr Vladimir Simić, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za ekonomsku geologiju
- redovni profesor Dr Vidojko Jović, *dipl.inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za MKPG
  redovni član Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd
- naučni saradnik Dr Aleksandra Maran Stefanović, *dipl.inž. geologije*
  Prirodnjački muzej, Geološko odeljenje, Beograd
- MSc Jovana Radosavljević, *master inž hidrogeologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju
- Aleksa Vujinović, *geolog*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za MKPG
- Eleonora Nikšić, *geolog*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za regionalnu geologiju
- Nikola Kljajić, *tehnolog*
  Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-matalurški fakultet
- Andrea Rajšić, *geolog*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za regionalnu geologiju
- Dragana Slavković, *student*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za geotehniku
- Marko Avdić, *student*
  Univerzitert u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakulteti, Institut za hemiju
- Danica Šarenac, *student*
  Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-matalurški fakultet
- Nemanja Cvetković, *student*
  Univerzitet u Beogradu, Elektrotenički fakultet

- viši naučni saradnik Dr Jordana Ninkov, *dipl. biolog*
  Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
- docent Dr Minučer Mesaroš, *dipl. geograf*
  Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakulteti
- naučni saradnik Dr Ana Mladenović, *dipl. inž. geologije*
  Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
- profesor Dušica Petrašinović, *dipl. inž. geologije*
  Geološku i hirološku školu *„Milutin Milanković”*, Beograd
- Radisav Golubović, *dipl.inž. geologije*
  Istraživačka stanica Petnica, Odeljenje prirodnih nauka, Program geonauka

U priloženoj SVESCI prikazani su svi pristigli istraživački radovi Programa geologije i voda za 2016. godinu. Prikazani su onako kako su ih polaznici uradili sa svojim mentorima, uz minimalnu doradu u pogledu tehničkog sadržaja i raporeda slika, kako bi što bolje iskoristili format lista papira.

Znači ... **u sadržaju radova ništa nije menjano ni ispravljano**.

Autor: **Nikolina Ćirić** (1998), Mladenovac, Vuka Karadžića br. 108,
učenica 3. razreda, Gimnazija Mladenovac, Mladenovac
Mentorka : **Andrea Rajšić**, *geolog*
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za istorisku i dinamičku geologiju

GEOLOŠKA GRAĐA GORNJEG TOKA LOMNIČKE REKE

Apstrakt

Istraživana je geološka građa gornjeg toka Lomničke reke na planini Jastrebac (12 km južno od Kruševca) metodom geološkog kartiranja. Utvrđena je geološka građa područja kao i elementi tektonskog sklopa. Izdvojene su sledeće kartirane jedinice: paleogeni magmatiti, kredno-paleogeni metamorfiti i miocenski metamorfisani glinci. Kontakt između magmatita i kredno-paleogenih metamorfnih stena je intruzivan, dok je kontakt između kredno-paleogenih matemorfnih stena i miocenskih glinaca, normalan. Izdvojeno je pet faza nastanka strukturnih oblika. Definisane su: faza nastanka tenzionih pukotina u metamorfnim stenama, faza nastanka kompresionih pukotina u metamorfitima i tenzione pukotine u magmatskim stenama, kao i dve faze koje obuhvataju nastanak statističkog nabora, rekonstruisanog na osnovu konturnih dijagrama folijacija i faza nastanka rasednih struktura opserviranih na terenu.

Ključne reči: Lomnička jednica, Jastrebac, Vardarska zona, geološka karta, strukturna građa terena, faze nastajanja strukturnih elemenata

UVOD

Istraživano područje obuhvata gornji deo toka Lomničke reke koja se nalazi u jugoistočnoj Srbiji, na oko 195 km južno od Beograda i na oko 12 km južno od Kruševca (Slika 1).

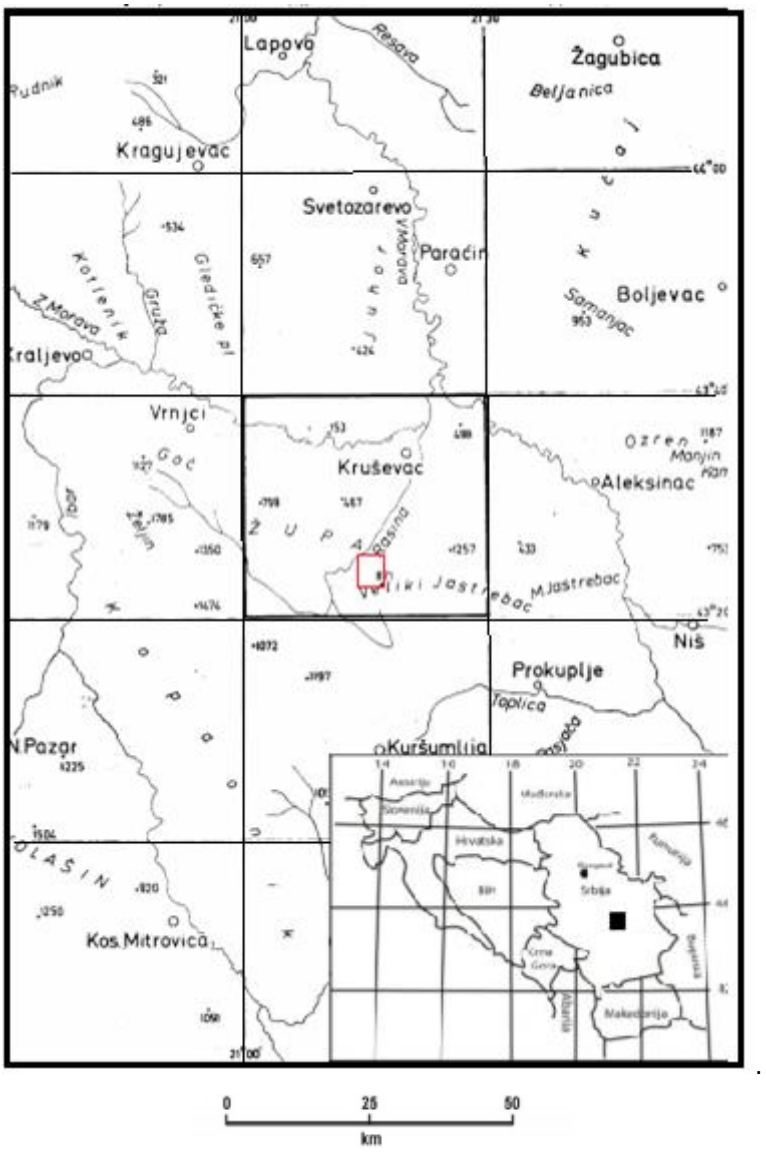
Ograničeno je mestom Buci na severu, vrhom Malo Letovište na istoku, Limarevim domom na jugu i rekom Malom Bukovicom na zapadu.

Najranija istraživanja na ovom području izveli su Z.Červenjak et al. (1963) koji su jastrebačkim granodioritima, metodom stroncijuma odredili starost na 37.3 miliona godina (paleogen), navodeći pritom da magmatiti probijaju paleozojske škriljce. M.Marović, et al. (2007) su istražili domu Velikog Jastrepca i utvrdili da domu izgrađuju dva krupna navlačno-naborna entiteta koja su u vertikalnoj sukcesiji, u inversnom položaju.

Ovo istraživanje je izvršeno u cilju određivanja litološkog sastava područja oko gornjeg toka reke Lomnice, kao i strukturnih karakteristika područja. Metodom praćenja svih izdanaka izvršeno je geološko kartiranje područja (Dimitrijević 1981). Na osnovu prikupljenih podataka o litološkom i strukturnom sklopu područja urađena je geološka karta i prateći geološki stub. Ovo područje je već duži niz godina predmet istraživanja i diskusija, jer pojedini autori smatraju da pripada Srpsko-makedonskoj masi, a drugi Vardarskoj zoni (Marović i dr 2007).

MATERIJAL I METODE

U okviru metode geološkog kartiranja (Dimitrijević 1981) istraživanje je sprovedeno u avgustu

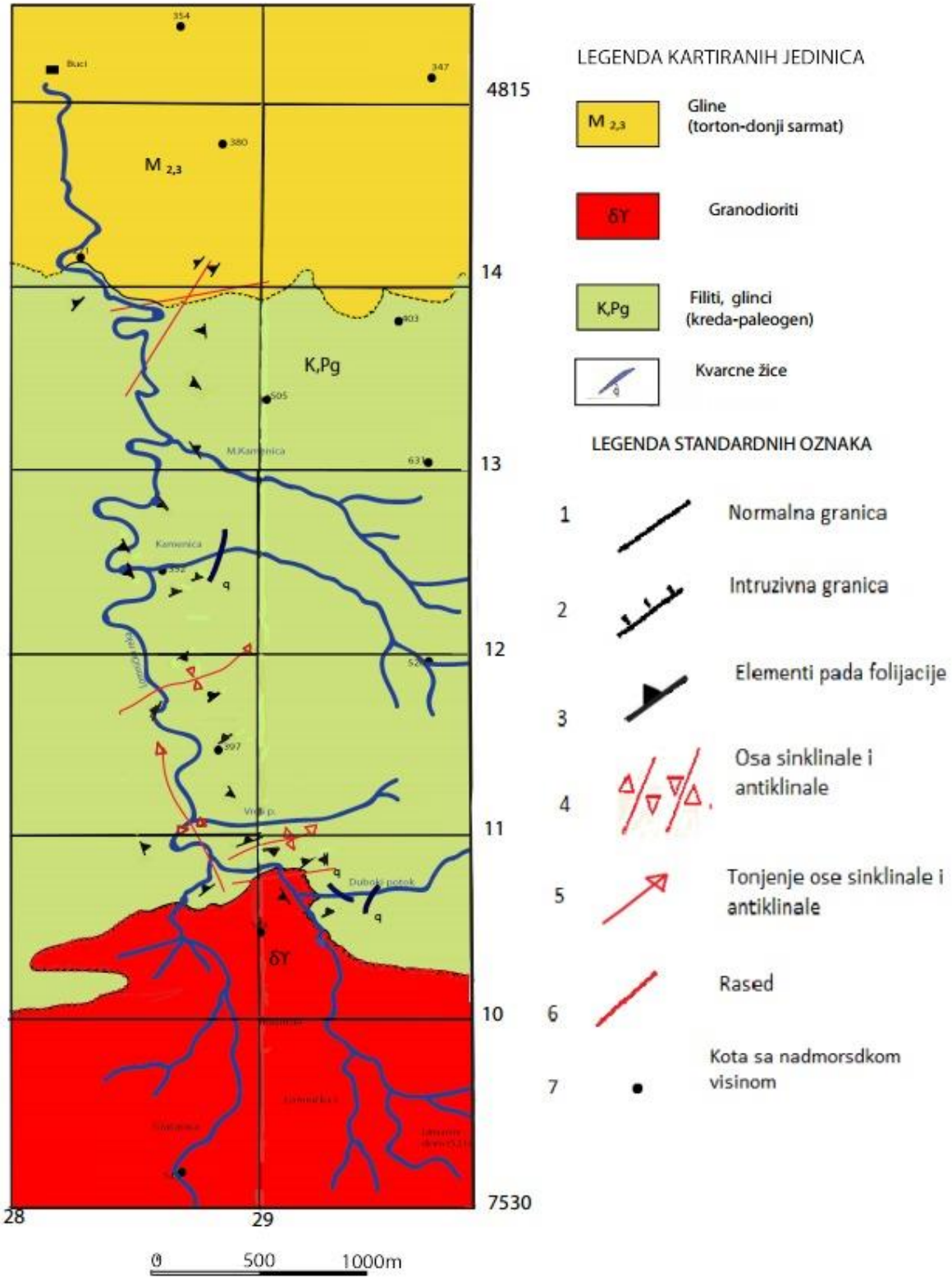


Slika br. 1. Geografski položaj istraživanog područja (prema tumaču OGK SFRJ K34-19 Kruševac)

mesecu 2016. godine kroz kabinetski rad i terensko istraživanje. Geološko kartiranje se stoji iz pripremnog perioda i terenskih istraživanja. U priprernom periodu obrađeni su literaturni podaci. Terensko istraživanje je obuhvatio geološko karitranje na 37 stajnih tačaka.

Teren je kartiran po maršrutama koje su planirane prema geološkoj građi terena i morfologiji, uz prikupljanje podataka o litološkom sastavu, starost i sklopu. Kabinetski rad je obuhvatio literaturnu i statitističku obradu podataka i izradu geološke karte terena uže zone Lomničke reke (razmere 1:12.500) i geološkog stuba (Slika 2. i 3.). Statističkom obradom strukturnih podataka predstavljen je redosled formiranja struktura na istraživanom terenu.

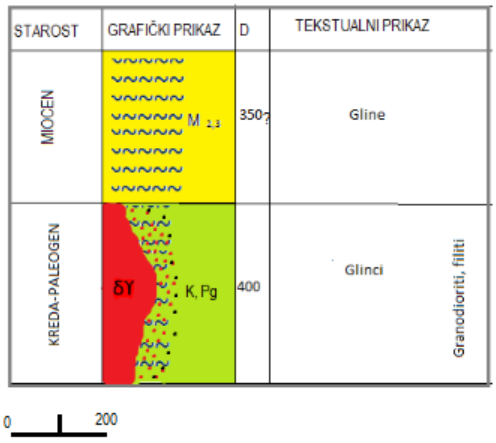
Prilikom izrade geološke karte korišćen je program Adobe Illustrator CC 2015, a za obradu strukturnih podataka upotrebljen je program Tectonics FP 32.



Slika 2: Pregledna geološka karta istraživanog područja (autorka)

REZULTATI

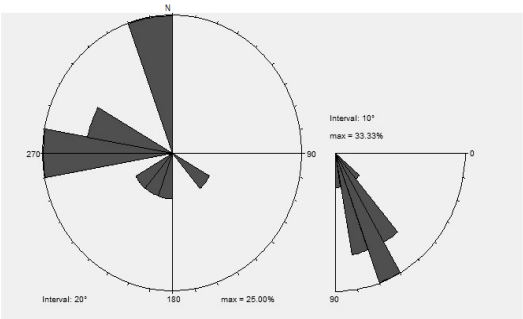
Geološkim kartiranjem je obuhvaćeno izdvajanje kartiranih jedinica na istražnom području gorenjeg toka Lomničke reke u pojasu širine 2 km i dužinne 6.5 km (površine 13 km^2) na 37 stajnih tačaka. Prema



Slika 3: Geološki stub (autorka)

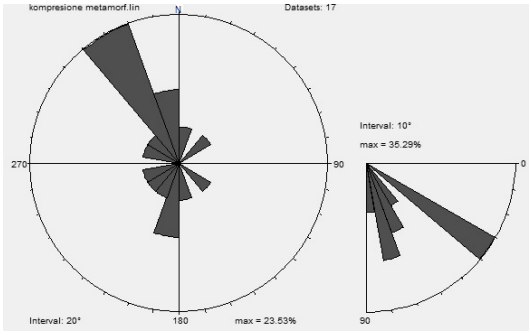
prikupljenim podacima jasno se izdvajaju tri kartirane jedinice: kredno-paleogeni filiti, paleogeni sitnozrni i krupnozrni granodioriti i miocenski glinci (Tumač za list Kruševac).

Magmatske stene paleogene starosti obuhvataju južni deo područja istraživanja, od Limarovog doma do Dubokog potoka, uključujući i područje Bele reke i Male Sokolovice (Slika 2). Dominantne stene u ovom području su sitnozrni i krupnozrni granodioriti, a prisutni su i izdanci granodioritskog grusa. U granodioritima od minerala jasno se uočavaju minerali kvarca, biotita i feldspata, a boja im prelazi u sivkastu usled površinskih promena. U talvegu Bele reke i Male Sokolovice uočljiva je jasno matična stena granodiorit, dok se u reci Gračanici pretpostavlja da je matična stena filit, a idući južno uočljivi su i granodioriti, kao i kvarciti (Slika 2). Granica između granodiorita i metamorfnih stena utvrđena je na osnovu jasno opserviranog intruzivnog kontakta. Granica je pravca istok-zapad. U magmatitima su konstatovane i merene tenzione pukotine. Statističkom obradom tenzionih pukotina utvrđena su dva preferirana pravca pružanja SSZ i JJZ, a pukotine su strmog pada (60°-80°) (Grafik 1).



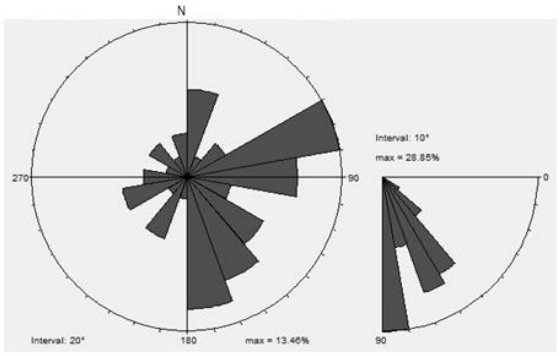
Grafik 1: Strukturni dijagram pukotinskih sistema rozeta pružanja tenzionih pukotina u magmatskim stenama (autorka)

Na kontaktu sa paleogenim granodiritima konstatovani su kredno-paleogeni metamorfiti-filiti škriljave teksture (Slika 2). Uglavnom su visoko tektonizirani i hidrotermalno izmenjeni. U filitima se uočavaju i žice kvarcita. Uočene su i merene folijacije u filitima, kao i tenzione i kompresione pukotine, čijom su statističkom obradom dobijeni sledeći rezultati: na rozeti kompresionih pukotina uočeno je veliko rasipanje sa jasno izraženim povlašćenim i podređenim pravcom pružanja. Najdominantniji pravac je SSZ. Podređeni pravci su pružanja JJZ i SSZ. Pukotine su blagog do srednjeg pada (Grafik 2).

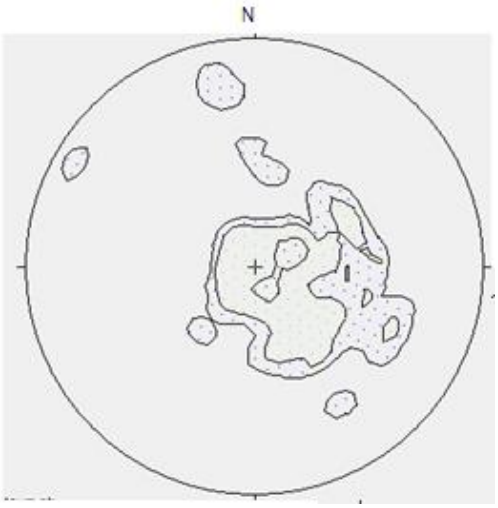


Grafik 2: Strukturni dijagram pukotinskih sistema rozeta pružanja kompresionih pukotina u metamorfnim stenama (autorka)

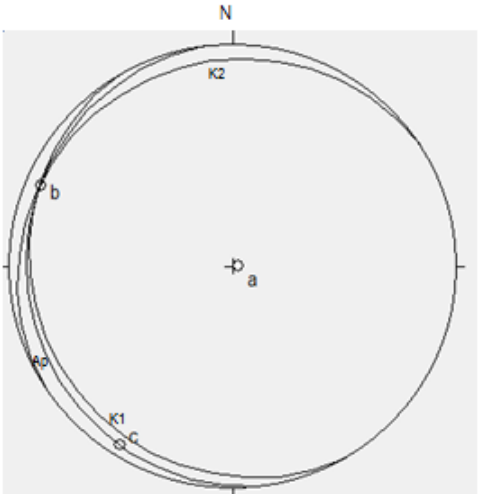
Statističkom obradom rezultata merenih tenzionih pukotina utvrđen je jedan povlašćeni pravac pružanja SSI, dok su podređeni pravci pružanja istok i jug. Pukotine su generalno strmog pada (Grafik 3).



Grafik 3: Strukturni dijagram pukotinskih sistema rozeta pružanja tenzionih pukotina u metamorfnim stenama (autorka)



Grafik 4: Konturni dijagram folijacija (autorka)

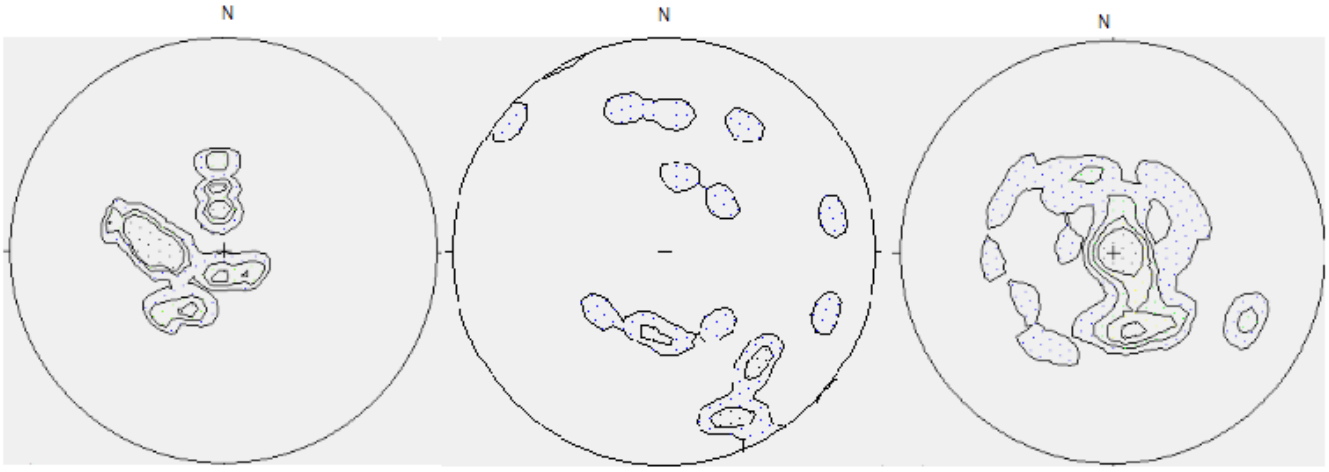


Grafik 5: Statistički nabor (autorka)

Podaci merenja Epf u metamorfitima obrađeni su na konturnom dijagramu. Dobijen je jedan jasno izraženi maksimum i jedan slabo izražen podmaksimum. Oba se generalno nalaze u severoistočnom i jugo-istočnom kvadrantu i na osnovu njihovih vrednosti rekonstruisana su krila statističkog nabora, koja padaju ka jugozapadu (Grafik 4. i 5.) Rekonstruisani nabor ukazuje na očekivanu tektonsku deformisanost terena. Na osnovu klasifikacije Marshak i Mitra (1988) ovaj nabor se definiše kao izoklini nabor. Vergenca ovog nabora

je ka severoistoku, a ugao vergence iznosi 81°. Aksijalna površ ima elemente pada 263/9 i nagib ka jugo-zapadu. Radi poređenja sa osama stresa raseda, rekonstruisane su i tektonske ose o čemu će dalje biti reči u diskusiji.

Kod Male Kamenice uočava se prelaz iz filita u glince, koji su površinski izmenjeni. Boja se menja od plavosive do zelenkasto-smeđe (Slika 2).



tenzione pukotine granodioritima kompresione pukotine u filitima tenzione pukotine u filitima

Grafik 6. Konturni dijagrami za opservirane pukotine(autorka)

DISKUSIJA

Analizom kontrunih dijagrama pukotinskih sistema utvrđeni su sledeći podaci: obzirom da se maksimumi navedenih pukotina nalaze u različitim kvadrantima može se zaključiti da su pukotine na terenu nastajale u različitim deformacionim fazama. Statistički maksimum dobijen za tenzione pukotine u granodioritima (Grafik 6a) nalazi se u jugozapadnom kvadrantu. Na Grafiku 6b uočava se da se maksimum kompresionih pukotina merenih u filitima nalazi u jugoistočnom kvadrantu. Maksimum tenzionih pukotina u filitima za razliku od prethodnih nalazi se u severoistočnom kvadrantu (Grafik 6c).

a) pravci pružanja opserviranih raseda b) rekonstruisane ose stresa

Grafik 7. Statistička obrada rasednih struktura (autorka)

Radi korelisanja podataka utvrđene su tektonske ose (a, b i c) statistički dobijenog nabora i ose stresa merenih raseda. Osa a se nalazi u jugoistočnom kvadrantu sa i ima elemente pada 84/88 (Grafik 5), dok, osa σ3, merenih raseda pripada jugoistočnom kvadrantu ima elemente 198/56 (Grafik 7). Osa b u se nalazi severozapadnom kvadrantu sa elementima pada 293/7 (Grafik 5), a osa σ2 sa elementima 13/32 se nalazi u severoistočnom kvadrantu. Osa c se nalazi i u jugozapadnom kvadrantu i ima elemente pada 212/6 (Grafik 5), a osa stresa merenih raseda osa σ1 nalazi se u severozapadnom kvadrantu i ima elemente 276/12 (Grafik 7). Na osovu položaja osa stersa raseda zaključujemo da je pravac kompresije u periodu rasedanja bio u pravcu sever-jug.

Poređenjem tektonskih osa rekonstruisanih na osnovu određenog nabora sa osama stresa raseda određeno je da nabori i rasedi nisu nastali u istim fazama.

ZAKLJUČAK

Istražni teren izgrađuju sledeće kartirane jedinice: pojas kredno-paleogenih metamorfnih stena, paleogenih magmatita, i pojas miocenskih metamorfisanih glinaca. Kontakt između magmatita i kredno-paleogenih metamorfnih stena je intruzivan, dok je kontakt između kredno-paleogenih matemorfnih stena i miocenskih glinaca, normalan.

Analizom terenskih podataka napravljena je jasna razlika između pet deformacionih faza na ovom prostoru. Tenzione pukotine u magmatitima, kompresione i tenzione pukotine u metamorfitima koje nisu nastale pod istim stresom.

Upoređivanjem položaja tektonskih osa rekonstrisanih na osnovu statističkog nabora i osa stresa kod reversnih raseda zaključujemo da ove dve vrste strukturnih deformacija takođe nisu nastale u istoj fazi razvoja terena.

Ovim istraživanjem obuhvaćeno je malo područje tako da je predlog u narednim istraživanjima proširivanje područja u donji tok Lomničke reke od sela Buci do ušća reke u reku Rasinu i uvođenje još neke metode u okviru kartiranja (daljinska detekcija) radi korelisanja podataka.

ZAHVALNOST

Veliku zahvalnost upućujem Andrei Rajišić, *geologu*, na pruženoj stručnoj pomoći tokom izrade rada i velikoj podršci. Zahvaljujem se takođe Andriji Avramoviću na pruženim savetima i sugestijama tokom obrađivanja strukturnih podataka. Takođe se zahvaljujem svojoj porodici i prijateljima na pruženoj podršci tokom celog istraživanja.

LITERATURA

1. Dimitrijević M.(1981.), Geološko kartiranje, Naučna knjiga, Beograd
2. Rakic M., Hadži-Vuković M., Kalenić M., Marković V., Milovanović Lj., Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, Tumač za list Kruševac, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd
3. Marshak, S., Mitra (1998) Basic Methods of Structural Geology, Prentice Hall, Englewood Cliffs
4. Marović, M., Đoković, i., Toljić M., Spahić, D., Milivojević, J., (2007) Extensional Unroofing of the Veliki Jastrebac Dome (Serbia). Geološki anali Balkanks koga poluostrva 68. str 21-27, Beograd

Nikolina Cirovic

The geological structure of the upper course of the river Lomnicke

Abstract

We investigated the geological structure of the upper course of the river Lomničke on the mountain Jastrebac (12 km south of Krusevac) method of geological mapping. There was a geological structure of the field and tectonic elements of the assembly. The following are the mapping units: paleogenic magmatites, Cretaceous-Paleogene and Miocene metamorphic rocks metamorphosed shales. Contact between magmatites the Cretaceous-Paleogene metamorphic rock is intrusive, while the contact between the Cretaceous-Paleogene matemorfnih rocks and Miocene shale, normal. Highlighted the five stages of the formation of structural forms. Defined as: the formation stage of tension cracks in the metamorphic rocks, the phase of the formation of cracks in compression and tension cracks metamorphites in igneous rocks, as well as two phases, which include the formation of a statistical wrinkle reconstructed based on the contour diagram foliation and phase rasednih the formation of the observed structure in the field.

Keywords: Lomnicka units, Jastrebac, Vardar Zone, geological map, structural timber field phases of structural elements

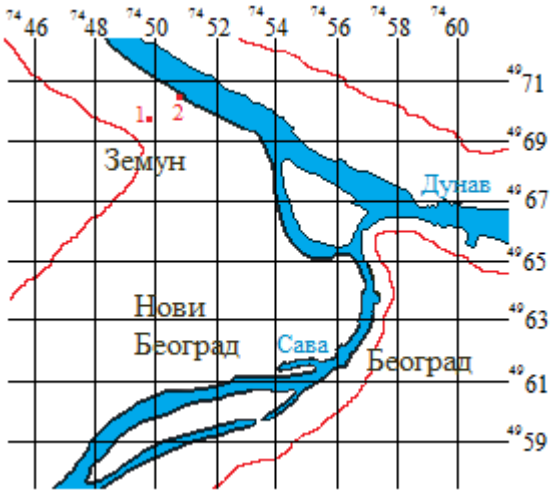
Аутор: **Алекса Визи** (1999), Земун, Дунавска бр. 8.
ученик 2. разреда, Земунска гимназија, Земун
Ментори: сарадник у настави **Миленко Тријић**, *дипл. хемијски техничар*
Геолошка и хидрометеоролошка школа *„Милутин Миланковић“*, Београд
професор **Оливера Јосимовић**, *дипл.инж. геологије*, Београд

ПОРЕКЛО НИТРАТНОГ И АМОНИЈАЧНОГ ЗАГАЂЕЊА ВОДЕ БУНАРА У ЗЕМУНУ

Апстракт

Циљ истраживања је био да се уоче промене концентрација нитратних и амонијачних јона у води бунара (Горњег града у Земуну) и у води реке Дунав ради утврђивања порекла азотног загађења воде бунара. Подручје истраживања се налази у Срему, 8 km западно од Београда. Ограничено је рекама Дунав на северу и Савом на истоку и југу, а сремском лесном заравни на западу. Истраживање је изведено у периоду од децембра 2015. године до августа месеца 2016. године. Резултати добијени хемијском анализом узорака показују да је вода бунара константно подложна антропогеном загађењу. Концентрације нитрата и амонијачних јона се повећавају при падавинама јер киша спира ђубрива са оближњег воћњака која се инфилтрирају кроз лес у бунар.

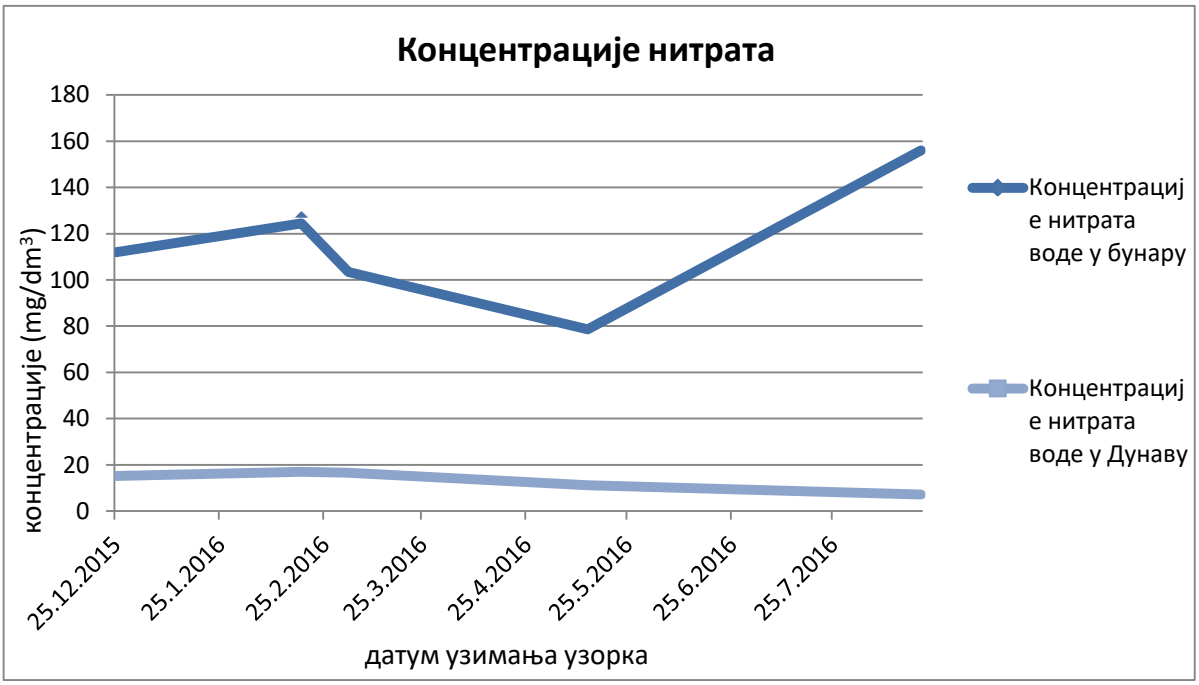
Кључне речи: нитрати, амонијачни јони, бунар, Дунав, падавине, ђубрива



Слика 1. - географски положај подручја истраживања (према ОГК СФРЈ Л34-113 Београд, размера 1:110 000)

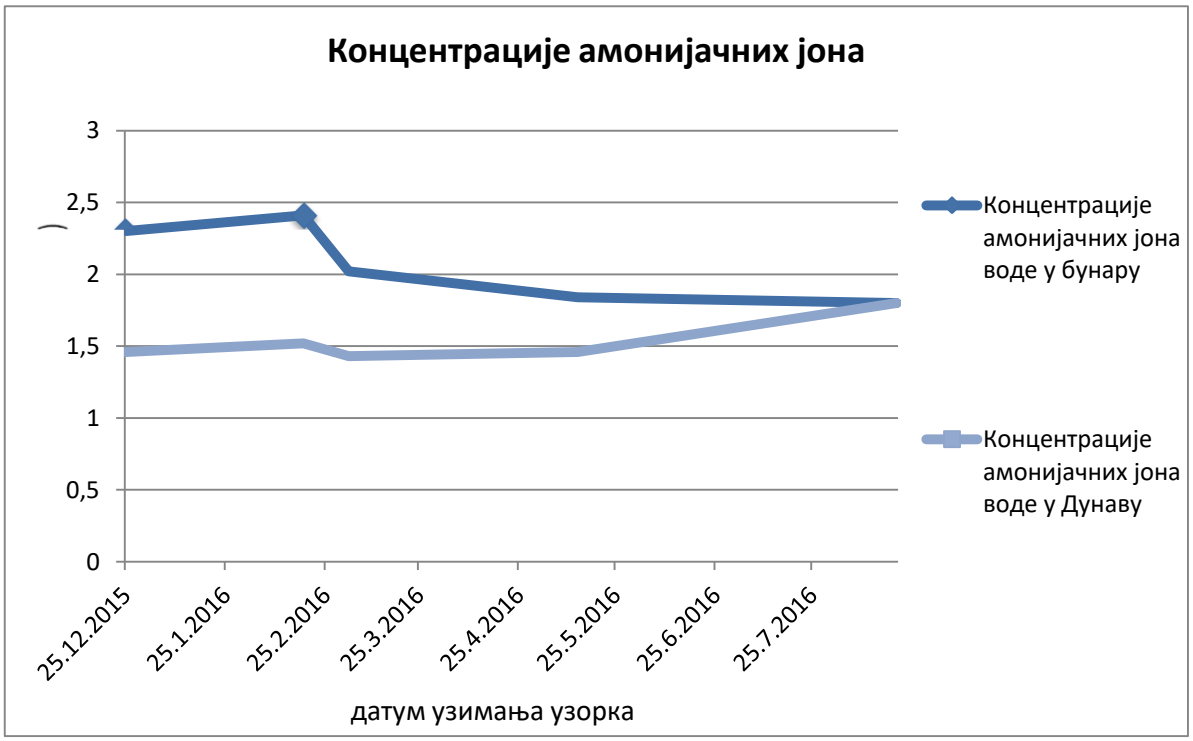
Увод

Циљ истраживања је био да се уоче промене концентрација нитратних и амонијачних јона воде бунара и воде реке Дунав ради утврђивања поркела азотног загађења воде бунара. Подручје истраживања се налази у Срему, 8 km западно од Београда (Слика 1). Ограничено је рекама Дунав на северу и Савом на истоку и југу, а сремском лесном заравни на западу. На истражном подручју заступљени су седименти квартарне старости: лес и слојеви песка (са глиновитим компонентама) и глине који се наизменично смењују (Димитријевић 1985). Лес са хумусом формира појас дебљине 0.5 m који је шупљикавији, веће капиларности и трошнији него прави лес (Цвијић 1996).



Слика 2. - промена конентрација нитрата у бунару и у Дунаву (аутор)

На истражном подручју развијен је збијени тип издани који је заступљен у песковима и шљунковима. Овај тип издани се прихрањује на рачун атмосферских падавина и на рачун Дунава.



Слика 3. - промена концентрација амонијачних јона у бунару и у Дунаву (аутор)

Методе

Истраживање је обухватило теренски, лабораторијски и кабинетски рад. Узорковање је вршено сваког другог месеца од децембра 2015. године до августа 2016. године применом хидрохемијских метода. Лабораторијско испитивање је рађено у лабораторији за хемију Земунске гимназије и Истра-

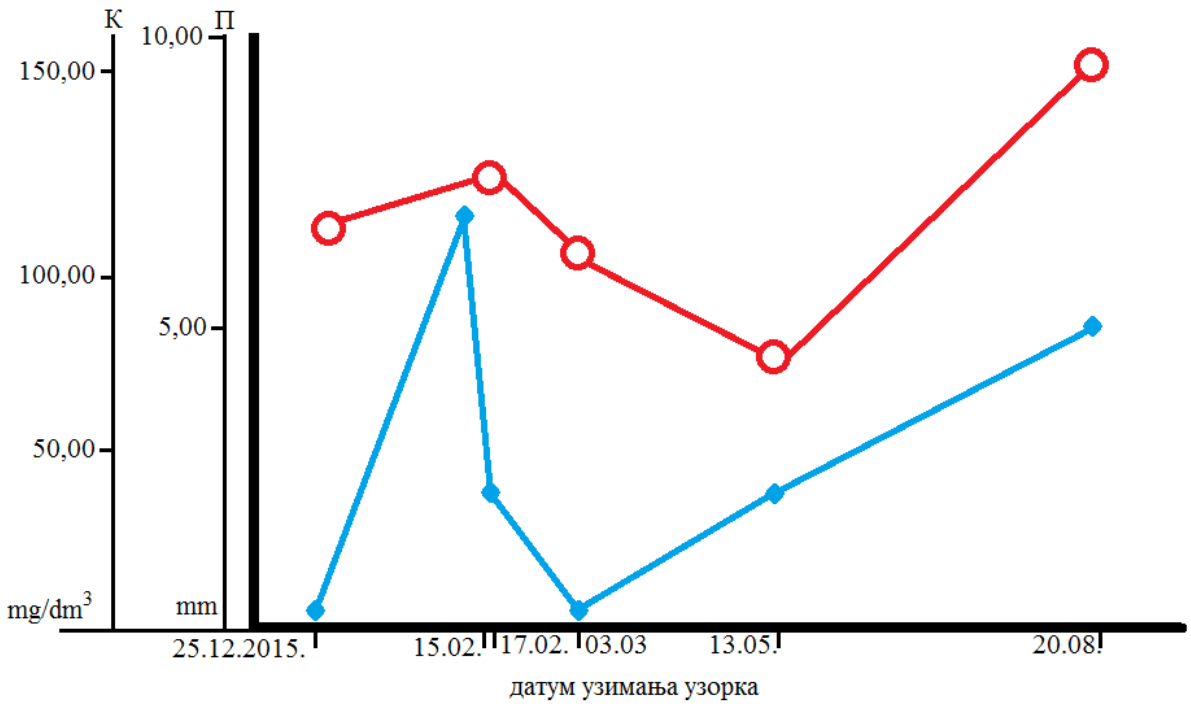
живачке станице Петнице. У оквиру лабораторијског рада праћене су промене нитратних и амонијачних јона колориметријском методом, фотоелектрични колориметар, Искра, Крањ (Папић 1984).

Резултати и дискусија

На бунару је током октобра 2015. године компанија *„Гео-лог“* урадила каротаж бунара, којим је утврђено наизменично смењивање слојева песка (као водоносне средине) и слојева глине. Последњи слој песка чини најиздашнију водоносну средину.

Резултати добијени хемијском анализом узорака показују да је вода бунара константно подложна антропогеном загађењу (Слика 2 и 3). Током теренског рада уочен је воћњак у близини бунара на којем се редовно користе ђубрива.

После периода падавина, концентрације нитрата и амонијачних јона у узоркованој води бунара се повећевају (Слика 4), што није случај када је у питању вода реке Дунав. Предпоставља се да падавине спирају ђубрива са оближњег воћњака и инфилтрирају се кроз лес до нивоа изданских вода што утиче на повећање концентрација нитрата и амонијачних јона воде бунара.



Слика 4. - однос количине падавина и концентрација нитрата (аутор према подацима са http://www.ogimet.com); К - концентрације нитрата (црвено), П - количине падавина (плаво)

Закључак

Анализирајући резултате хемијских анализа воде и каротажа бунара, може се закључити да су подземне воде захваћене бунаром и вода реке Дунав хидраулички повезане. На повећање концентрације нитрата и амонијачних јона у води бунара, не утиче вода реке Дунав, већ падавине које спирају ђубрива са оближњег воћњака а затим се кроз лес инфилтрирају до подземних вода.

Захвалност

Велику захвалност дугујем својим менторима Миленку Тријићу и професорки Оливери Јоси-

мовић за помоћ око анализе добијених података. Такође, захваљујем и професорки Др Снежани Николић Мандић за помоћ око анализе добијених резултата; Јовану Трбојевићу, професору хемије Земунске гимназије за помоћ при лабораторијском раду; Валеријану Матвејеву који ми је помогао око израде хемијске анализе; Дуњи Јурић, професору хемије Спортске гимназије за помоћ око теренског и кабинетског рада. Својој породици такође дугујем захвалност за помоћ око реализације истраживања уопште.

5. Литература

1. Димитријевић М. и др. (1985), Тумач за лист Београд К 34-113, Савезни геолошки завод, Београд
2. Цвијић Ј. (1996), Геоморфологија II, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд
3. Папић Ј. П. (1984), Практикум за израду хемијских и микробиолошких анализа вода, Истраживачка станица Петница, Београд

Aleksa Vizi

The origin of the nitrates and amminium ions in the water of the well in Zemun

Abstract

Finding changes of the concentrations of the nitrates and ammonium ions from the water of the private well and from the water of Danube and searching for origin of the nitrates and ammonium ions in the water of the well was the goal of this research. The research area is located in the Srem, 8 km western than Belgrade. In the north of the area is river Danube, on the east and south is river Sava and on the west of the area is Srem loess plateau. The water was sampled in period from December 2015. to august 2016. Ten samples were taken in total; one in two months, one sample was taken from the well and one sample was taken from Danube. The results of the chemical analysis showed that the water from the well is constantly susceptible by the anthropogenic pollution. The concentrations of the nitrates and ammonium ions have risen when it rained because the rain washed the fertilizers from the orchard into the ground and then into a well's water.

Key words: nitrates, ammonium ions, well, Danube, rain, fertilizers

Autor: **Ivona Biočanin** (1998), Kragujevac, Lepenički bulevar br. 9-2-3.
učenica 3. pazreda, Prva kragujevačka gimnazija, Kragujevc
Mentor: **Marko Avdić**, *student*, Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za hemiju

KVALITET VODE REKE LEPENICE DUŽ NJENOG TOKA KROZ GRAD KRAGUJEVAC

Apstrakt

Osnovnim hidrogeološkim i hidrohemijskim metodama ispitan je kvalitet vode reke Lepenice. Voda je uzorkovana pre i posle ulivanja pet njenih pritoka: Dračke i Grošničke reke, Ždraljice, Sušičkog potoka i Uglješnice. Ispitane vode su hidrokarbonatno-kalcijumske, povišene i srednje mineralizacije, prvog tipa, po klasif-kaciji Alekina. Prema klasifikaciji po Klutu, ispitane vode pripadaju dosta tvrdim vodama, osim na prvoj i poslednjoj stajnoj tački gde pripadaju tvrdim vodama. Voda vodotoka je vanklasnog stanja na svim stajnim tačkama, sa povišenim vrednostima amonijum, nitritnih i fosfatnih jona. Posle ulivanja Dračke reke zagađenje je najveće, jer osim navedenih jona, koncentracija mangana i hemijska potrošnja kiseonika prelaze granične vrednosti za IV kategoriju površinskih voda.

Ključne reči: Lepenica, kvalitet vode, organsko zagađenje, industrijsko zagađenje

Uvod

Istražno područje nalazi se u Centralnoj Srbiji, na oko 120 km južno od Beograda, na teritoriji grada Kragujevca (Slika 1).

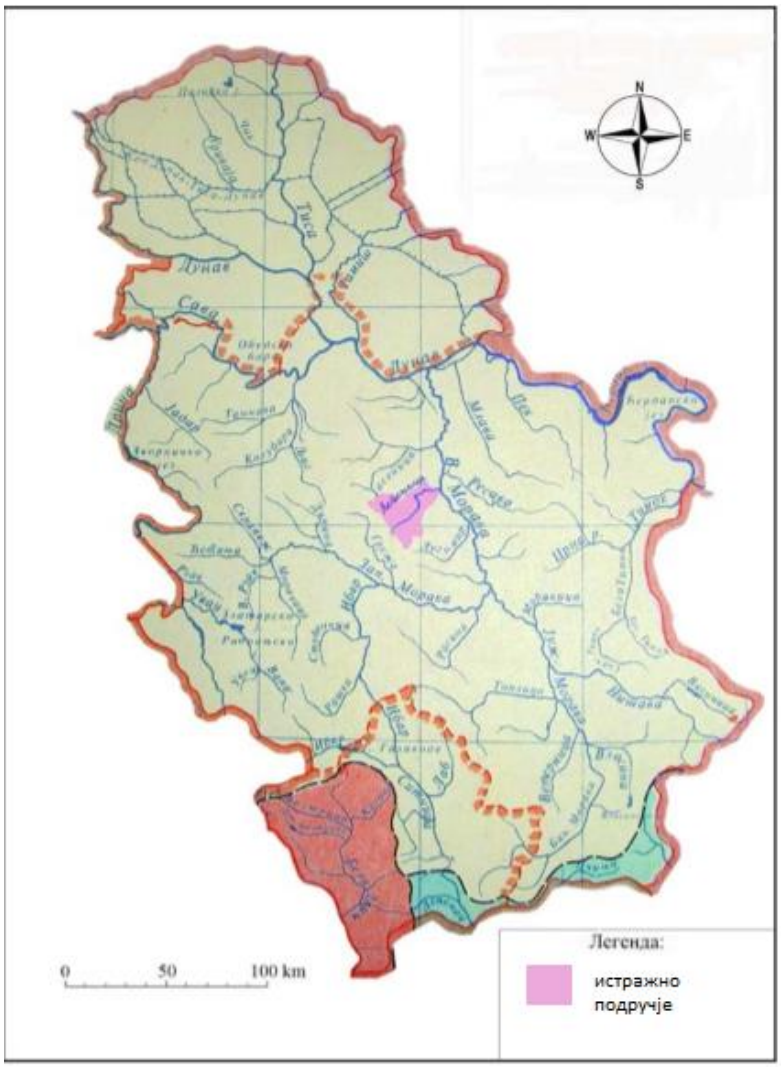
Lepenica je najveća i najznačajnija reka grada Kragujevca. Izvire na Gledićkim planinama kod brda Stolice i teče dužinom od 48 km, pravcem jugozapad-severoistok. Uliva se u Veliku Moravu. Prosečan godišnji proticaj Lepenice kod Batočine za period osmatranja 1975.-2006. iznosi 2.22 m^3/s, sa maksimalnom vrednošću u martu (3.61 m^3/s), a minimalnom u septembru (1.35 m^3/s). U Lepenicu se uliva 37 pritoka (21 levih i 16 desnih), od kojih je najduža Uglješnica (33 km). Od ostalih pritoka, poznatije su Dračka reka (13 km), Grošnička reka (18 km), Ždraljica (10 km) i Jabučka reka (9 km) (Milanović, 2007).

Prema merenjima 1964. godine, Lepenica je bila četvrta reka u Srbiji po zagađenosti (Stepanović, 1977). Poslednja istraživanja vršena su 2003. i 2004. godine za potrebe izrade Lokalnog ekološkog plana Kragujevca, na osnovu kojih je grupa autora uradila studiju *,,Procena stanja životne sredine u opštini Kragujevac"*. Najveća zagađenost vode Lepenice je tokom leta i početkom jeseni. Na zagađenost su najviše Uticale industrijske otpadne vode (posebno *,,Zastave automobila''*). Praćenje stanja kvaliteta površinskih voda u Republici Srbiji obuhvatalo je Lepenicu na lokalitetu Rogot do 2011. godine. U periodu od 2001. do 2011. godine, Lepenica je pripadala IV klasi po kvalitetu ili je bila vanklasni tok.

Metode

Istraživanje je izvedeno u mesecu avgustu 2016. godine primenom hidrogeoloških i hidroloških metoda. U okviru terenskog rada uzorkovana je voda sa 10 stajnih tačaka, pre i posle 5 pritoka Lepenice duž njenog toka kroz Kragujevac (Dračka i Grošnička reka, Ždraljica, Sušički potok i Uglješnica) (Slika 2). U

okviru laboratorijskog rada urađena je osnovna hemijska analiza vode. Koncentracija hloridnih i hidrokarbonatnih jona, jona kalcijuma i magnezijuma i utrošak kalijum-permanganata utvrđene su volumetrijski, koncetracije nitritnih, nitratnih, amonijum, fosfatnih i sulfatnih jona kolorimetrijski, a koncetracije gvožđa, mangana, olova, cinka, kadmijuma, bakra, kobalta i nikla metodom atomske apsorbcione spektofotometrije. Računski su određene koncentracije natrijuma i kalijuma.



Slika 1: Geografski položaj istražnog područja (Milanović, 2007)

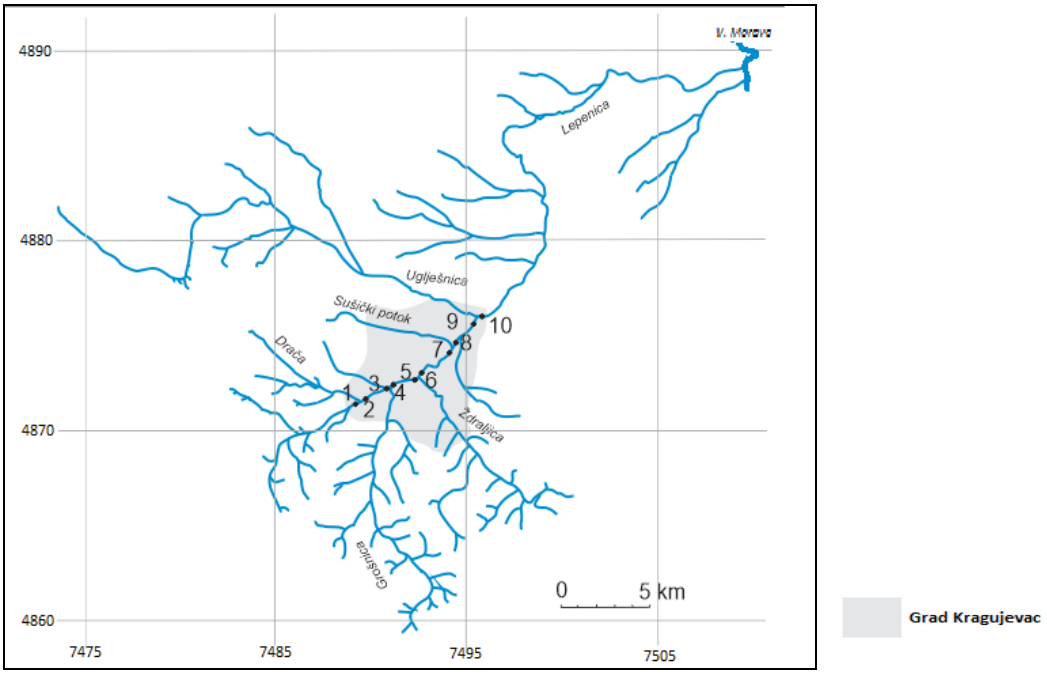
Rezultati

Ispitane vode su hidrokarbonatno-kalcijumske, povišene i srednje mineralizacije, prvog tipa, po klasifikaciji Alekina. Prema klasifikaciji po Klutu, ispitane vode pripadaju dosta tvrdim vodama, osim na prvoj i poslednjoj stajnoj tački gde pripadaju tvrdim vodama.

Prema količini amonijum, nitritnih i fosfatnih jona, voda Lepenice odgovarala je vanklasnom stanju u svim stajnim tačkama, što ukazuje na veliku izloženost organskom zagađenju. Koncentracija amonijum jona naglo raste u dve stajnoj tački (nakon ulivanja Dračke reke), a manji rast se uočava i između 4. i 5. stajne tačke (Grafik 2). Povećanje koncentracije nitritnih jona uočava se u 3. i nakon 6. stajne tačke (Grafik 3). Koncentracija nitrata u vodi stagnira ili neznatno raste između pritoka, ali opada sa ulivanjem svake od njih (Grafik 4). Kako se nakon prve pritoke povećava sadržaj amonijum, a smanjuje sadržaj nitritnih i nitratnih

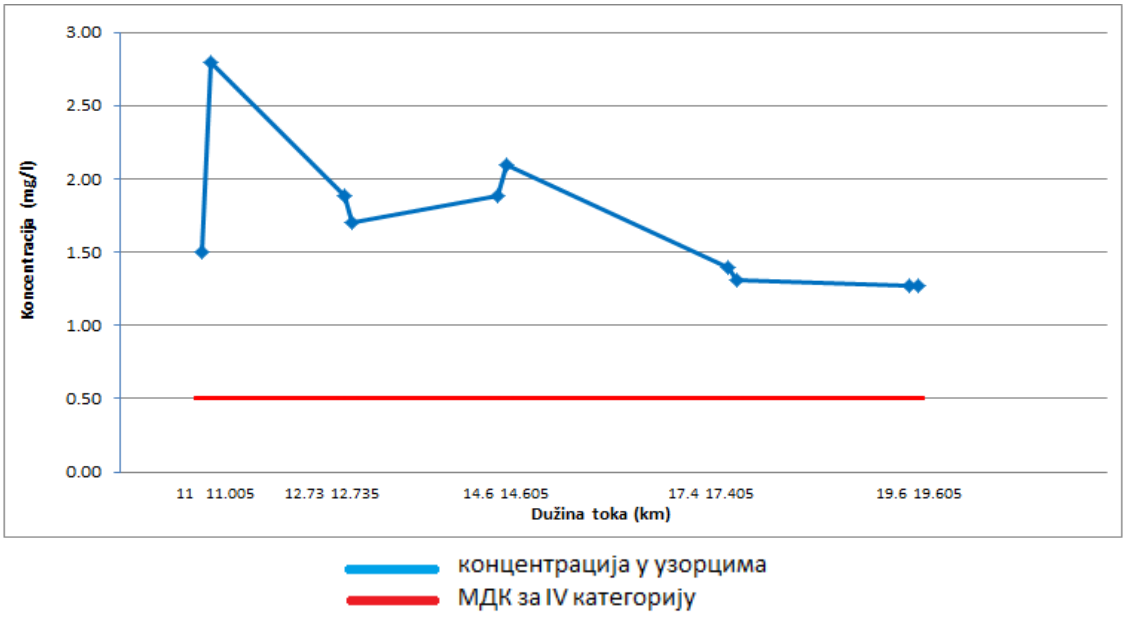
jona, možemo zaključiti da je ona izložena zagađenju neposredno pred ulivanje u Lepenicu (gradska kanalizacija). Na 2. stajnoj tački i hemijska potrošnja kiseonika prelazi graničnu vrednost za IV klasu voda (Grafik 5). Preostale 4 pritoke nisu u toj meri izložene organskom zagađenju.

Koncentracije olova su u svim uzorcima ispod granice detekcije metode, koncentracije Cu, Zn, Ni, Co i Cd zanemarljive, a koncentracije Fe u granicama za I klasu vodotokova. Jedini teški metal koji se u vodi Lepenice javlja u povišenim količinama je Mn (Grafik 6) čija se koncentracija duž toka menja slično kao i koncentracija amonijum jona: naglo raste u 2. i slabije između 4. i 5. stajne tačke.

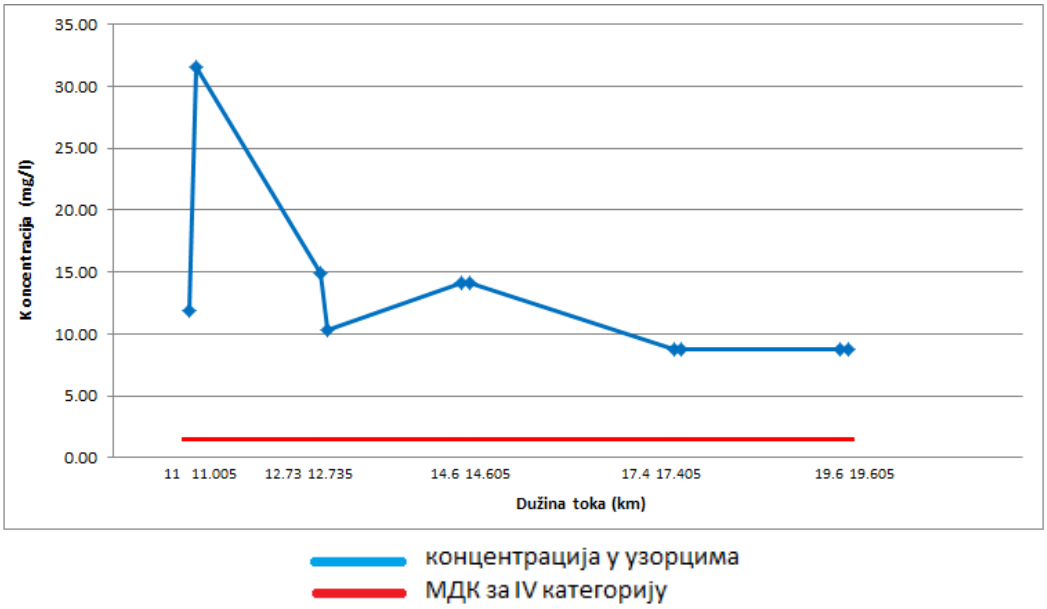


Slika 2: Položaj stajnih tačaka

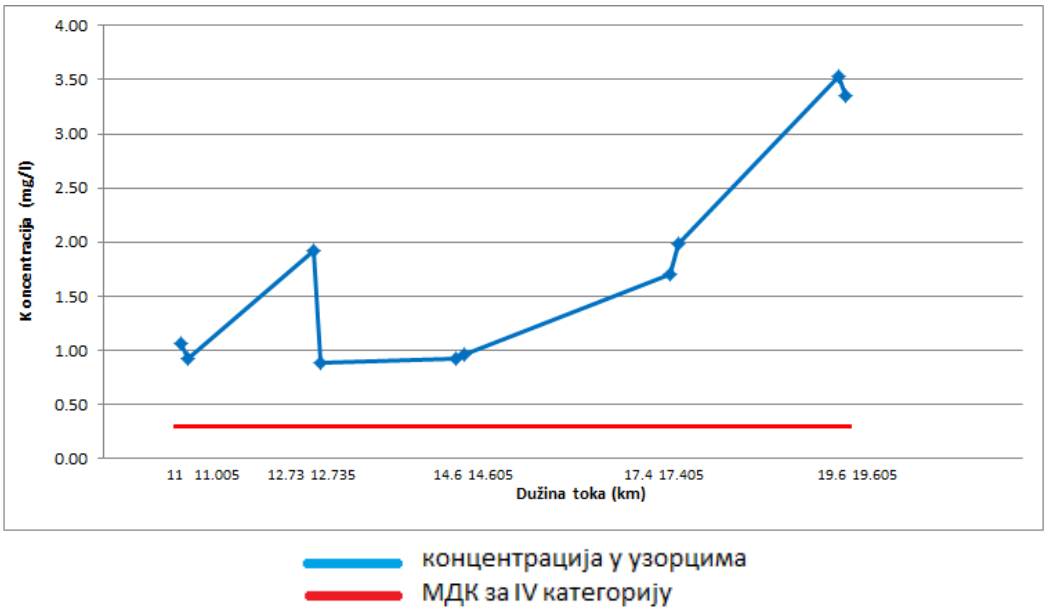
(autor, prema TK 480-4-4 Kragujevac (Kragujevac), 530-2-2 Kraljevo (Grošnica) i 531-1-1 Kruševac (Ratković) 1: 25 000)



Grafik 1: Koncentracija fosfatnih jona (mg/dm^3) (autor)



Grafik 2: Koncentracija amonijum jona (mg/dm^3) (autor)



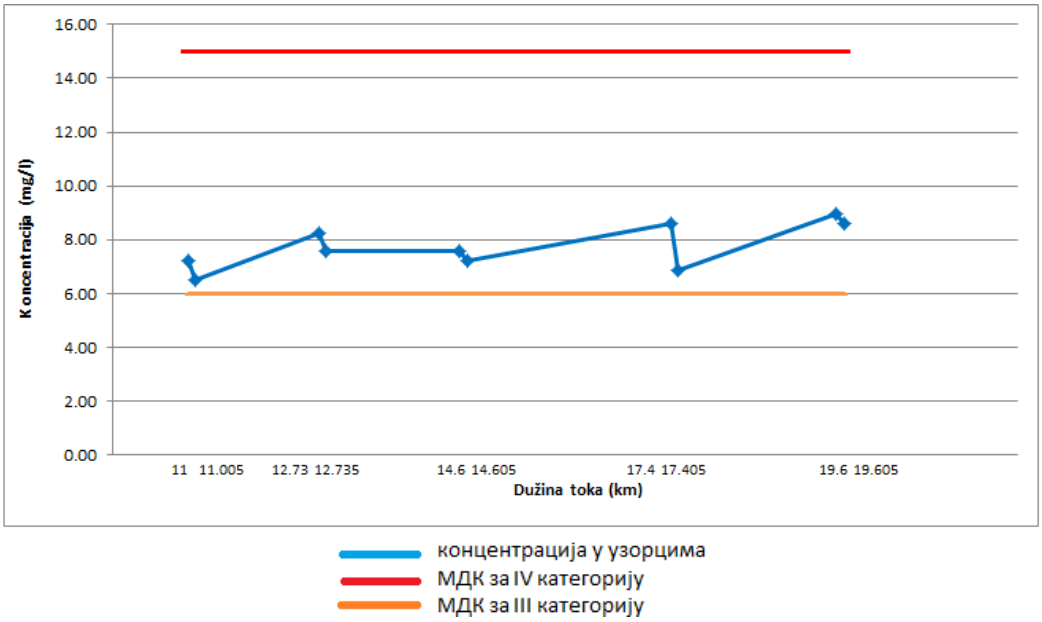
Grafik 3: Koncentracija nitritnih jona (mg/dm^3) (autor)

Prema ranijim istraživanjima (2001.-2011.) reka Lepenica je nizvodno od Kragujevca pripadala naizmenično IV klasi i vanklasnim vodotokovima. U ovom istraživanju, Lepenica već pri ulasku u grad pripada vanklasnim tokovima. Najzagađenija je nakon ulivanja Dračke reke, u koju se uliva gradska kanalizacija. Nakon ulivanja Grošničke reke opada koncentracija azotnih i fosfatnih jedinjenja i hemijske potrošnje kiseonika, što ukazuje na njen bolji kvalitet.

Zaključak

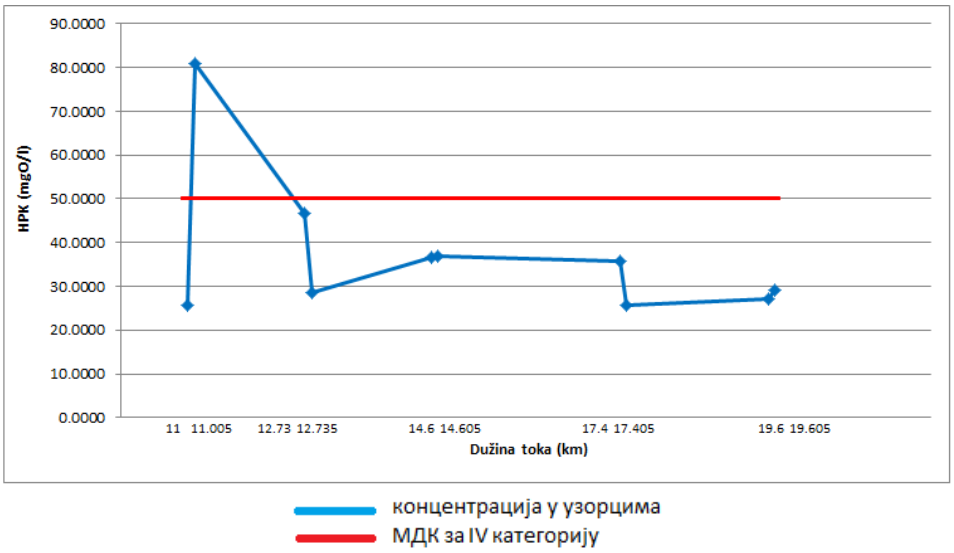
Ispitane vode su hidrokarbonatno-kalcijumske, povišene i srednje mineralizacije, prvog tipa, po klasifikaciji Alekina. Prema klasifikaciji po Klutu, ispitane vode pripadaju dosta tvrdim vodama, osim na prvoj i poslednjoj stajnoj tački gde pripadaju tvrdim vodama.

Voda vodotoka je vanklasnog stanja na svim stajnim tačkama, sa povišenim vrednostima amonijum, nitritnih i fosfatnih jona. Najzagađenija je na stajnoj tački broj 2, gde, pored navedenih, i koncentracija jona mangana i hemijska potrošnja kiseonika prelaze granične vrednosti za IV kategoriju površinskih voda.

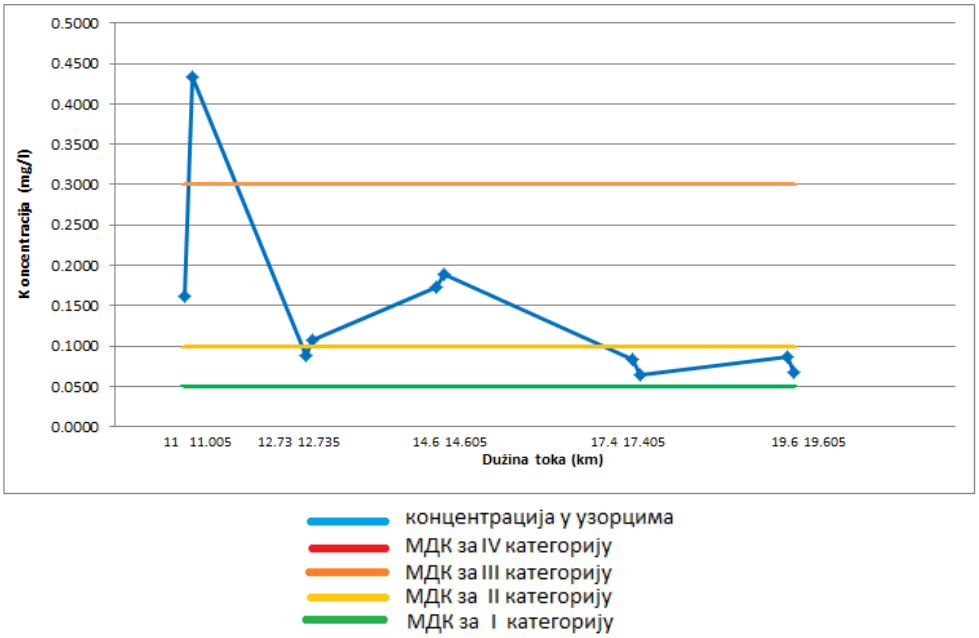


Grafik 4: Koncentracija nitratnih jona (mg/dm^3) (autor)

Na osnovu izvedenih istraživanja može se zaključiti da je Lepenica duž toka kroz Kragujevac izložena zagađenju čiji izvor ne mora biti isključivo industrija. Najveći zagađivači su komunalne otpadne vode i otpadne vode iz poljoprivrede. Lepenica već na ulazu u Kragujevac pripada vanklasnim tokovima, ali se njen kvalitet duž toka kroz Kragujevac ne poboljšava. Ako uporedimo vodu Lepenice na ulazu i izlazu iz grada, uočava se samo povećanje koncentracije nitritnih jona, dok su koncentracije ostalih jona relativno stabilne, neophodna sanacija izvora organskog zagađenja u samom gradu, kao i ispitivanje i sanacija zagađivača koji utiču na hemizam vode reke Lepenice pre njenog ulaza u grad Kragujevac.



Grafik 5: Hemijska potrošnja kiseonika (mgO_2/dm^3) (autor)



Grafik 6: Koncentracija mangana (mg/dm^3) (autor)

Zahvalnost

Zahvaljujem se Stevanu Golubovićuи Bojanu Biočaninu na pomoći pri terenskim istraživanjima, Dr Dejanu Grujiću, Milenku Trijiću, profesorki Dr Snežani Nikolić Mandić, Snežani Karanović, Jovanu Dmitroviću, Emilji Lalić i Aleksi Viziju na pruženoj pomoći pri laboratorijskim ispitivanjima i Snežani Savić i Marku Avdiću na pomoći pri obradi rezultata i pisanju istraživačkog rada.

Literatura

Milanović A. 2007. *Hidrogeografska studija reke Lepenice*. Geografski institut *,,Jovan Cvijić"* SANU, Beograd

Dimitrijević N. 1988. *Hidrohemija*. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Ivona Biocanin

Quality of Lepenica River during its Flow through City of Kragujevac

Abstrakt

Lepenica is the biggest and the most important river in city of Kragujevac. Quality of Lepenica was tested using basic hydrogeological and hydro chemical methods. Samples of water were taken before and after five of Lepenica's confluents: Draca, Grosnica, Zdraljica, Susica and Ugljesnica river. The results of research show that tested waters are of hydro-carbonaceous class, calcium group and first type and higher or medium mineralization, according to Alekin. Concentrations of ammonium, nitrite, phosphate ions in Lepenica are higher than border concentration of these ions for IV class of water. Lepenica is most polluted after the inflow of Draca river, where the concentrations of manganese ions and organic substances are also higher than bordee concentrations for IV class.

Key words: Lepenica, water quality, organic pollution, industrial pollution

Autori: **Snežana Karanović** (1998), Beograd, Glasinačka br. 11.
učenica 3. razreda, Farmaceutsko-fizioterapeutska škola, Beograd
Sonja Babac (1999), Beograd, 27. marta br. 25a.
učenica 2. razreda, Treća beogradska gimnazija, Beograd
Mentori: **Marko Avdić**, *student*, Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za hemiju
Dr Milan Radovanović, *dipl. istoričar*, Beograd

ISPITIVANJE UTICAJA pH VREDNOSTI NA ADSORPCIJU TEŠKIH METALA GLINOM

Apstrakt

Cilj ovog istraživanja bio je određivanje optimalnih uslova za adsorpciju olovo(II) i bakar(II)-jona iz vodenih ratvora smektitnom glinom sa lokaliteta u blizini Bogovine. Efikasnost adsorpcije ispitivana je u zavisnosti od pH vrednosti i koncentracije ispitivanih teških metala. Neadsorbovane koncentracije ispitivanih jona određene su metodom atomske adsorpcione spektrofotometrije. Uzorkovana glina se pokazala kao efikasan adsorbent, pogotovo u slučaju rastvora manjih koncentacija čija je pH vrednost bliže neutralnom. Ispitivani adsorbent je pogodniji za primenu pri uklanjanju olovo(II)-jona u odnosu na bakar(II)-jone.

Ključne reči: smektit, pH vrednost, koncentracija metala, olovo(II) i bakar(II)-joni

Uvod

Specifična *struktura glina* ukazuje na mogućnost njihove primene u procesu adsorpcije teških metala iz otpadnih voda (Bedford 2013), a njihova efikasnost se može povećati optimizacijom uslova adsorpcije. Dosadašnja istraživanja na smektitnim glinama pokazala su da stepen adsorpcije teških metala zavisi od vremena kontakta adsorbenta i rastvora, pH vrednosti medijuma, koncentracije teških metala, količine adsorbenta i njegove granulacije, temperature pri kojoj se proces odigrava. Najizraženiji uticaj na promenu stepena adsorpcije imaju *pH vrednost* i *koncentracije* teških metala u rastvoru (Abollinoa 2003, Kumrić 2013).

U ovom istraživanju ispitano je u kojoj meri pH vrednost rastvora i inicijalna koncentracija teških metala utiču na efikasnost procesa uklanjanja olovo(II) i bakar(II)-jona. U ogledu je korišćena glina uzorkovana na području Bogovine.

Metode

Reprezentativni uzorci gline dobijeni su metodom četvrtanja, nakon čega su sušeni na 110°C u trajanju od 24h, a zatim sprašeni u avanu (Kumrić K. 2013). Mineralni sastav gline određen je difraktometrom za prah PHILIPS PW 1710. Dobijeni difraktogrami pokazali su da uzorkovana glina spada u grupu smektitnih.

Tokom ekperimenta korišćeni su rastvori jona olova i bakra koncentracija 20 mg/dm^3, 25 mg/dm^3, 30 mg/dm^3, 35 mg/dm^3 i 40 mg/dm^3 dobijeni razblaživanjem osnovnih standarda koncentracije 1000 mg/dm^3.

Uticaj pH vrednosti na proces adsorpcije ispitana je korišćenjem 20 cm^3 rastvora jona olova i bakra početne koncentracije 20 mg/dm^3. Vrednosti pH podešena je pomoću rastvora NaOH i HNO_3 koncentracije 0.1 mol/dm^3 i izmerene pomoću pH-metra, a potom je dodato 0.05 g gline. Adsorpcija je ispitana pri vrednostima pH od: 2.03, 3.01, 4.02, 5.03 i 6.00. Vrednosti pH više od 6 nisu uzete u obzir zbog stvaranja taloga

oksida i hidroksida metala. Rastvori su mešani na magnetnoj mešalici 10 minuta, a zatim ceđeni kroz filter papir poroznosti 125 μm. Koncentracija olovo(II) i bakar(II)-jona u filtratu nakon procesa uklanjanja glinom određena je metodom plamene *atomske adsorpcione spektrofotometrije*.

Sa ciljem utvrđivanja uticaja promene koncentracije teških metala na proces uklanjanja istih iz rastvora, korišćeni su rastvori olovo(II) i bakar(II)-jona sledećih koncentracija: 20 mg/dm^3, 25 mg/dm^3, 30 mg/dm^3, 35 mg/dm^3 i 40 mg/dm^3. Vrednost pH ovih rastvora zapremine 20 cm^3 podešena je na optimalnu vrednost dobijenu iz prve faze eksperimenta. Pripremljenim rastvorima dodato je 0,05 g gline. Dalje su rastvori tretirani na isti način kao u prvoj fazi ekperimenta.

Testiranje kompeticije olovo(II) i bakar(II)-jona izvršeno tako što je po 20 cm^3 rastvora oba jona u koncentraciji od 20 mg/dm^3 pomešano, pH vrednost je podešena na optimalnu vrednost i dodato je 0.1 g gline. Rastvori su dalje tretirani kao i u prethodnim delovima eksperimenta (Kumrić 2013).

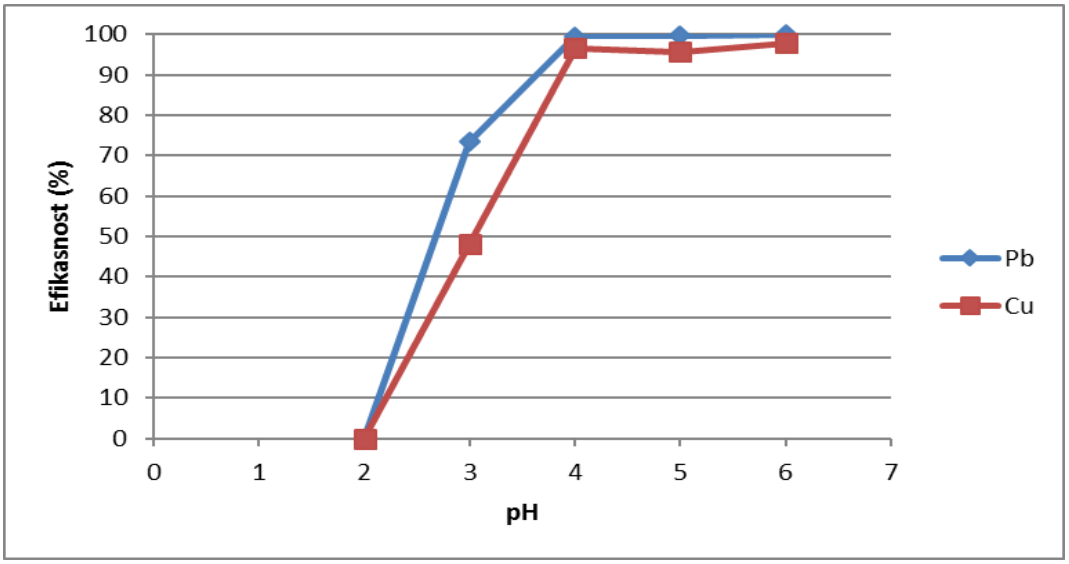
Efikasnost adsorpcije izračunata je pomoću sledeće formule (Kumrić 2013):

$$E = \frac{(Ci - Cf) * 100\%}{Ci}$$

Gde je *E* - efikasnosti adsorpcije, procenat jona teškog metala koji je otklonjen iz rastvora, *Ci* - inicijalna koncentracija jona teškog metala u radnom rastvoru (mg/dm^3), *Cf* - koncentracija jona teškog metala u rastvoru nakon procesa uklanjanja glinom (mg/dm^3).

Rezultati i diskusija

Istraživanje je pokazalo da je količina adsorbovanih jona konstantno zavisna od promene pH vrednosti rastvora. Ranija istraživanja (Abollinoa 2003, Kumrić 2013) pokaza-la su da su za adsorpciju na glinama odgovorni aktivni centri koji predstavljaju Si - O$^-$ i Al - O$^-$ grupe.



Slika 1. Uticaj pH vrednosti na procenat otklonjenog metala iz rastvora (autori)

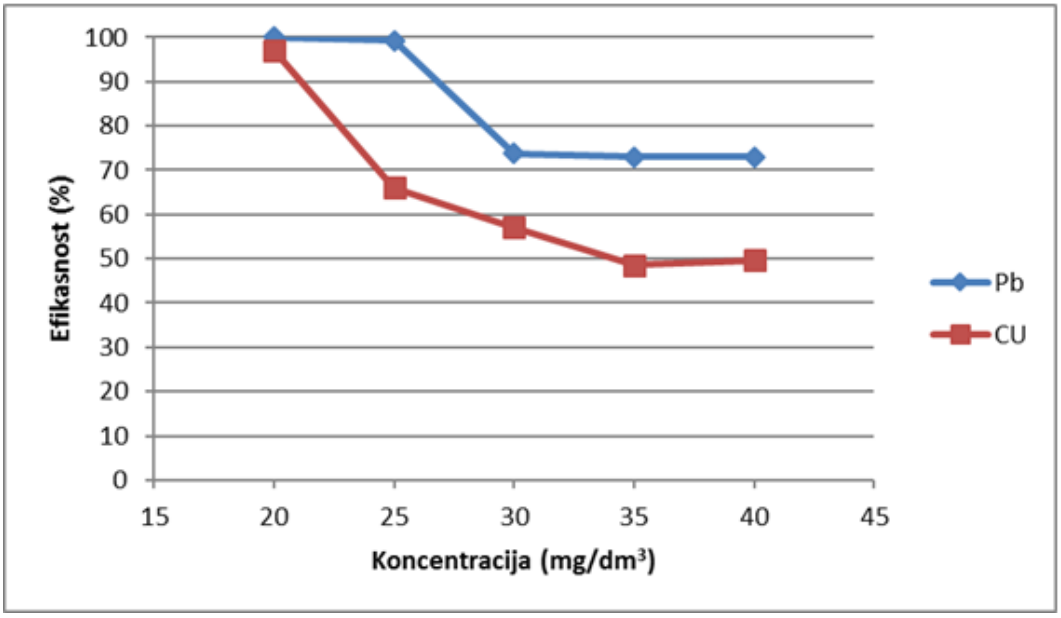
Usled činjenice da H^+ poseduju mali jonski radijus, a izuzetno visoku gustinu naelektrisanja, spomenuti aktivni centri ih intenzivnije privlače od drugih katjona. Ovo delimično dovodi do njihvog zasićenja, ali i do odbijanja istoimeno naelektrisanih jona. Kao posledica ovoga, aktivni centri su manje pristupačni za vezivanje olovo(II) i bakar(II)-jona. Suprotno ovom, pri neutralnijim pH vrednostima aktivni centri postaju pristupačniji zahvaljujući manjoj koncentraciji H^+ i intezivnije privlače ostale katjone (Kumrić 2013) (Slika 1).

Promena pH vrednosti je uticala na adsorpciju oba jona. Veći uticaj uočen je kod bakar(II)-jona usled specifične *strukture jona u rastvoru*. Bakar(II)-jon je u vodenom rastvo-ru hidratisan sa 5 ili 6 molekula vode. Pri koordinaciji 5 molekula vode, bakar sa vodom zauzima geometriju četvorostrane piramide. Pri koordinaciji 6 molekula vode, očekivalo bi se da jon bakra sa vodom gradi oktaedarsku strukturu, međutim, usled Jahn-Teller-ovog efekta, dolazi do odstupanja od pravilne oktaedarske strukture. Ovakav oblik ometa ravnomernu raspodelu gustine naelektrisanja po površini jona, što za posledicu ima otežanu adsorpciju ovog jona i dosta veću favorizaciju H^+ jona, ali i Pb(II)-jona (Abollinoa 2003) (Slika 1).

Na osnovu dobijenih rezultata zaključeno je da su prisutna 2 mehanizma adsorpcije: pH - zavistan i pH - nezavistan.

Mehanizam nezavistan od pH vrednosti zasniva se na elektrostatičkoj interakciji jona metala i jona rešetke glinenog minerala usled čega dolazi do razmene katjona u međuslojevima gline. Ovaj mehanizam na pH vrednostima manjima od 4 više ne može da inhibira izmenu H^+ jona i da se odupre promeni pH, usled čega dolazi do intezivnog trenda opadanja efikasnosti adsorpcije.

U intervalu vredost pH 2-4 dominatan je mehanizam adsorpcije zavisne od pH vrednosti. Ovaj mehanizam rezultat je adsorbovanja katjona na permanentno negativno naelektrisane aktivne centre. Pojava aktivnih centara posledica su razmene OH^- jona iz oktaedarskih slojeva gline viševaletnim anjonima kao što su sulfati i fosfati ili usled degradacije rešetke glinenog minerala (Kraepiel 1999) (Slika 1).



Slika 2. Uticaj promene koncentracije metala na procenat otklonjenog metala (autori)

Uočeno je da se tokom procesa adsorpcije menja podešena pH vrednost ispiti-vanog rastvora. Tokom izloženosti ispitivanih rastvora smektitnoj glini dolazi do rastvaranja *kalcita*. Kao posledica ovog procesa dolazi do smanjenja koncentracije H^+ jona, odnosno dolazi do povećanja pH vrednosti u ispitivanim

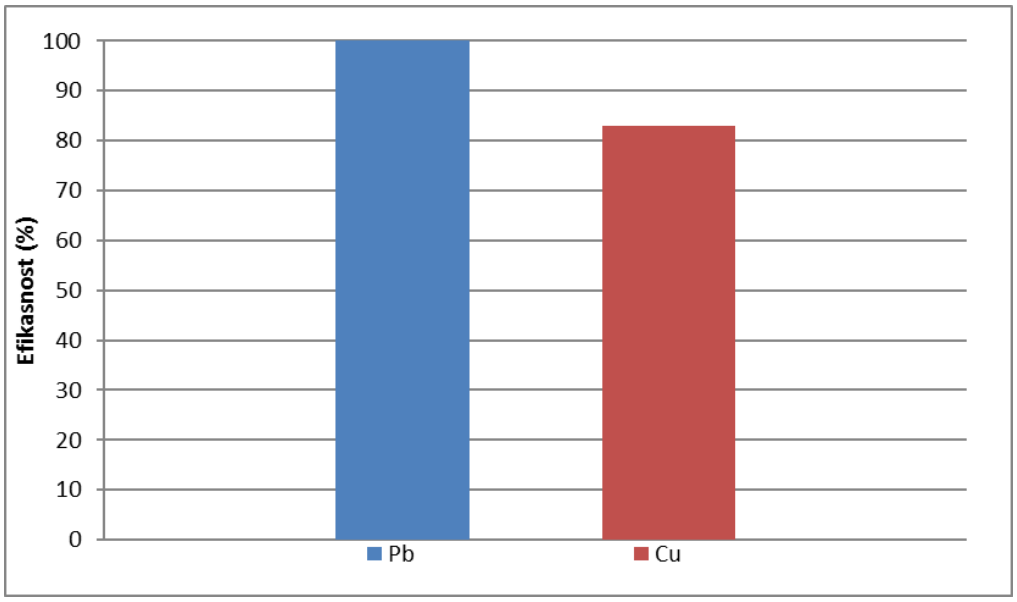
rastvorima. Joni kalcijuma, koji ostaju u ras-tvoru nakon rastvaranja kalcita, takođe teže da se adsorbuju, što dodatno ometa proces adsorpcije bakar(II) i olovo(II)-jona (Kumrić 2013) (Tabela 1).

Podešena pH vrednost	Vrednost pH u rastvoru olovo(II)-jona nakon adsorpcije	Vrednost pH u rastvoru bakar(II)-jona nakon adsorpcije
2,03	2,10	2,08
3,01	3,34	3,21
4,02	7,00	6,36
5,03	8,07	6,45
6,00	8,27	6,96

Tabela 1. Promena pH vrendosti nakon otklanjanja metala iz rastvora glinom (autori)

Efikasnost otklanjanja metalnih jona se smanjuje sa povećanjem koncentracije metala. Ovo se može objasniti pojavom zasićenja aktivnih centara na glinama koje nastupa kada se dosegne maksimalni kapacitet gline (Slika 2).

Pri koncentracijama većim od 25 mg/dm^3 u slučaju oba metala, primetna je manja efikasnost adsorbovanja. Ova pojava je posledica zasićenja *„jakih" mesta* na površini glinene rešetke koji su odgovorni za adsorpciju pri manjim koncentracijama. Nakon ovoga aktiviraju se *„slaba" mesta* prisutna u međuslojevima rešetke, što za posledicu ima smanjenje stepena adsorpcije (Kraepiel 1999) (Slika 2).



Slika 3. Procenat otklonjenog metala iz smeše (autori)

Iz rastvora koji sadrži i olovo(II) i bakar(II)-jone u većem stepenu otklanja *olovo(II)-jon*. Kako je jonski radijus Pb(II)-jona veći od jonskog radijusa Cu(II)-jona, a njihove valentnosti su jednake, gustina naelektrisanja kod Pb(II)-jona je manja. Stoga joni olova privlače manji broj dipola vode na svoju površinu i obrazuju manji *hidratacioni radijus* od hidratacionog radijusa Cu(II)-jona, a sa smanjenjem hidratacionog omotača povećava se sposobnost gline da adsorbuje te jone (Jakovljević i Pantović 1991) (Slika 3).

Zaključak

Rezultati istraživanja adsorpcije olovo(II) i bakar(II)-jona na smektitnoj glini iz Bogovine su pokazali da se najveća efikasnost adsorpcije dostiže pri intervalu **pH vrednosti 4 - 6**, usled manje protonizacije i veće pristupačnosti aktivnih centara jonima metala. Pri povećanju koncentracije metala dolazi do smanjenja efikasnosti adsorpcije. Iz smeše bolje je uklonjen **olovo(II)-jon** usled razlike u veličini hidratacionih omotača.

Kako je u ovom radu adsorpcija glinama testirana na model-sistemu, buduća istraživanja treba posvetiti primeni glina na vodama koje poseduju povišene koncentracije teških metala. Da bi se tačno utvrdio odnos između procesa adsorpcije i desorpcije jona iz glina, neophodno je tokom ogleda pratiti i koncentracije Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, ali i ostalih metala prisutnih u uzorkovanoj vodi.

Zahvalnost

Iskreno se zahvaljujemo našim mentorima Marku Avdiću, na nesebičnoj pomoći, sugestijama, strpljenju i podršci tokom celokupnog istraživanja, i Dr Milanu Radovanoviću, na konstruktivnim kritikama tokom izrade rada. Želimo da se zahvalimo i Ljubici Perić i Nini Jevtić, rukovodiocima Programa hemije, na pomoći pri radu sa atomskim adsorpcionim spektrofotometrom, kao i saradnicima na programu geonauka, pre svega Milenku Trijiću, Dr Dejanu Grujiću i Snežani Savić, na pomoći u laboratorijskom radu.

Literatura

1. Abollinoa O., Acetob M., Malandrinoa M., Sarzaninia C., Mentast E. 2003. Adsorption of heavy metals on Na-montmorillonite and effect of pH and organic substances.*Water Research* (2003) **37**, 1619–1627
2. Bedford B. 2013. Clays in the removal of heavy metals. London: University College London
3. Kumrić K. R., Đukić A. B., Trtić-Petrović T. M., Vukelić N. S., Stojanović Z., Grbović Novaković J. D., Matović Lj.2013. Simultaneous Removal of Divalent Heavy Metals from Aqueous Solutions Using Raw and Mechanochemically Treated Interstratified Montmorillonite/Kaolinite Clay. Industrial and Engineering Chemistry Research, 52 (23): 7930.
4. Kraepiel A., Keller K., Morel F. 1999.A Model for Metal Adsorption on Montmorillonite. Journal of Colloid and Interface Science 210, 43–54
5. Jakovljević M., Pantović M. 1991. Hemija zemljišta i voda Naučna knjiga Beograd

Snezana Karanovic
Sonja Babac

Study of the effect of pH on adsorption of heavy metals on clay

Abstract

The aim of this study was to determine the optimal conditions for the absorption of lead(II) and copper(II)-ions from solutions by smectite clay from the site near the Bogovina. The efficiency of absorption was tested with different pH values and the concentrations of the examined heavy metals. Concentrations of test ions which were not absorbed were determined by atomic absorption spectrophotometry. It was shown that sampled clay is efficiant adsorbent, especially in the case of pH-neutral solutions with smaller concentrations of metal ions. The tested adsorbent is more suitable for use in the removal of lead(II)-ions, compared to the copper(II)-ions.

Keywords: smectite, pH, metal concentration, lead (II) and copper (II) ions

Аутор: **Ђорђе Огризовић** (1998), Београд, Ресавска бр. 65/4.
ученик 3. Разреда, Трећа београдска гимназија, Београд
Ментори: MSc **Јована Радосављевић**, *мастер инж. хидрогеологије*
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију
Др **Милан Радовановић**, *дипл. историчар*, Београд

РАЊИВОСТ ПОДЗЕМНИХ ВОДА У СЛИВУ РЕКЕ БАЊЕ

Апстракт

Загађење подземних вода је део сложеног проблема очувања и заштите животне средине. Циљ овог истраживања јесте израда карте рањивости истраживаног подручја применом COP методе. Истражно подручје се налази у сливу реке Бање, у западној Србији. Истраживање је изведено током јула и августа месеца у Београду и Истраживачкој станици Петница. COP метода се стандардно користи за одређивање рањивости подземних вода у карстним изданима. У оквирима методе релевантни су следећи параметри: C - концентрација тока; O - повлатни слојеви; P - падавине. Финална COP карта показује да је у већем делу истражног подручја рањивост подземних вода ниска, док је у јужном и југоисточном делу истражног подручја рањивост висока, односно веома висока. Испитана је концентрација одређених хемијских и микробилошких параметара воде узорко-ване из зона различите рањивости. Рањивост подземних вода у околини Петнице у највећој мери зависи од развијености површинских облика карстног процеса и дебљине, односно порозности повлатних слојева. У истраживаном подручју би требало превасходно контролисати антропогени утицај како би се спречило евентуално загађивање подземне воде.

Кључне речи: рањивост подземних вода, река Бања, зоне угрожености, хемијска и микробиолошка анализа воде, COP метода.

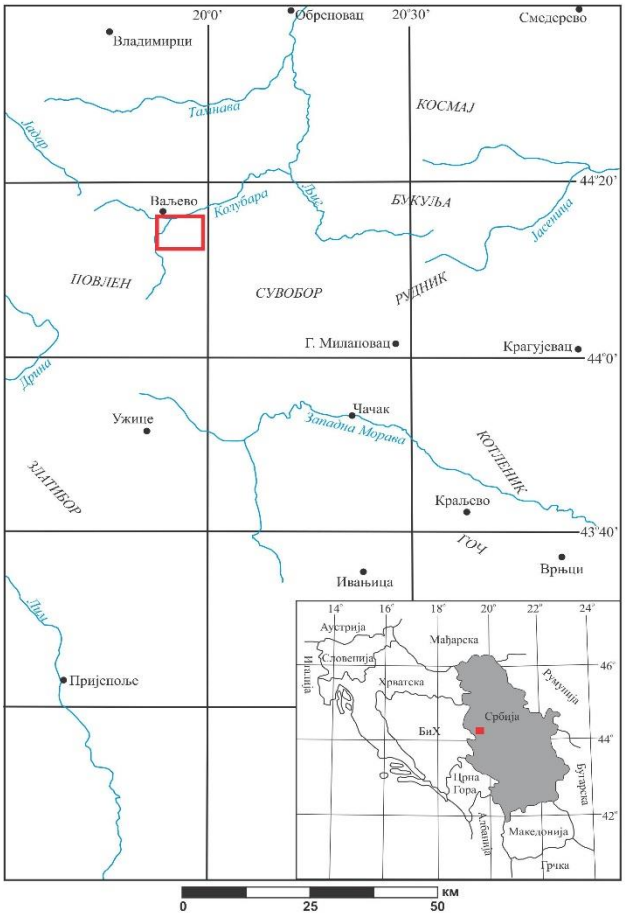
УВОД

Загађење подземних вода саставни је део опсежнијег проблема очувања и заштите животне средине. Заштита подземних вода додатно добија на значају када се зна да су у укупном водоснабдевању индустрије и становништва заступљене са више од 80% (Крешић 2006). Почетну фазу у планском решавању проблема загађености подземних вода представља процена угрожености и израда карте рањивости.

Овај је рад посвећен процени рањивости подземних вода у околини Петнице. Слично истраживање на овом подручју до сада није рађено.

Истражно подручје се налази у сливу реке Бање, у западној Србији. Удаљено је приближно 100 km од Београда и 7 km од Ваљева (Слика 1). Посматрано подручје смештено је у атарима села Петница, Клинци и Бујачић. Терен је нагнут ка северу, већим делом је брдски, а у долинама река равничарски. Просечна надморска висина износи 200 m (Ђукановић 2000).

Истражно подручје припада појасу умерено-континенталне климе (Ђукановић 2000). Подаци су преузети од Републичког хидрометеоролошког завода Србије, са климатске станице Ваљево, за



Слика 1. Географски положај шире околине истражног подручја
(Тумач за лист Ваљево Л34-136 ОГК СФРЈ)

десетогодишњи период од 2006. до 2015. године.

Укупна просечна годишња количина падавина у истражном подручју износи 829.2 mm. Месец са највећом просечном количином падавина је месец мај (122.6 mm), а најмањом месец јануар (47.8 mm) (График 1).

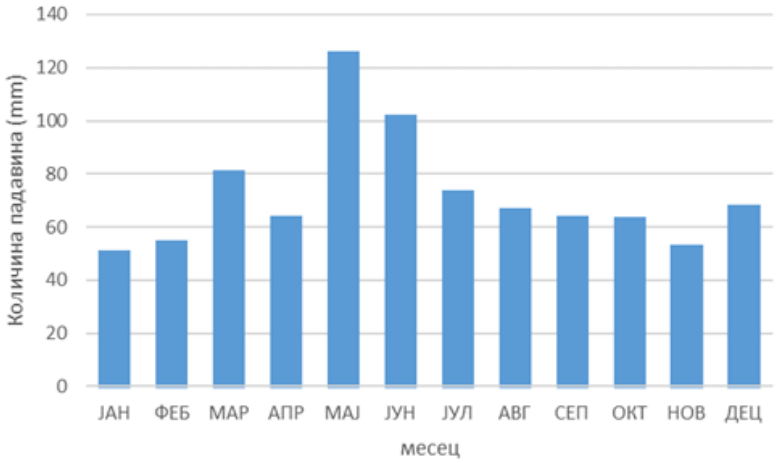


График 1. Графички приказ просечних месечних вредности укупне количине падавина за период 2006.-2015.
(Метеоролошки годишњаци за период од 2006. до 2015. године)

Истраживано подручје се налази на контакту тријаских и неогених седимената. Тријаски седименти представљени су масивним и карстификованим кречњацима дебљине 220 m. Преко њих трансгресивно леже седименти миоцена који су представљени глинама, лапорцима и конгломератима укупне дебљине 30 m. Најмлађи седименти су квартарне старости, дебљине до 50 m, а представљени су песковима, шљунковима и глинама (Симић et al 2001).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Истраживање је изведено током јула и августа месеца у Београду и Истраживачкој станици Петници. Примењене су хидрогеолошке и хидрохемијске методе.

Теренским радом је обухваћено узорковање воде. Вода је узоркована једнократно, у августу месецу и обухватала је 9 стајних тачака. Водни објекти са стајних тачака 1, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 били су копани бунари, док су водни објекти са стајних тачака 2 и 3 извори. Вода је узоркована у засеоку Рогљевићи (стајна тачка 1), селу Петници (стајне тачке 2, 3, 4, 5, 6 и 9) и селу Клинци (с.тачке 7 и 8).

Том приликом су одређена основна физичка својства вода. Органолептичком методом су одређени боја, мутноћа и мирис, pH-метром је измерена pH вредност, а кондуктометром је одређена електропроводљивост.

Лабораторијски рад је обухватао израду одређених хемијских параметара, као и микробиолошку анализу воде. Волуметријском методом је одређен утрошак калијум-перманганата. Колориметријском методом је одређена концентрација амонијум, нитритних, нитратних, фосфатних и сулфатних јона. Апсорбанца је очитана на фотоелектричном колориметру (Искра, Крањ), а концентрација је очитана са калибрационе криве. Методом агарне плоче одређен је број колиформних бактерија као и укупан број аеробних мезофилних бактерија.

Одређивање рањивости подземних вода је изведено применом COP методе (Европски приступ за карстне издани). Ова се метода стандардно користи за одређивање рањивости подземних вода у карстним изданима. У оквирима методе релевантни су следећи параметри: C - концентрација тока; O - повлатни слојеви; P - падавине.

Фактор C

Фактор C представља степен повезаности карстних канала са подземним водама. Вредност фактора C обрнуто је пропорционална могућности заштите подземних вода посматраног подручја. Фактор C се заснива на параметрима карактеристика површине (подфактор s_f - геоморфолошке карстне одлике и присуство или одсуство заштитног слоја) и комбинованих ефеката нагиба и вегетације (подфактор s_v). Просторна расподела добијених коначних износа C фактора (производ два подфактора) приказује се на карти фактора C.

Фактор O

O фактор узима у обзир заштитну функцију надизданске зоне и карактеристике слојева земљишта. Састоји се од два подфактора. За одређивање подфактора тла (O_s) користе се параметри текстуре (дебљине слојева земљишта различите гранулације). За рачунање литолошког подфактора (O_l) се користе параметри литолошког састава и израследаности, дебљина сваког појединачног слоја и хидраулички услови. Оба подфактора се рачунају одвојено и онда се сабирају да би се добио O

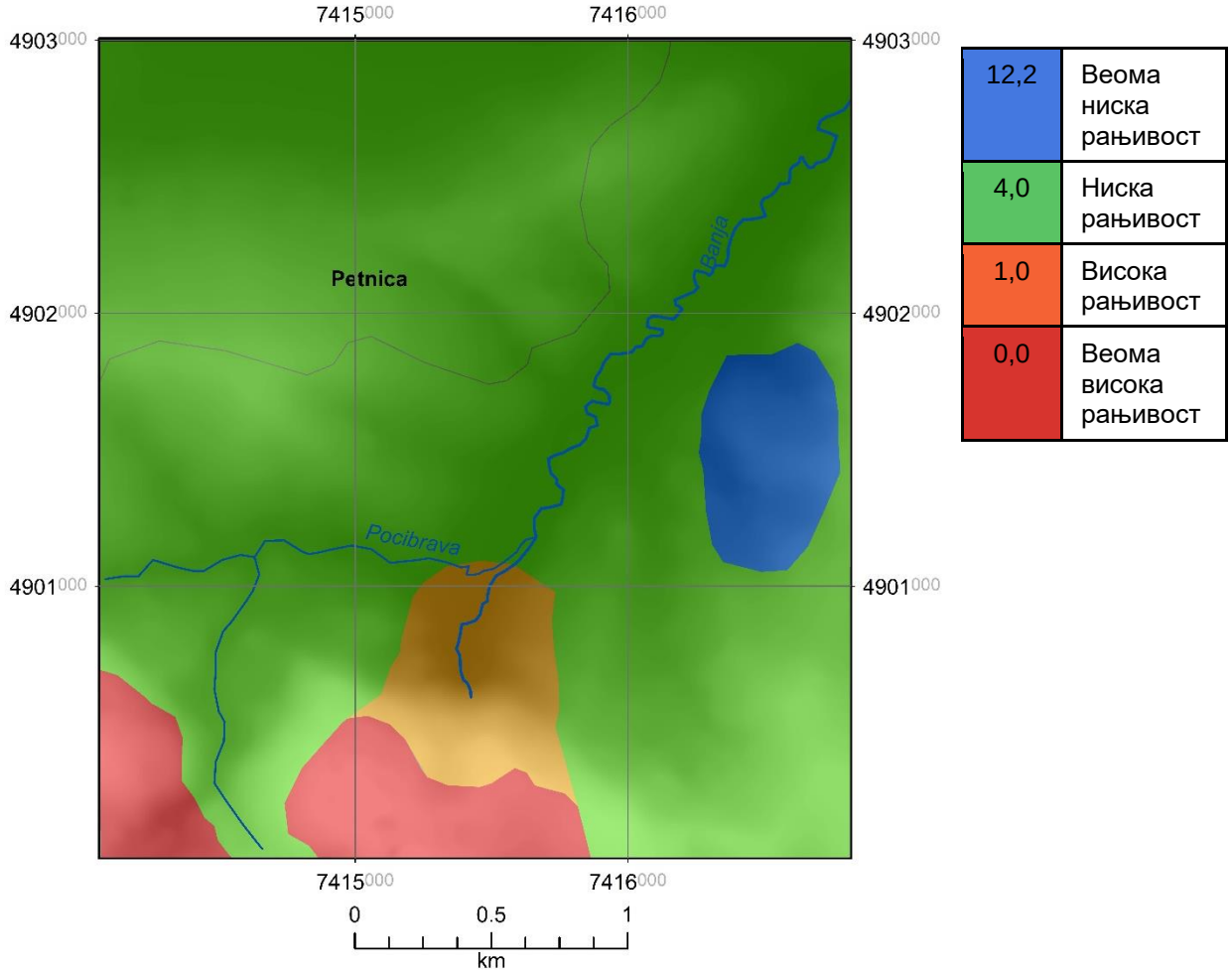
фактор, који се приказује на карти индекса О.

Фактор Р

Фактор Р представља укупну количину, учесталост и трајање падавина, односно количину и ниво инфилтрације (Крешић 2006).

СОР индекс представља производ вредности фактора С, О и Р. Добијени резултат указује на рањивост подземних вода одређеног подручја, која може бити ***веома велика*** [0-0.5], ***велика*** (0.5-1], *осредња* (1-2], *мала* (2-4] и ***веома мала*** (4-15].

На основу добијених података израђена је СОР карта и одређене су зоне угрожености подземних вода у истраживаном подручју (Слика 2). Величина истражног подручја условила је да у истраживању буду разматрани подаци само једне климатске станице. Услед тога се утицај падавина може сматрати константним на целокупној површини истражног подручја.



Слика 2. Финална СОР карта рањивости подземних вода Р: 1:16000
(ТК 478_2_4 Ваљево (Ваљево) и 478_4_2 Ваљево (Бачевци) 1:25000))

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Финална СОР карта показује да је у већем делу истраживаног подручја рањи-вост подземних вода ниска. Северни и централни део терена одликују слабо разви-јени површински карстни облици, педолошки слој дебљине веће од 50 центиметара и бујна вегетација. Све заједно онемогућава дирек-

тну инфилтрацију загађујућих материја у изданску зону. У источном делу истражног подручја, где су испуцале карбонатне стене прекривеле слојем глиновитог земљишта дебљине веће од 50 центиметара, рањивост подземних вода је веома ниска.

У јужном и југоисточном делу истражног подручја рањивост је висока, односно веома висока. Повезаност површинских карстних облика са изданском водом у овом делу терена омогућава директну инфилтрацију загађујућих материја у подземне воде. Карстификоване стене су огољене или прекривене педолошким слојем недовољне дебљине који би могао одиграти одговарајућу улогу у заштити подземних вода. Високој рањивости доприноси и значајно већа порозност стена.

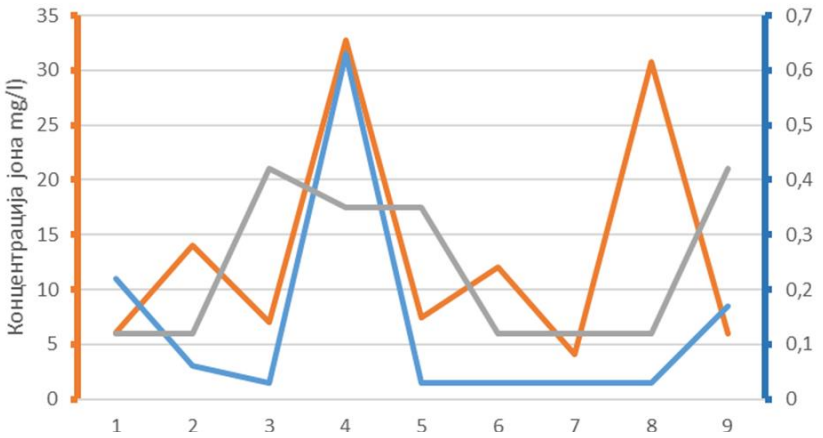


График 1. Графички приказ концентрације нитритног, нитратног и амонијум јона

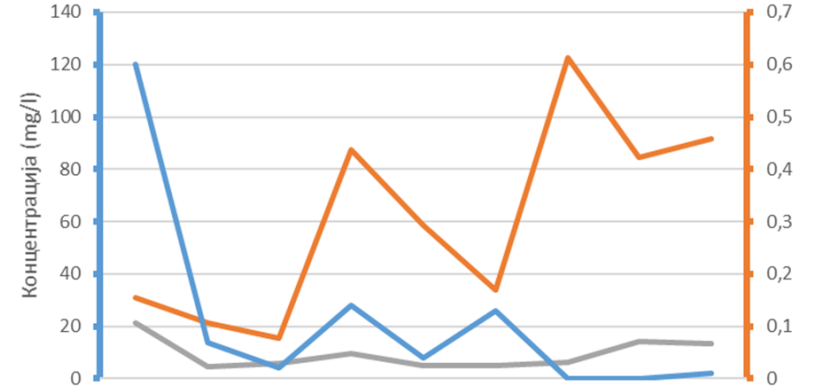


График 2. Графички приказ концентрације органских супстанци, фосфатног и сулфатног јона

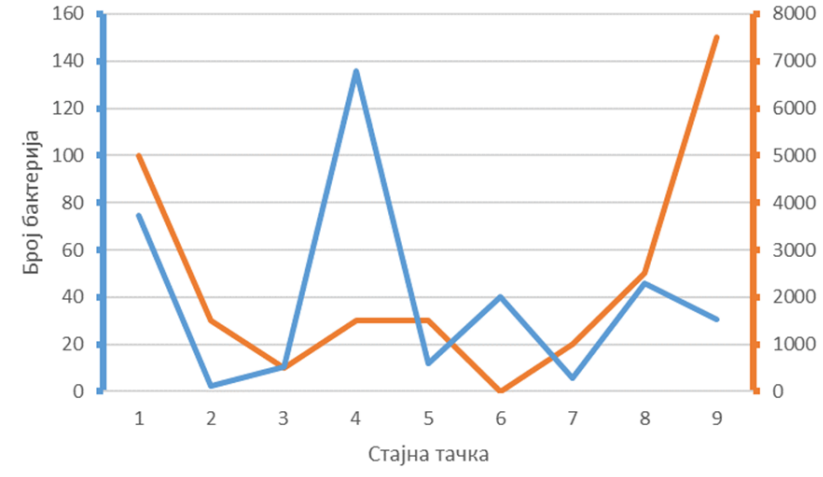


График 3. Графички приказ укупног броја аеробних мезофилних и колиформних бактерија

Резултати хемијске и микробиолошке анализе узорковане воде су приказани на графицима 1, 2, 3. Различите зоне рањивости условиле су различите резултате хемијске и микробиолошке анализе.

На основу израђене карте рањивости подземних вода у истраживаном подручју, очекивало се да ће рањивост вода са стајних тачака 1, 2, 3 и 9 бити висока, рањивост вода са стајних тачака 4, 5 и бити ниска, док ће рањивост воде узорковане са 7 и 8 стајне тачке бити веома ниска.

Супротно карти рањивости, вода узорована са стајне тачке 4 има повишене концентрације нитрита, нитрата, сулфата као и велики број укупних аеробних мезофилних бактерија, као и вода узоркована на 8 стајној тачки, која има повишене концентрације сулфата и нитрата. Овакви резултати хемијске анализе објашњавају се загађењем које се налази близу места одакле је вода узоркована. Сходно томе, невезано за зоне рањивости, вода са поменутих стајних тачака је загађена услед деловања антропогеног, а не природног фактора.

ЗАКЉУЧАК

Рањивост подземних вода у околини Петнице у највећој мери зависи од развијености површинских облика карстног процеса и дебљине, односно порозности повлатних слојева. У знатно мањој мери на рањивост утиче бујност биљног покривача. Да би се на одговарајући начин могао оценити утицај падавина, како количину тако и њихов интензитет би требало пратити на дневном нивоу, у дужем периоду. У најрањивијим деловима истражног подручја требало би превасходно контролисати антропогени утицај, како би се спречило евентуално загађивање подземне воде. Добијени подаци хемијске анализе су показали да су узорковане воде хидрокарбонатно-калцијске, што је условљено геолошком грађом терена. Уочене су разлике у квалитету воде различитих водних објеката. Антропогени фактор утиче на микробиолошке карактеристике вода.

ЗАХВАЛНОСТ

Велику захвалност дугујем својим менторима, MSc Јовани Радосављевић и Др Милану Радовановићу, на помоћи око интерпретације добијених резултата и приликом писања овог рада. Захваљујем се професорки Др Снежани Николић Мандић и професорки Оливери Јосимовић на саветима приликом тумачења података са терена. Такође се захваљујем Катарини Ковачевић око помоћи приликом интерпретације резултата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ђукановић Ђ. 2000. Клима Ваљевског краја, Скупштине општине Ваљево, Ваљево
2. Лазаревић Р. 1996. Ваљевски крас. Српско географско друштво. Београд
3. Симић И. Ђорђевић О. 2001. Основне хидрохемијске карактеристике појединих водних објеката и водотока у Петници, Петничке свеске 53. Истраживачка станица Петница. Ваљево
4. Крешић Н. Вујасиновић С. Матић И. 2006. Ремедијација подземних вода и геосредине, Рударско-геолошки факултет, Београд
5. Група аутора. 2006-2015. Метеоролошки годишњак - климатски подаци, Републички хидрометеоролошки завод Србије, Београд

Djordje Ogrizovic

Groundwater's vulnerability in drainage basin of the Banja river

Abstract

Groundwater pollution is part of the complex problem of the preservation and protection of the environment. The aim of this research is to create the map of groundwater vulnerability at the investigated area using the COP method. Investigated area is located in the drainage basin of the river Banja, in western Serbia. The research took place during the July and the August in Belgrade and the Petnica Science Centre. COP method is a standard method used to determine the vulnerability of groundwater in karst aquifers. Within the framework of this method are the following parameters are relevant: C - concentration flow; O - roof seam layers; P - precipitation. Final COP map shows that in the biggest part of the investigated area of groundwater vulnerability is low, while in the southern and southeastern part of the investigated area vulnerability is high or very high. Concentration of certain chemical and microbiological parameters of water samples taken from different zones of vulnerability is examined. The vulnerability of groundwater around Petnica largely depends on the development of surface made of karst process and thickness, porosity or overlying layers. The investigated area should be controlled primarily by anthropogenic influence to prevent possible contamination of groundwater.

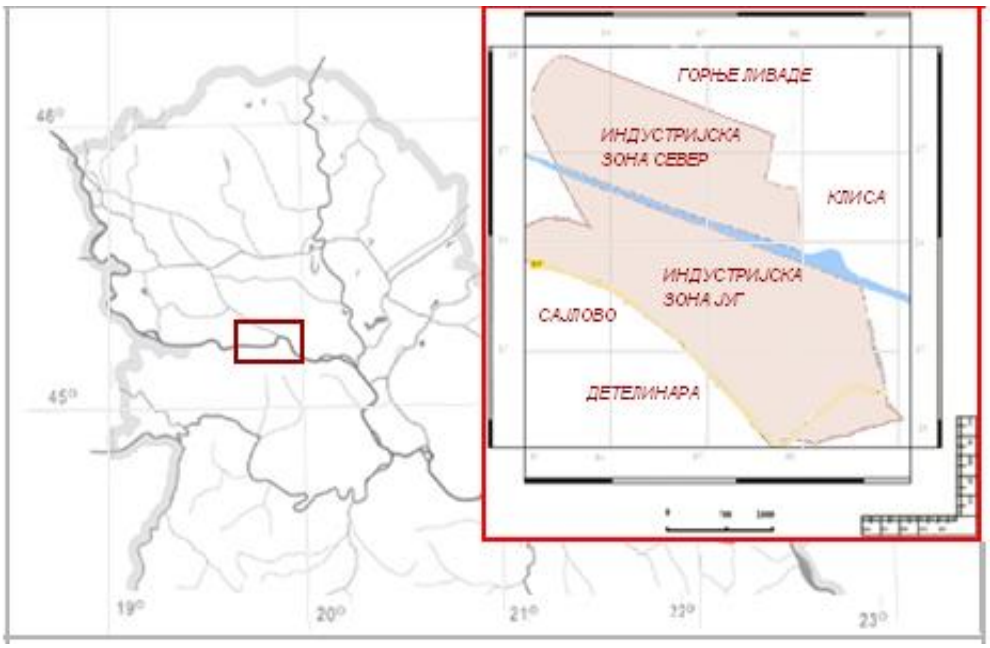
Key words: The vulnerability of ground water, river Banja, zone of threat, chemical and microbiological analysis of water, COP method

Аутор: **Елена Тадић** (1998), Сремска Каменица, Лоле Рибара бр. 11.
ученица 3. разреда, Гимназија *"Светозар Марковић"*, Нови Сад
Ментори: **Алекса Вујиновић**, *геолог*, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
виша научна сарадница **Др Јордана Нинков**, *дипл. биолог*
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад;
доцент **Др Минучер Месарош**, *дипл. географ*
Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет

ДИСТРИБУЦИЈА ТЕШКИХ МЕТАЛА У ЗЕМЉИШТУ ИНДУСТРИЈСКИХ ЗОНА СЕВЕР И ЈУГ У НОВОМ САДУ

Апстракт

Концентрације тешких метала (Cu, Mn, Ni,Pb, Zn) су одређене у земљишту на 16 локација у околини највећих фабрика индустријских зона север и југ у Новом Саду. Њихова просторна дистрибуција на истраживаном простору анализирана је интерполацијском методом IDW (Inverse Distance Weighting). Степен загађења земљишта процењен је на основу укупне количине тешких метала, фактора обогаћења (EF) и гео-акумулационог индекса (Igeo). На основу резултата закључено је да је на истраживаном простору слабо обогаћење земљишта металима. На основу испитивања узорака земљишта уочено је да је присуство тешких мета ла у земљишту, највећим делом, природног порекла. Од тешких метала повишен садржај, преко граничних вредности, утврђен је за Cu и Zn. Добијени резултати показују да се присутне концентрације детектоване у овом истраживању могу означити као „историјско загађење" земљишта.

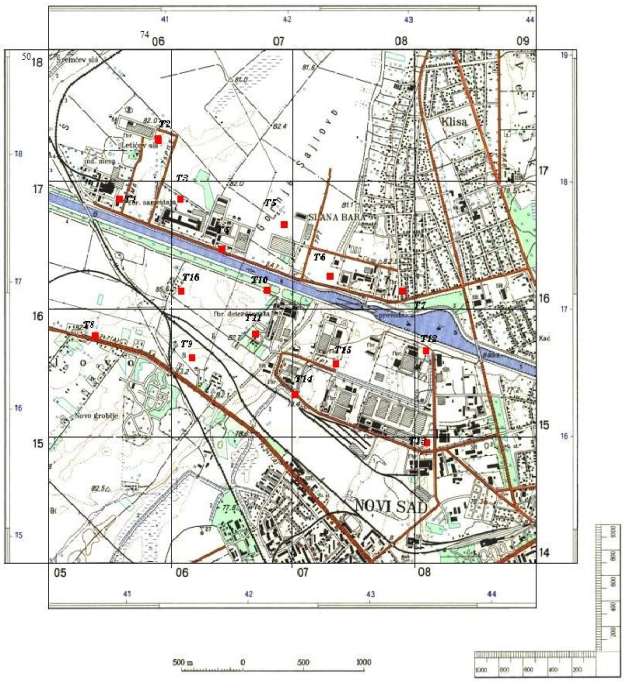


Слика 1. - Положај истражног подручја (израдио аутор према ТК 378-2-3 Нови Сад (север), размера 1:100000)

Кључне речи: тешки метали, индустријска зона, историјско загађење земљишта, ГИС, геостатистичка анализа

Увод

У тешке метале убрајају се: Hg, Cd, Cr, Pb, Ni, Mn, Fe, Cu, Zn и др. Природни извор тешких метала је Земљина кора, док у антропогене изворе спадају отпади различитих индустријских процеса, сагоревање горива и др. Тешки метали из антропоегених извора на земљиште, најчешће, доспевају атмосферском депозицијом (Brooks, 1978).



Слика 2. - Графички приказ места узорковања земљишта (израдио аутор према ТК 378-2-3 Нови Сад (север) 1:25000)

Истраживано подручје се налази на око 85 км северозападно од Београда, на територији Новог Сада. ограничено је Горњим ливадама на северу, Сентандрејским путем на истоку и Руменачким путем на југу и западу. (Слика 1).

Циљ овог истраживања је процена загађења земљишта у индустријским зонама града Новог Сада израдом мапа дистрибуције тешких метала.

Материјали и методе рада

Истраживање се одвијало у 3 фазе: теренска истраживања, лабораторијска испитивања и статистичка обрада резултата. Теренска истраживања обухватила су узимање узорака земљишта на означеним локацијама. Узорковањем је обухваћено 16 тачака на територији града Новог Сада, у индустријским зонама север и југ (Слика 2). Земљиште је узорковано агрохемијском сондом у површинском слоју дебљине 0-10 cm (IAEA, 2004).

Узорци прикупљени на терену су најпре ваздушно сушени, а затим самлевени у млину за земљиште до величине честица <2 mm (SRPS/ISO 11464, 2004). За одређивање укупног садржаја тешких метала, узорци су припремљени методом мик-роталасне дигестије, у раствору $_{cc}HNO_3$ и H_2O_2

($5HNO_3$:$1H_2O_2$), у односу 1:12 чврста материја: раствор за дигестију, са постепеним загревањем до 180ºC у укупном трајању од 55 min. Припрема узорака је урађена у Лабораторији за земљиште и агроекологију, Института за ратарство и повртарство у Новом Саду. Узорци су даље анализирани у Истраживачкој станици Петница, помоћу методе Атомског апсорбционог спектрофотометра.

Да би се одредио степен загађења земљишта тешким металима на испитиваном простору, израчунати су фактори обогаћивања (EF) (Sezgin, N. 2004) и Гео-акумулациони индекс (Igeo) (Muller, G, 1979).

Коришћењем геостатистичке интерполацијске методе у гео-информационом систему Arc GIS израђене су мапе дистрибуције метала на истражном подручју на којима могу да се уоче места са вишом концентрацијом тешких метала (Dai, 2004).

Тачке	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)
T1	29,3	66,1	401,4	19,1	27,5
T2	33,9	86,3	377,2	34,0	34,4
T3	21,1	57,6	266,3	12,5	18,7
T4	31,5	89,5	363,7	30,5	31,2
T5	20,6	55,2	300,3	18,6	27,5
T6	**39,7**	**334,6**	290,3	25,9	30,7
T7	31,1	90,6	354,2	37,9	31,1
T8	28,4	65,1	286,9	26,0	23,8
T9	31,6	86,2	362,7	24,7	27,4
T10	23,3	79,8	422,6	23,8	30,4
T11	34,1	81,1	310,6	25,4	27,2
T12	18,5	57,2	191,2	24,2	20,2
T13	**96,7**	**301,1**	246,1	59,8	24,4
T14	**82,4**	**155,6**	348,2	83.,0	30,9
T15	35,5	111,9	332,1	33,6	20,9
T16	24,6	82,4	334,8	30,1	28,3
Гранична вр.	**36,0**	**140,0**	**/**	**85,0**	**35,0**
Ремедијациона вр.	**190,0**	**720,0**	**/**	**530,0**	**210,0**

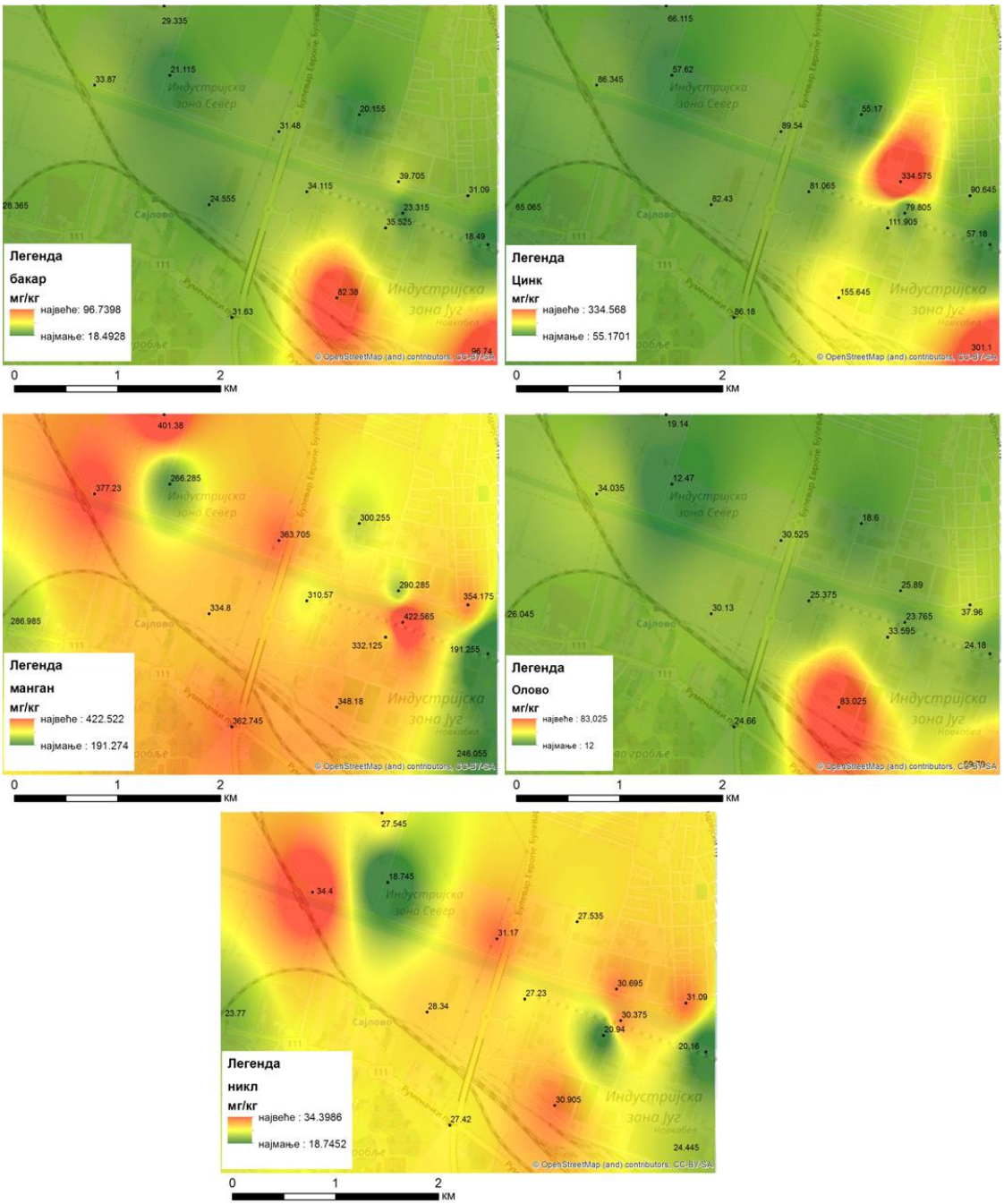
Табела 1. Укупан садржај тешких метала у земљишту истражног подручја (аутор)

Резултати и дискусија

Укупна количина тешких метала у земљишту истражног подручја

У узорцима земљишта одређен је укупан садржај тешких метала (Табела 1). Будући да се

ради о индустријском земљишту, граничне (ГВ) и ремедијационе вредности (РВ) у земљишту наведене су према важећој Уредби (Сл. гл. РС, бр. 88/2010) за непољопривредно земљиште. Граничне вредности су оне вредности на које означавају ниво на коме је достигнут одржив квалитет земљишта. Ремедијационе вредности јесу вредности које указују да су основне функције земљишта угрожене или озбиљно нарушене и захтевају ремедијационе, санационе и остале мере.



Слика 3.1-3.5. Мапе дистрибуције бакра, цинка, мангана, олова и никла (мапе урадили Др Месарош, М. и аутор у ArcGIS програму, у размери 1:50000)

Укупан садржај Cu у земљишту индустријских зона је изнад граничне (ГВ) на три локације (Т6, Т13, Т14), али испод ремедијационе вредности (РВ). На још три локације, овај садржај је близак ГВ (Т2, Т11, Т15) (Табела 1). Ово значи да је садржај бакра на три локације изнад нивоа на коме је дости-

гнут одржив квалитет земљишта и да ово подручје захтева даљи мониторинг, али истовремено испод садржаја који захтева санационе и ремедијационе мере (Слика 3.1).

Концентрација укупног Zn варира од средње до повишене. На три локације Т6, Т13 и Т14, садржај цинка је преко ГВ од 140 mg/kg, али још увек испод РВ (Табела 1). На основу дистрибуције цинка (Слика 3.2), на две локације Т6 и Т13 уочена је блага контаминација цинком (концентрације су 334.6 и 301.1 mg/kg, редом).

За вредности укупаног садржаја Mn не постоје прописане границе. Садржај Mn у земљишту веома зависи од pH вредности. Како је pH вредност испитиваних земљишта индустријских зона алкална (са повољним оксидо-редукционим потенцијалом) у испитиваном земљишту није ни био очекиван повећан садржај Mn, а према просторној дистрибуцији садржај Mn је уједначен на читавом посматраном подручју (Слика 3.3).

Веће количине Ni се издвајају сагоревањем течних горива, угља, спаљивањем отпада, пепела димњака, топлана, електрана и других извора. Укупан садржај Ni у свим узорцима је испод границе ГВ, док је на локацији Т2 присутан садржај близак ГВ (Табела 1). Према просторној дистрибуцији, садржај Ni је релативно униформан на читавом истраживачком подручју (Слика 3.5).

У алкалним земљиштима Pb се углавном налази везано за карбонате, хумус и силикате. Загађење земљишта оловом најчешће је антропогеног порекла, од издувних гасова аутомобила, као историјско загађење када се Pb користило као адитив бензина. Према добијеним резултатима, концентрација олова не прелази прописане границе, али на локацији Т14 овај садржај је близак ГВ (Табела 1, Слика 3.4).

Појединачно посматрано, локације Т6, Т13 и Т14 су оптерећене повишеним садржајем Cu и Zn, преко граничне вредности.

Метал	***EF***	***Igeo***
Pb	2.50	-0.24
Zn	3.97	0.28
Cu	5.01	0.73
Mn	0.88	-1.61
Ni	2.70	-0.01

Табела 2. Средња вредност показатеља загађења земљишта тешким металима (аутор)

Показатељи загађења земљишта тешким металима

Фактор обогаћења (EF)

На основу средњих вредности EF (Табела 2) на истраживаном простору постоји умерено обогаћење Pb, Zn и Ni, за Mn је одређен слабо обогаћење, а за Cu је одређено значајно обогаћење. Кад EF има вредност између 0.5 и 1.5 испитивани метал има природно порекло, уколико је EF већи од 1.5 тада је његово порекло анропогено (Sezgin, N. 2004). Обогаћење металима у земљишту на истраживаном простору има следећи редослед: Cu>Zn>Ni>Pb>Mn.

Гео-акумулациони индекс

Средње вредности Igeo представљене су у табели 2. Опсег вредности Igeo за анализиране тешке метале у земљишту износи: Pb (-1.44 до 1.29), Zn (-0.5 до 2.1), Cu (-0.08 до 2.31), Mn (-2.35 до -1.21), Ni (-0.53 до 0.35). На основу добијених вредности на истраживаном простору не постоји загађење Ni, Mn и Pb, а умерено је загађење Zn и Cu.

У прошлости, емисије из индустријских постројења су биле главни узрок загађења животне средине. Доношењем низа законодавних прописа, првенствено увођење обавезе мониторинга емисија у ваздух, воду и земљиште и увођењем граничних вредности, овај утицај је смањен. Други разлог, за смањење загађења животне средине у граду Новом Саду је значајно смањење индустријске производње, услед привредне кризе и престанак рада појединих фабрика у посматраним индустријскоим зонама. Према томе, присутне концентрације детектоване у овом истраживању, могу се означити као *„историјско загађење“* земљишта.

Закључак

На основу испитивања узорака земљишта узетих на локалитетима индустријских зона север и југ у Новом Саду, закључено је да је присуство тешких метала у земљишту, највећим делом, природног порекла. Од тешких метала повишен садржај, преко граничних вредности, утврђен је за Cu и Zn на три локалитета. На основу средњих вредности EF на истраживаном простору постоји умерено обогаћење Pb, Zn и Ni, за Mn је одређено слабо, а за Cu значајно обогаћење. На основу добијених вредности гео-акумулационог индекса на истраживаном простору не постоји загађење Ni, Mn и Pb, а умерено је загађење Zn и Cu. Присутне концентрације могу се означити као *„историјско загађење“* земљишта, услед смањене емисије штетних материја у последње две деценије.

Захвалност

На првом месту захвалност дугујем ментору Алекси Вујиновићу, који ми је давао савете од почетне идеје до самог завршетка. Велику захвалност дугујем и својој менторки Др Јордани Нинков, неком ко ме је усмерио и пружио несебичну помоћ при изради рада, подршку и корисне савете. Хвала свим сарадницима у Институту за ратарство и повртарство и Истраживачкој станици Петница који су ми помогли при лабораторијским испитивањима рађеним у овом раду. Посебну захвалност дугујем Др Минучеру Месарошу, који ми је био учитељ у области геостатистике и примене ГИС система. Приликом израде овог рада имала сам велику подршку пријатеља, породице и професора. Хвала и свим другарима из ИС Петница на прелепим успоменама, мотивацији и олакшању израде истраживања.

Литература

- Brooks, R. R. Environmental Chemistry, Bookris, J.O.M. 1978, Plenum Press: New York, USA
- Dai, L., H. Weiand L. Wang. Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: A case study from the city of Baoji, China. Environ Res, 2007. 104(2): p. 201-208.
- IAEA. (International Atomic Energy Agency), Soil sampling for environmental contaminants; IAEA-TECDOC-1415. Vienna, 2004.

- Muller,G. Schwer metalle in den sediments des Rheins-Veranderungenseit 1971. Umschan 1979. 79: p. 778-783.
- Salminen, R et al. Geochemical Atlas of Europe. Part1. Background information, Methodology and Maps. 2005. Geological Survey of Finland, Espoo
- Sezgin, N., H. K. Ozcan, G.Demir, S. Nemliogluand C. Bayat. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway. Environ Int, 2004. 29(7): p. 979-85.
- SRPS/ISO 11464: 2004 Квалитет земљишта - Претходна обрада узорака за физичко- хемијске анализе, Београд
- Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма, Службени гласник РС, бр. 88/2010

Elena Tadic

Distribution of heavy metals in soil of Novi Sad's industry zones north and south

Abstract

Activity concentrations of heavy metals (Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) were analysed in soil samples from 16 locations in the vicinity of the largest factories in industry zones north and south in Novi Sad. Their spatial distribution in the investigated area was analyzed using method of IDW (Inverse Distance Weighting). The pollution status was assessed using the total concentration of heavy metals, Enrichment factor (EF) and Geo-accumulation index (Igeo) in soil. Based on tests of soil samples it was concluded that the presence of heavy metals in the soil, for the most part, are from natural origin. In the investigated area there is minimal heavy metals' enrichment in soils. Analyzed substances indicate that the highest concentrations, above limited values, correspond with Cu and Zn. From the results obtained it can be concluded that present concentrations detected in this research can be marked as historical soil pollution.

Key words: heavy metals, industry zone, historical soil pollution, GIS, geostatistical analysis.

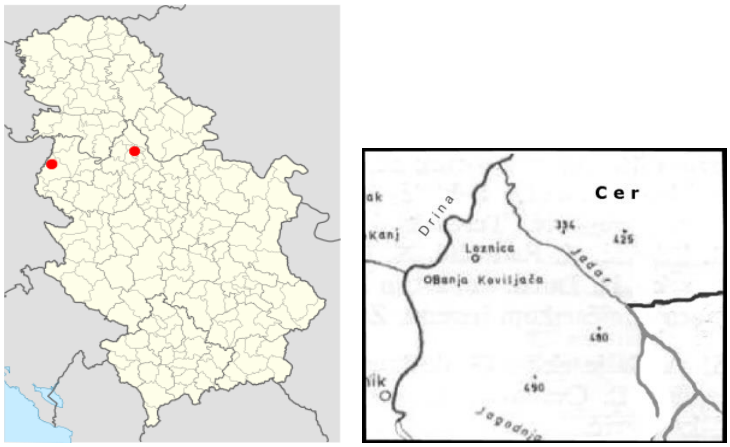
Autor: **Branko Kostić**(1999),Beograd, Petra Nikolića br. 12.
učenik 2.razreda, Tehnička škola Železnik, Beograd
Mentor: **Aleksa Vujinović**, *geolog*, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

NEZOSILIKATI I FILOSILIKATI DESNE OBALE REKE LEŠNICE

Apstrakt

Cilj istraživanja je utvrđivanje zastupljenosti nezosilikatnih i filosilikatnih minerala i određivanje njihovih oreola rasejavanja.Uzimanje šlihovskih proba izvršeno je u periodu od 5. do 8. avgusta meseca 2016. godine primenom metode šlihovske prospekcije. Dobijeni rezultati ukazuju na zastupljenost nezosilikatnog sfena (prisutni su jos i olivin i cirkon) i filosilikatnih liskuna (biotit i muskovit). Na osnovu dobijenih rezultata konstruisani su oreoli rasejavanja pomenutih minerala.

Ključne reči: Lešnica, nezosilikati, filosilikati, šlihovska prospekcija, sfen, liskuni



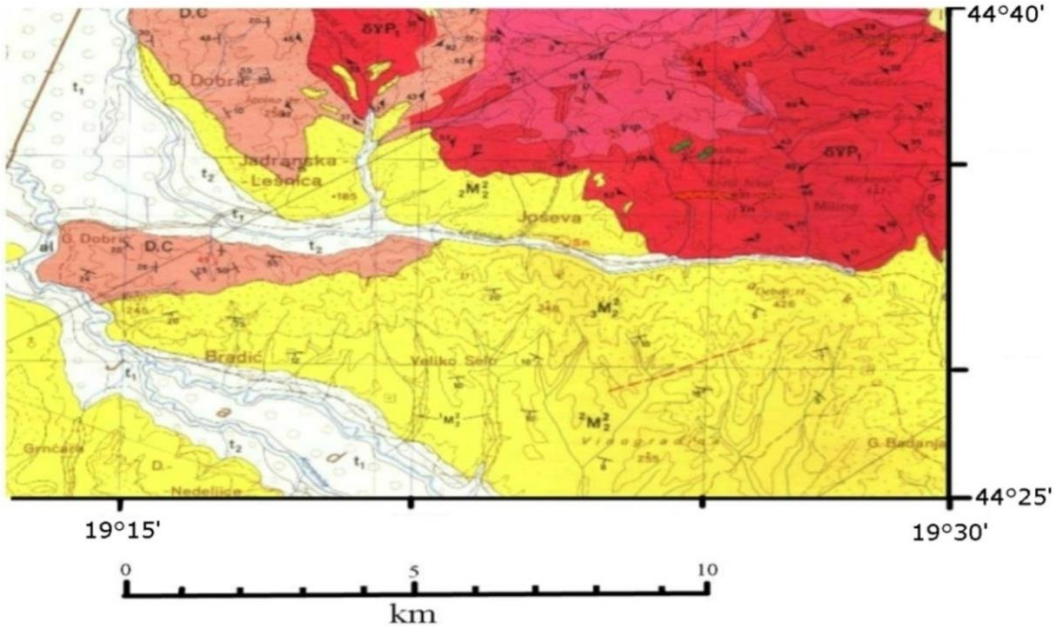
Slika br.1 Geografski položaj istražnog područja
(Prema Tumač za OGK SFRJ L34-123 Zvornik 1:100000)

Uvod

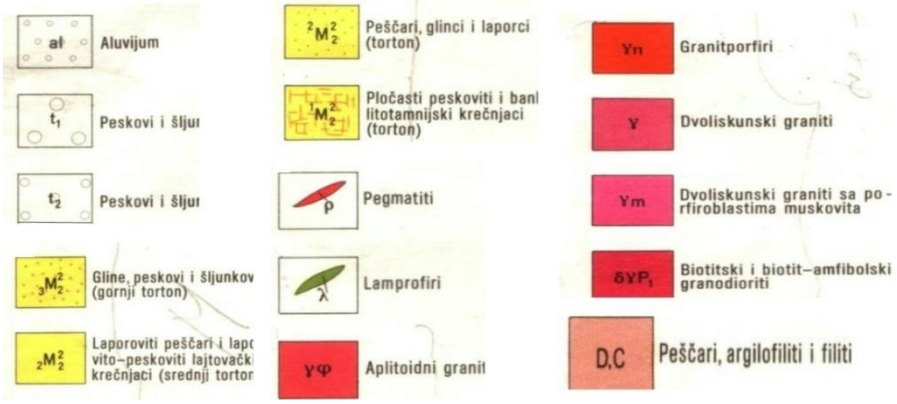
Istražno područje se nalazi u zapadnoj Srbiji, na 90 km jugozapadno od Beograda i na oko 12 km severoistočno od Loznice (Slika 1). Na jugu je ograničeno brdom Iverak, dok ga na severu i zapadu okružuje planina Cer. Reka Lešnica nastaje spajanjem Joševice i Milinske reke na Ceru, a uliva se u reku Jadar. Najviša tačka područja istraživanja jeste Cer (689 mnv). Reljef je poligenetskog porekla i dominantnu tektonsku strukturu čini horst Cera. U litološki sastav terena na kome su vršena istraživanja, spadaju sedimentne i magmatske stene. Područje je izgrađeno od paleozojiskih, fosilonosnih, peščara i škriljaca sa bankovitim i slojevitim konglomeratima uz filite i argilofišiste, kao i granodiorite, pegmatite, lamprofire, granitporfirite, aplitoidne i dvoliskunske granite. Srednji miocen predstavljaju pločasti i peskoviti, bankoviti litotamnijski, oolitski peskoviti krečnjaci, peščari, gline, laporci, peskovi, šljunkovi kao i sedimenti sa krupnim blokovima magmatita i metamorfita (Prema Tumač za OGK SFRJ L34-123 Zvornik 1:100000).

Metode i materijali

Istraživanje je izvedeno metodom šlihovske prospekcije. U okviru istraživanja uzeto je 17 šlihovskih proba od kojih je 13 uzeto iz glavnog toka reke Lešnice dok je 4 uzeto iz njenih pritoka (Slika 4). Terenskim istraživanjima izvršeno je ispiranje i pakovanje šlihovskog materijala. Uzorkovanje je obavljeno u periodu od 5. do 8. avgusta meseca 2016. godine. Laboratorijskim ispitivanjem odrađeno je prosejavanje šlihovskog materijala kroz frakcije od 1 mm i 0.2 mm, zatim odvajanje metaličnih minerala i na kraju izvršena je determinacija minerala posmatranjem kroz binokularni mikroskop. Nakon laboratorijskog ispitivanja definisan je mineralni sastav u pojedinim šlihovima i određena je zastupljenost minerala podelom u tri kategoije: pojedina zrna (do 10 zrna po probi), srednja zastupljenost (10 do 100 zrna) i izrazita zastupljenost (preko 100 zrna).



Slika br. 2 Geološka karta istražnog područja (Prema OGK SFRJ L34-123 Zvornik 1:100000)

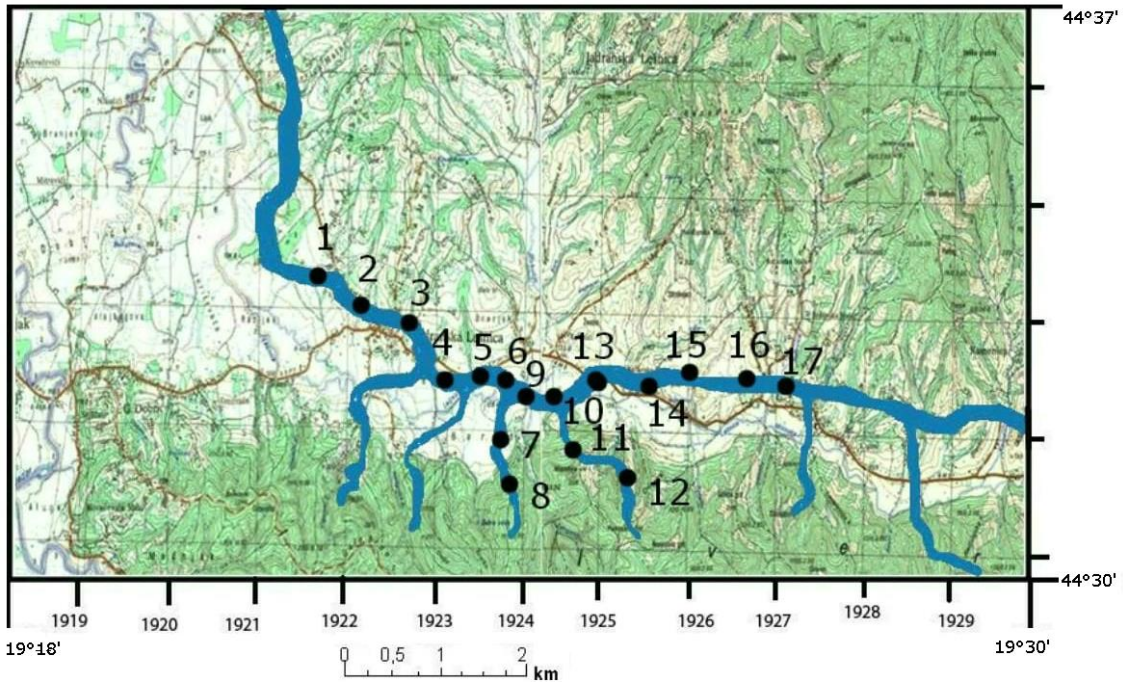


Slika br.3 Legenda kartiranih jedinica (Prema OGK SFRJ L34-123 Zvornik 1:100000)

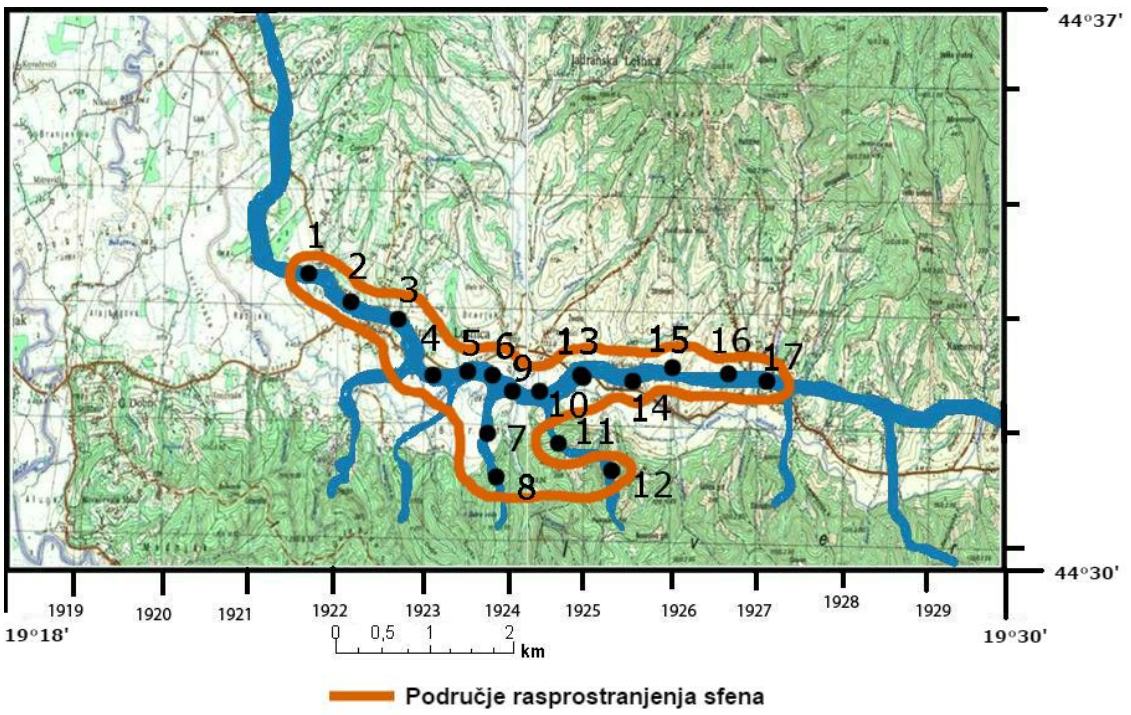
Rezultati i diskusija

Analizom šlihovskog materijala od nezosilikata najzastupljeniji je sfen (u manjim kolicinama olivin i cirkon), dok su od filosilikata prisutni liskuni i to predstavnici biotit i muskovit. Na osnovu rezultata određeno je potencijalno područje rasprostranjenja nezosilikata i filosilikata i konstruisani su njihovi oreoli rasejavanja (Slika 5, 6).

Sfen* ili *titanit *(*$CaTiSiO_5$) se javlja u svim tačkama izuzev tačke 11. U većini proba ima srednju zastupljenost, dok se u probama 1,2,3,4,5 i 12 nalazi u vidu pojedinačnog zrna. Najčešće se javlja kao žut do žutomrk i zelen, alotriomorfan, sa ponegde kopljastom strukturom.



Slika br. 4 Karta uzetih šlihovskih proba (Prema TK 427-4-3 Bijeljina (Lipnički šor) i 427-4-4 Bijeljina (Cer-jug) 1:25000)

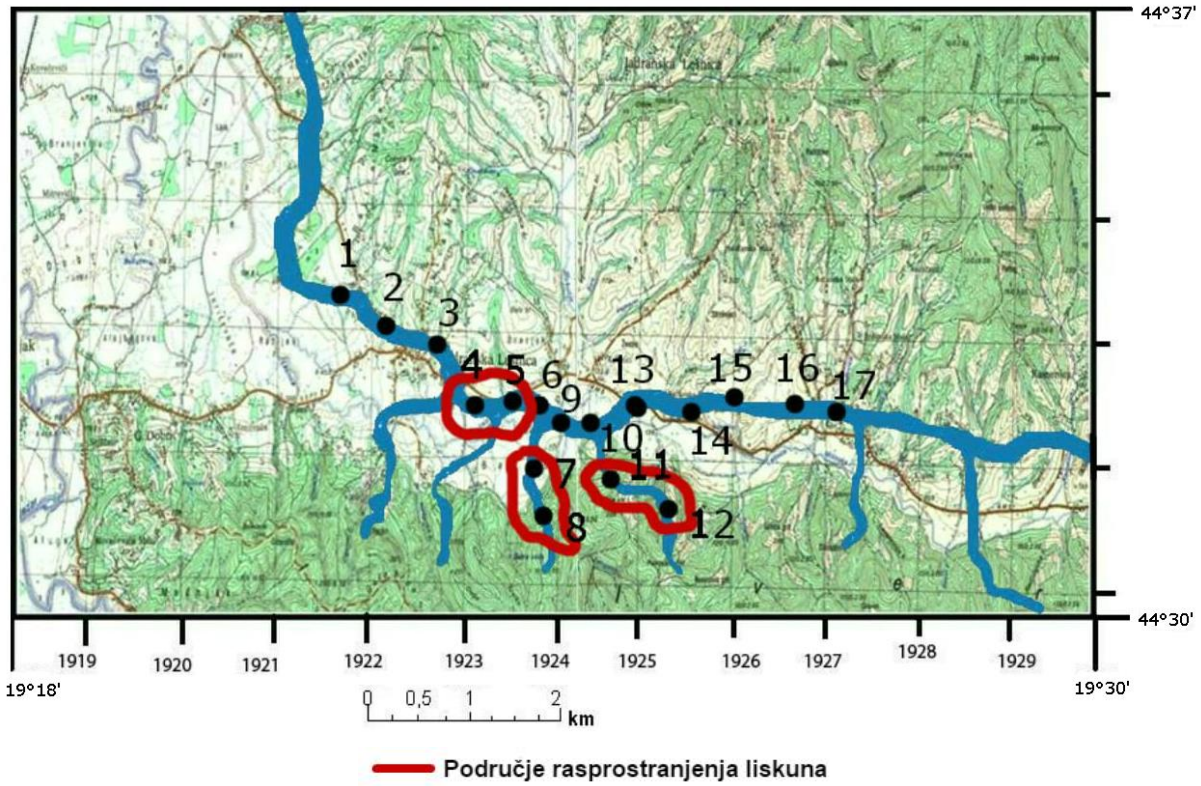


Slika br. 5 Područje rasprostranjenja nezosilikata (Prema TK 427-4-3 Bijeljina (Lipnički šor) i 427-4-4 Bijeljina (Cer-jug) 1:25000)

Liskuni

Iz grupe liskuna prisutni su muskovit ($KAl_2(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$) i biotit ($K(Mg,Fe^{2+},Mn^{2+})_3[(OH,F)_2|$

|(Al,Fe^{3+},Ti^{3+}) Si_3O_{10}]). Ne nalaze se u tačkama 1, 2, 3, 6, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17. Srednju zastupljenost imaju u tačkama 4, 5 i 7, u vidu pojedinačnog zrna se pojavljuju u tačkama 8 i 12, a izuzetnu prisutnost imaju u tački 11. Muskovit se pojavljuje crvenkaste i braon boje, alotriomorfan, dok se biotit javlja u vidu ploča tamnomrkih boja.



Slika br. 6 Područje rasprostranjenja filosilikata (Prema TK 427-4-3 Bijeljina (Lipnički šor) i 427-4-4 Bijeljina (Cer-jug) 1:25000)

Zaključak

Na osnovu prikupljenih podataka i istraživanja odredjena su dva područja rasprostranjenja. Prvo područje obuhvataju nezosilikati od čijih predstavnika su prisutni: cirkon, olivin kao pojedinačna zrna, a najzastupljeniji su sfen i granati duž celog toka reke, dok drugo područje obuhvataju filosilikatni liskuni čiji su predstanici muskovit i biotit prisutni u pritokama desne obale reke Lešnice. Rezultati istraživanja pokazuju da nema promene u koncentraciji granata, iz grupe piralspita, duž glavnog toka u odnosu na istraživanja Anje Todorović (2014.). Akcenat u istraživanju je stavljen na pritoke sa obe strane glavnog toka, rezultati ukazuju da nema značajnih promena u mineralima iz šlihovskog materijala već se promene odnose na koncentraciju silikata. U cilju bližeg definisanja izvora mineralizacije neophodno je primeniti i druge prospekcijske metode, kao i progustiti mrežu uzimanja šlihovskih proba.

Zahvalnost

Na svim savetima, sugestijama i svakoj vrsti pomoći najtoplije se zahvaljujem Aleksi Vujinoviću. Zbog stavljanja na raspolaganje rezultata sopstvenih istraživanja zahaljujem se Anji Todorović. Na pomoći u laboratoriji zahvaljujem Aleksi Viziju.

Literatura

Mojsilović S., Filipović I., Avramović V., Rodin V., Navala M., Baklaić D., Đoković I. (1977) - Tumač za Osnovnu geološku kartu 1: 100000 list Zvornik L34-123, Savezni geološki zavod, Beogra.

Branko Kostic

Nesosilicates and phyllosilicates of the right shore of the river Lesnica

Abstract

In the course of the river Lesnice, located between mountain Cer and Iverak hill, slicks screening was conducted in order determine the presence nesosilicate and phyllosilicate minerals and determination of their oreo scattering. Fieldwork was conducted from 5th to 8th August 2016. Based on the collected data, determined are two areas of mineralization, area mineralization phyllosilicate mica (muscovite and biotite) and the area of mineralization nesosilicates sphene (in smaller amounts olivine and zircon). Based on obtained results are constructed oreo scattering mentioned minerals.

Keywords: Lesnica, nesosilicates, phyllosilicates, slicks screening, sphene, mica

Autori: **Katarina Kovačević** (1998), Beograd, Zvezdarskih jelki br. 12.
učenica 3. Razreda, Treća beogradska gimnazija, Beograd
Mila Milovanović (1998), Leskovac, Bosiljke Đurić br. 13.
učenica 3. Razreda, Gimnazija Leskovac, Leskovc
Mentor: naučni saradnik **Dr Ana Mladenović**, *dipl. inž. Geologije*
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

DA LI KARTE GEOLOŠKIH HAZARDA UVEK UKAZUJU NA PODRUČJA NAJVEĆE OPASNOSTI: PRIMER KLIZIŠTA NA DESNOJ OBALI SAVE (UMKA, BEOGRAD)

Apstrakt

Cilj istraživanja bila je evaluacija objektivnosti i značaja karata hazarda kod istraživanja pojava nestabilnosti. Istraživanje je izvršeno primenom tri različita pristupa: poluautomatskim proračunom hazarda od klizišta na istraživanom području, vizuelnom interpretacijom aerostereo snimaka i terenskim istraživanjima. Rezultati primene sve tri metode u najvećem broju slučajeva pokazali su veoma dobru korelaciju. Ipak, postoje i područja za koja karte hazarda ukazuju na manji hazard od klizišta nego što je realno prisutan. Razlika u dobijenim rezultatima vezana je za parametre koji nisu uzeti u obzir prilikom izrade karte hazarda, a utiču na nastanak klizišta, kao i za subjektivnost prilikom određivanja težinskih koeficijenata kod uključenih parametara.

Kjučne reči: klizišta, daljinska detekcija, analitički hijerarhijski proces, Umka

Uvod

Razvoj novih tehnologija doveo je do veoma brzog napretka u mnogim granama geologije i omogućio primenu različitih metoda i postupaka koji objektivnije sagledavaju istraživanu geološku sredinu po raznim kriterijumima. To je veoma značajno u istraživanju pojava nestabilnosti padina, jer se tako podaci za velike površine terena mogu obrađivati brže, a na taj način se može ukazati na predisponiranost nekih područja ka pojavi nestabilnosti. Zajedničko za ove metode je to da na osnovu ulaznih parametra i težinskih koeficijenata koji su zadati ovim parametrima, mogu da se utvrde područja različite podložnosti terena ka pojavi nestabilnosti. Iako mnogo objektivnije od klasičnih metoda analize pojava nestabilnosti, i kod ovih metoda može biti prisutna subjektivnost, pre svega kod određivanja težinskih faktora različitim ulaznim parametrima. U skladu sa tim, u ovom radu urađena je analiza stabilnosti padina na desnoj obali Save kod Umke, na tri načina: izradom karte hazarda od klizišta, vizuelnom analizom aerostereo snimaka i terenskim opservacijama.

Cilj istraživanja bio je da se evaluira objektivnost i značaj karata hazarda kod istraživanja pojava nestabilnosti.

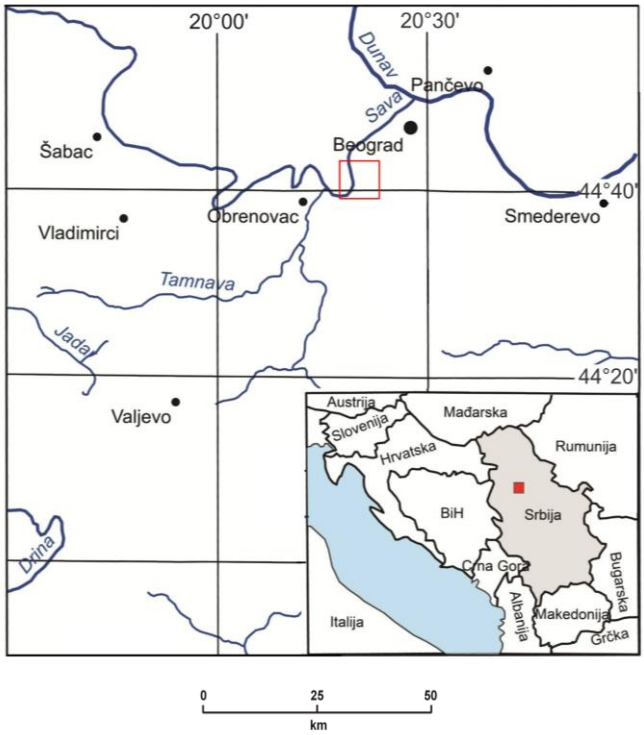
Područje istraživanja

Istraživano područje nalazi se 20 km južno od Beograda i 10 km istočno od Obrenovca (Slika 1).

O nestabilnosti ovog područja su pisali Luković (1951), Perić (1970), Lokin et al. (1988), Milović et al. (1998) i Janjić (1996) koji govore o dva tipa klizišta na ovom području: o klizištima uz desnu obalu Save i o

klizištima u neogenim basenima. Jelisavac, Vujanić, Milenković i Jotić (2006) pisali su o geotehničkim uslovima nestabilnog zemljišta u okolini Umke. Vizualizacijom klizišta Umka korišćenjem programa ArcGIS bavili su se Đurić et al. (2011). Đurić (2011) u svom diplomskom radu primenjuje GIS za analizu dinamike klizišta Umka. Abolmasov et al. (2015) opisali su model klizišta u neogenim tvorevinama u Srbiji fokusirajući se na klizište Umka kod Beograda.

Reljef područja istraživanja formiran je radom fluvijalnog, deluvijalnog i koluvijalnog procesa (Geomorfološka karta Srbije 2015).



Slika 1. - Geografski položaj područja istraživanja
(prema Tumaču za list Obrenovac L34-125 OGK SFRJ)

Na području istraživanja zastupljene su tvorevine kredne, neogene i kvartarne starosti. Najveći deo područja istraživanja zauzimaju neogeni sedimenti koji su izgrađeni od glina, peskovitih glina, glinovitih laporaca i glinaca (Filipović i Rodin 1980; Marković et al. 1985) (Slika 2).

Materijal i metode

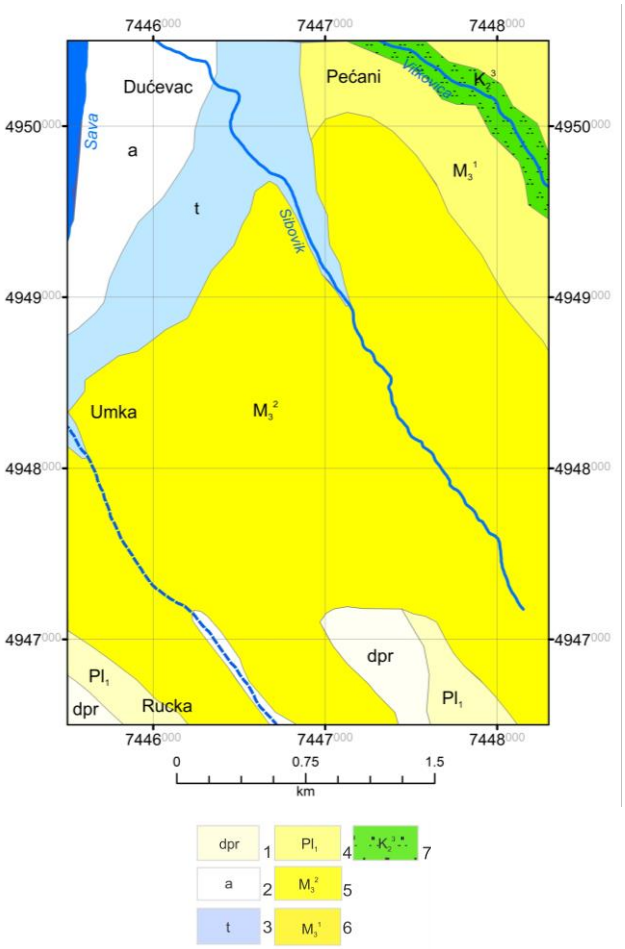
Istraživanje je izvršeno primenom tri različita pristupa: poluautomatskim proračunom hazarda od klizišta na istraživanom području, vizuelnom interpretacijom aerostereo snimaka i terenskim istraživanjima.

Karta hazarda napravljena je primenom analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP), korišćenjem programa ArcMap 10.2.1. Ona predstavlja prikaz sklonosti nekog područja ka kliženju. Kriterijumi na osnovu kojih je napravljena karta hazarda bili su litološki sastav, nagib i visina terena i udaljenost od vodotokova.

Metoda daljinske detekcije (Pavlović et al. 2001) obuhvatila je analizu i interpretaciju aerostereo snimaka iz 2006. godine. Kategorizacija pojava nestabilnosti je izvršena na osnovu pada terena, uočenih morfoloških promena i vlažnosti terena. U aktivna klizišta svrstana su ona kod kojih se jasno uočavaju ožiljci i kod kojih se mogu izdvojiti tela klizišta. Područja sa potencijalnim klizištima su ona za koje se pretpostavlja

da bi pri uslovima povećane vlažnosti bila aktivirana. Za delove terena na kojima su uočene pojave nestabilnosti karakterističan je pad od 15° do 25° i povećana vlažnost tla.

Terenski rad je izveden 16. avgusta 2016. godine na 10 stajnih tačaka u okviru područja istraživanja. Obuhvatio je određivanje promena u položaju aktvnih klizišta u odnosu na njihov položaj na stereo snimcima.



Slika 2. - Geološka karta područja istraživanja

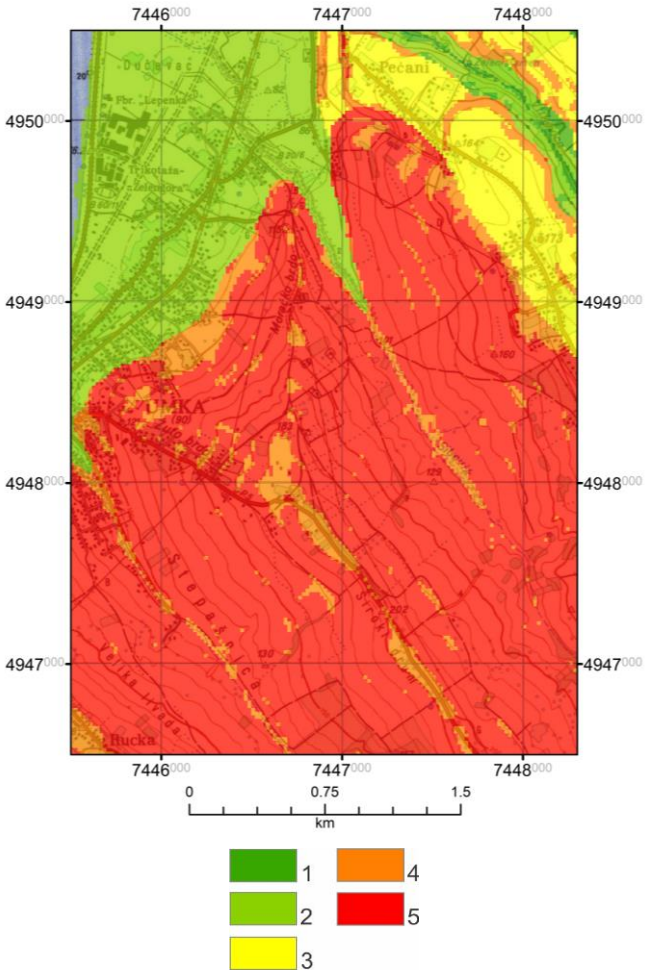
1 - deluvijalno-proluvijalni sedimenti, 2 - aluvion, 3 - rečne terase, 4 - laporovito-glinoviti i peskoviti sedimenti (pont), 5 - glinoviti laporci, glinci, peskovi (panon), 6 - krečnjaci, gline, peskovite gline (sarmat), 7 - fliš (senon)

(prema radnoj verziji OGK SFRJ 1:25000 listovi Umka, Barič, Guncati i Resnik)

Rezultati i diskusija

Rezultati analitičkog hijerarhijskog procesa prikazani su na karti hazarda (Slika 3). U južnom, jugoistočnom i centralnom delu područja istraživanja u panonskim glinama, glincima i glinovitim laporcima postoji veoma visoka ili visoka opasnost od pojave klizišta.

Na istim područjima, analizom aerostereo snimaka, uočen je najveći broj aktivnih klizišta (slika 4). Tokom terenskog rada zapažene su promene u položaju ožiljaka klizišta (pomeranje uz padinu) na ovim područjima, kao i pojave novih, što ukazuje da su klizišta reaktivirana više puta u poslednjih 10 godina. U okviru područja sa veoma visokom i visokom opasnošću od pojave klizišta na aerostereo snimcima su uočena i uslovno stabilna područja, odnosno područja sa privremeno umirenim i slabije aktivnim klizištima. Ovi delovi terena takođe se nalaze u laporovitim i glinovitim sedimentima. Na područjima sa srednjom opasnošću od pojave klizišta, analizom aerostereo snimaka uočena su potencijalna i umirena klizišta, iako to nije



Slika 3. - Karta hazarda područja istraživanja

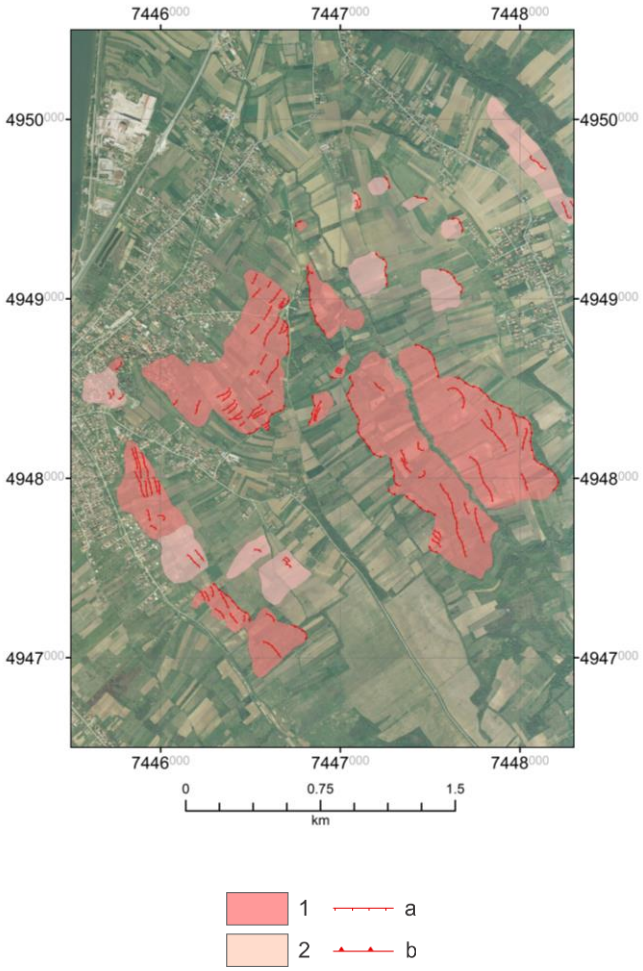
1 - područje sa veoma niskom opasnošću od pojave klizišta; 2 - područje sa niskom opasnošću od pojave klizišta; 3 - područje sa srednjom opasnošću od pojave klizišta; 4 - područje sa visokom opasnošću od pojave klizišta; 5 - područje sa veoma visokom opasnošću od pojave klizišta

očekivano.

Pretpostavlja se da je razlika u rezultatima dobijenim različitim metodama vezana za faktore koji utiču na nastanak klizišta, ali nisu uzeti u obzir pri izradi karte hazarda (padavine, oscilacije nivoa podzemnih voda i reke Save, neplanska gradnja).

Oscilacije nivoa podzemnih voda, zajedno sa padavinama i oscilacijama nivoa Save, utiču na povećanje vlažnosti tla. Sva tri faktora mogu se smatrati uzrokom pojave klizišta, jer povećana vlažnost tla dovodi do stvaranja dobre podloge za kliženje u glinovitim sedimentima, od kojih je ovo područje većinom izgrađeno, a u kojima se voda zadržava. Pored toga, ubrzana i neplanska gradnja opteretila je već nestabilno tlo, što je takođe uticalo na stvaranje uslova za nastanak klizišta i ubrzalo proces kliženja. Ispuštanje otpadnih voda, koje nije rešeno prilikom urbanizacije ovog područja, utiče na povećanje vlažnosti terena, a samim tim i na pojavu klizišta u okviru područja istraživanja.

Što se zadatih parametara tiče, pretpostavlja se da je subjektivnost pri zadavanju njihovih težinskih koeficijenata uticala na razliku rezultata na karti hazarda i rezultata dobijenih analizom aerostereo snimaka.



Slika 4 - Karta izdvojenih aktivnih i potencijalnih klizišta

1 - područje sa aktivnim klizištima; 2 - područje sa potencijalnim klizištima; a - sekundarni ožiljak klizišta; b - čeoni ožiljak klizišta

Zaključak

Primenom tri različite metode (analitički hijerarhijski proces, daljinska detekcija i terenska istraživanja) utvrđena je nestabilnost područja u okolini Umke. Iako u najvećem broju slučajeva rezultati dobijeni ovim metodama pokazuju veoma dobru korelaciju, postoje i područja koja ukazuju na manji hazard od klizišta nego što je prisutan. Parametri koji nisu uključeni u analitički hijerarhijski proces kao što su neplanska gradnja, promena nivoa podzemnih voda i reke Save i padavine, utiču na razliku u rezultatima, s obzirom da su i to faktori koji utiču na pojavu klizišta. Pored toga, ulazni težinski koeficijenti uključenih parametara zadati su, između ostalog, na osnovu iskustva subjekta u istraživanju klizišta na ovom i sličnim područjima, ali i na osnovu njegovog znanja vezanog za pojavu nestabilnosti tla, pa je subjektivnost jedan od faktora koji utiče na rezultate dobijene analitčkim hijerarhijskim procesom.

Ispitivanje uzroka pojave klizišta, kao i mogućnosti njihovog saniranja na ovom području zahteva detaljnija istraživanja.

Literatura

Abolmasov B., Milenković S., Marjanović M., Đurić U., Jelisavac B. 2015. A geotechnical model of the Umka landslide with reference to landslides in weathered Neogene marls in Serbia. *Landslides*, 12 (4): 689-702

Đurić U. 2011. *Primena GIS-a u praćenju dinamike klizišta Umka.* Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

Marković B., Veselinović M., Anđelković J., Stevanović P., Roglić Č., Obradinović Z. 1985. *Tumač za list Beograd L34-133 OGK SFRJ*, Savezni geološki zavod, Beograd

Pavlović R., Čupković T., Marković M. 2001. *Daljinska detekcija*, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Protić M. 1984. *Petrologija sedimentnih stena,* Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Filipović I., Rodin V. 1980. *Tumač za list Obrenovac L34-125 OGK SFRJ*. Savezni geološki zavod, Beograd

Katarina Kovacevic
Mila Milovanovic

Do Hazard Maps Always Indicate to the Most Dangerous Areas: Example of Landslides on Right Coast of River Sava (Umka, Belgrade)

Abstract

Our investigated area is located in Central Serbia between Belgrade and Obrenovac. Rock units in investigated area are Cretaceous, Neogene and Quarternary age. Terrain is formed under the influence of colluvial, deluvial and fluvial process.

The aim of this research was evaluation of hazard map and its importance in landslide analysis. Analytic hierarchy process, remote sensing and field work were used for this research. Results of all three methods in most of the cases showed very good correlation, although there are areas where more landslides were noticed than it was expected after analysing hazard map. The difference in results is connected to factors which were not included in analytic hierarchy process but are involved in landslide formation. This difference is also connected to subjectivity in assessment of coefficients of included parameters.

Key words: landslides, remote sensing, analytic hierarchy process, Umka

Autori: **Stefan Marinković** (1999) Krupanj, Vlade Zečevića br. 1.
učenik 4. razreda, Srednja škola Krupanj, Krupanj
Krstivoje Miljković (1998) Sokobanja Kneza Miloša br. 59.
učenik 4. razreda, Srednja škola *„Branislav Nušić"*, Sokobanja
Mentor: **Aleksa Vujinović**, *geolog*, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološkog fakultet

MOGUĆNOST SANIRANJA JALOVIŠTA U GORNJEM TOKU KOSTAJNIČKE REKE

Abstrakt

U ovom istraživanju ispitivana je mogućnost saniranja jalovišta u gornjem toku Kostajničke reke metodom fitoremedijacije. Uzorkovanje je izvršeno u junu mesecu gde su uzeti uzorci jalovišta i gde su posađene tri biljne kulture (kukuruz, ječam i grašak). Metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije određena je koncetracija teških metala (Pb, Mn, Cu, Zn i Cd) pre i posle tretmana biljkama. Izmerena koncentracija teških metala (izuzev Cu) u jalovištu, nekadašnjeg aktivnog rudnika Stolice, prelazi maksimalnu dozvoljenu koncentraciju štetnih i opasnih materija u zemljištu prema službenom glasniku Republike Srbije (23/1994).

Ključne reči: jalovište, biljne kulture, fitoremedijacija, teški metali

Uvod

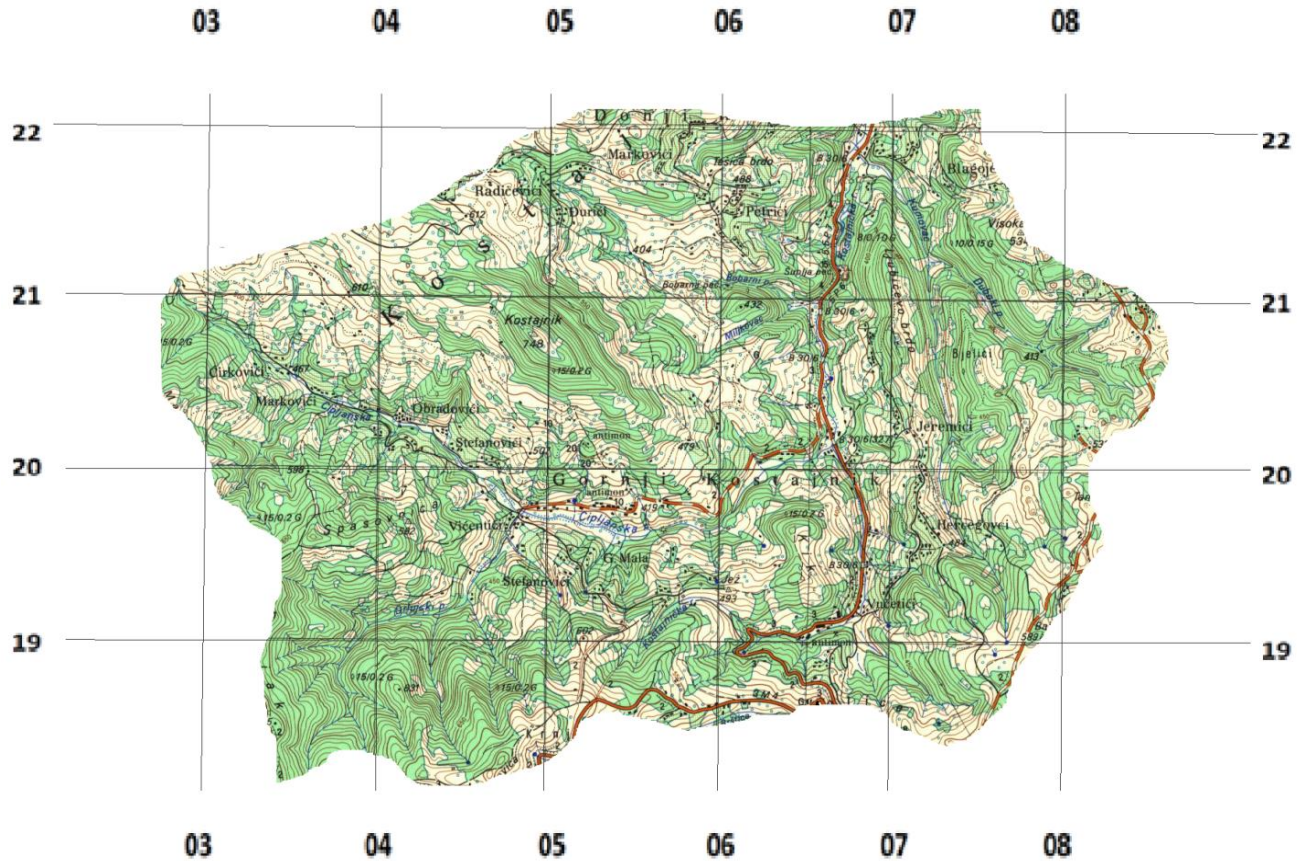
Istražno područje se nalazi u Zapadnoj Srbiji, na oko 150 km jugozapadno od Beograda, i oko 10 km severozapadno od Krupnja. Reljef istražnog područja je pretežno brdski, a prosečna nadmorska visina iznosi 380 m. Na istražnom području gusto je razvijena hidrografska mreža koja je plitko usečena, a korita reke su sa blagim stranama. Najveći vodotokovi istražnog područja su Kostajnička reka, Cipljanska reka i Korenita (Slika 1). U blizini istražnog područja nalazi se rudnik antimonita Stolice koji je počeo sa radom 1880. godine, gde se eksplatisao antimon do 1991. godine (Ristanović, 2016). Neposredno pored samog toka nalazi se jalovište.

Primena biljaka u indikaciji zagađenosti zemljišta zasniva se na sposobnosti da apsorbuju metale, transportuju ih kroz svoj organizam ili da ih akumuliraju. Pojedini od teških metala su čak neophodni biljkama kao mikroelementi (Mn, Zn, Cu). Većina biljaka je osetljiva i na minimalne količine teških metala u podlozi, ali značajan broj vrsta opstaje na staništima koji se odlikuju velikim količinama teških i toksičnih metala. (Stevanović *et al.* 2001).

U ranijim istraživanjima jalovinskog materijala ovog flotacijskog jalovišta utvrđeni su teški metali u sledećim koncentracijama: Pb (89-55 ppm), Zn (235-66 ppm), Cu (35-29 ppm), Cd (1-<1 ppm), Cr (35-23 ppm), Co (4-<1 ppm), Ni (120-115 ppm), W (< 20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (1.5-0.8 ppm), As (14.1-12.1 ppm), Hg (0.2-0.1 ppm) и Fe (1.5-1.1%). Cilj istraživanja je ispitivanje mogućnosti saniranja jalovišta metodom bio (fito)remedijacije.(Đokić i Jovanović 2009, prema Đokić 2012)

Materijali i metod

Istraživanje je izvedeno kroz kabinetski, terenski i laboratorijski rad. Uzorci su uzeti u maju i junu



Slika 1. Topografska karta istražnog područja 1:25000 (TK 477-2-1 Zvornik 2-1)

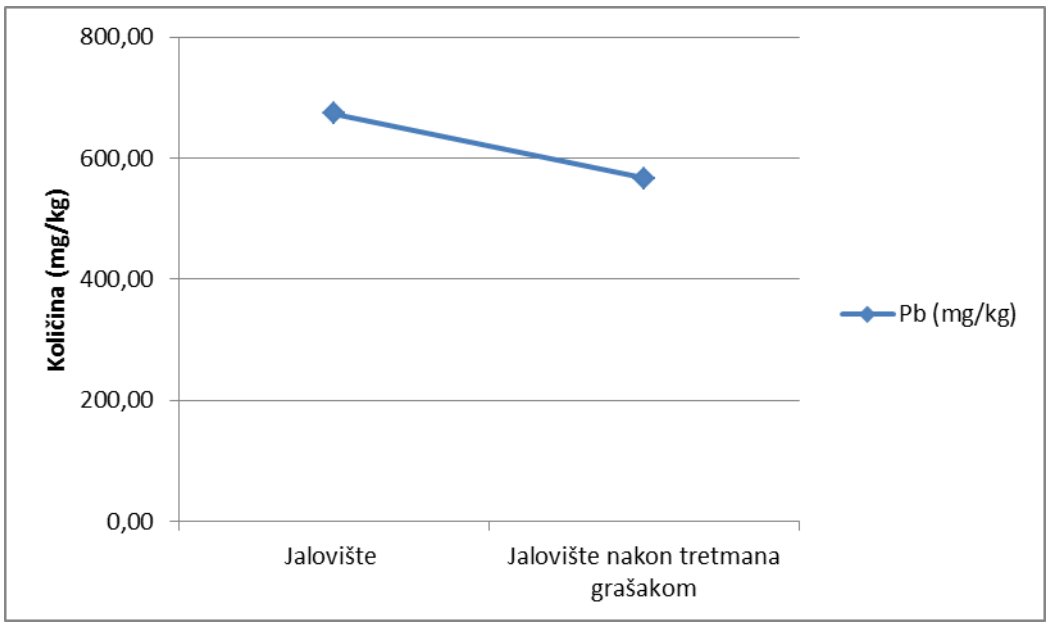
mesecu 2016. godine. Ukupno je uzeto 6 uzorka iz jalovišta koja su stavljena u saksije zapremine 2.4 dm^3. U šest saksija su posađene 3 različite biljne kulture (*Zea mays*, *Hordeum sativum* i *Pisum sativum*). Za određivanje sadržaja teških metala u jalovištu (pre i posle fitoremedijacije) je odmereno 1 g suvog zemljišnog uzorka za mokru digestiju. Mokro spaljivanje je vršeno na sledeći način: odmerenoj masi jalovišnog materijala dodato je 7 ml smeše koncentrovane HNO_3 i $HClO_4$ (70%) (u zapreminskom odnosu 2:1). Dobijena smeša je zagrevana na temperaturi ne većoj od 210°C. Nakon zaostajanja belog peskovitog taloga, uzorci su ohlađeni i profiltrirani. Filtrat je prenet u normalni sud od 50 ml i sud je dopunjen destilovanom vodom (Allan 1971). Na ovaj način su pripremljeni uzorci u kojima je određena koncentracija teških metala pomoću atomskog apsorpcionog spektrometra Thermo Electron corporation S Series AA Spectrometar.

Tabela 1. Količina teških metala u jalovištu i MDK teških metala u zemlji

Količina teških metala	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Jalovište	674,11	29,04	1437,53	2964,80	25,51
MDK	100	100	630	300	3

Rezultati i diskusija

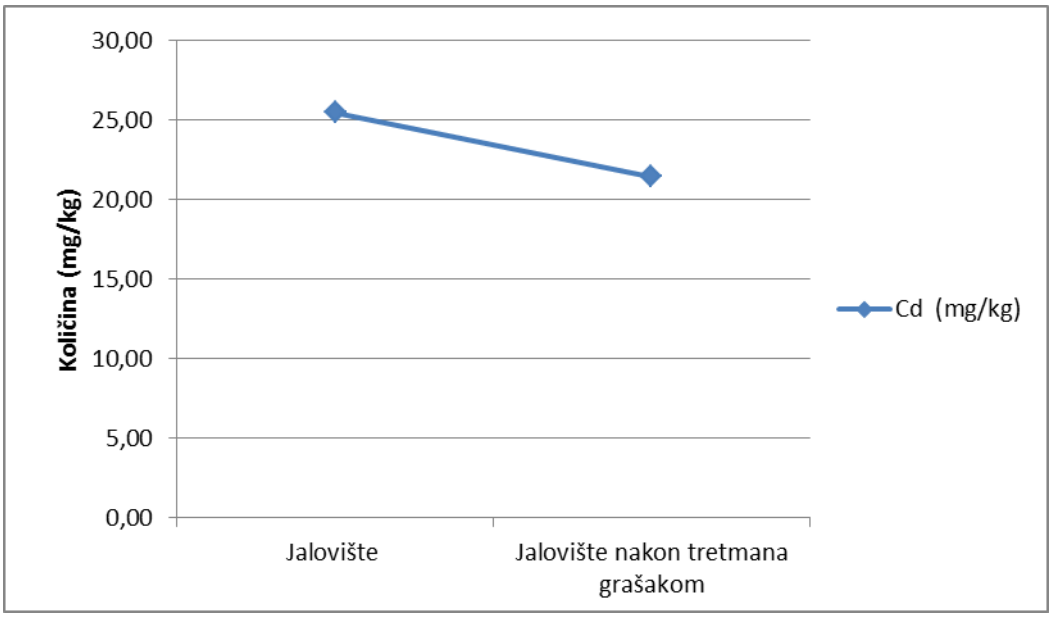
Izmerena količina olova u jalovištu iznosi 674.11 mg/kg, što predstavlja daleko veće količine od dozvoljenih (MDK za Pb je 100 mg/kg). Jalovište sadrži 1437.53 mg/kg mangana (MDK za Mn je 630 mg/kg), 2964.80 mg/kg cinka (MDK za Zn je 300 mg/kg), 25.51 mg/kg kadmijuma (MDK za Cd je 3 mg/kg), 29.04



Slika 2. Količina Pb u jalovištu pre i posle tretmana graškom (autori)

mg/kg bakra (MDK za Cu je 100 mg/kg) (Tabela 1). Povećana koncentracija ovih toksičnih metala vodi poreklo iz flotacijske deponije nekadašnjeg rudnika antimonita. Kako bi se na neki način smanjila koncentracija ovih teških metala posađene su tri različite biljne (*Zea mays*, *Hordeum sativum* i *Pisum sativum*).

Posle 15 dana od dana klijanja biljke polako počinju da menjaju boju stabla i listova u svetložuto. Posle mesec dana od klijanja, biljke su uvenule. Iako su ovo jednogodišnje biljke njihov ciklus u ovom eksperimentu je trajao mesec dana zbog prezagađenosti zemljšta teškim metalima. Nasuprot tome, biljke su upile teške metale i na taj način smanjile količinu teških metala u jalovištu.

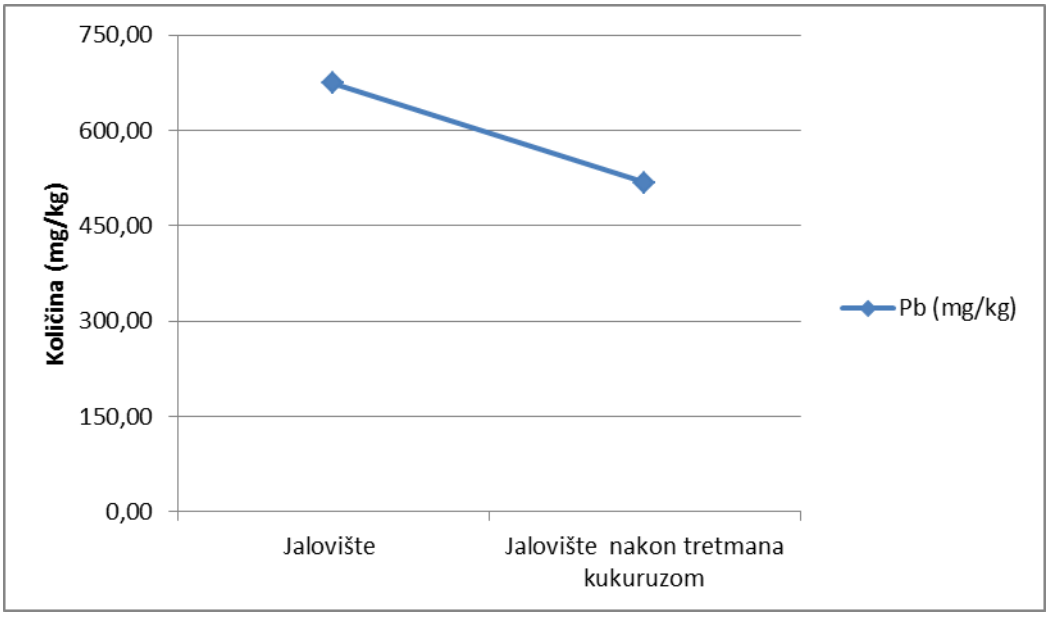


Slika 3. Količina Cd u jalovištu pre i posle tretmana graškom (autori)

Pisum sativum

Pisum sativum (grašak) je jednogodišnja zeljasta biljkaiz porodice mahunarki. Grašak ima visoku

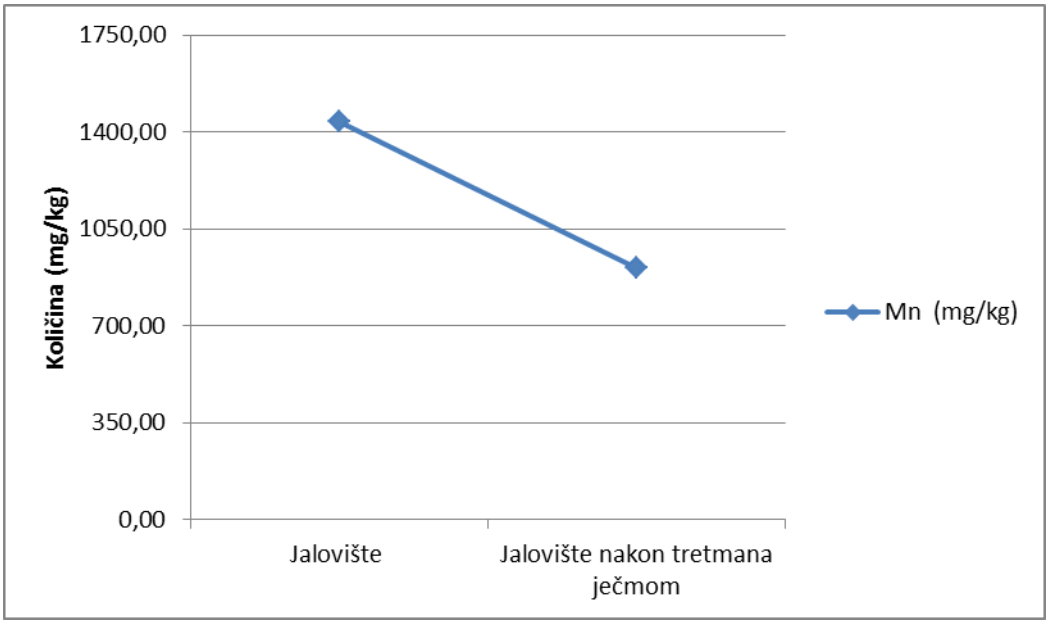
toleranciju koncentracije teških metala, potencijal za proizvodnju velike biomase, akumulira visoke koncentracije metala u biljne delove (Jevtić *et al.*1986), Količina teških metala u jalovištu posle tretmana graškom se nije značajno promenila. Grašak je apsorbovao 15,89% Pb i 15,92% Cd iz jalovišta, dok se količina ostalih teških metla (Mn, Cu, Zn) nije smanjila (Slika 2,3)



Slika 4. Količina Pb u jalovištu pre i posle tretmana kukuruzom (autori)

Zea mays

Zea mays (kukuruz) je jednogodišnja biljka-žitarica iz porodice trava (Graminae). Laboratorijski je ustanovljeno da kukuruz usvaja gotovo sve teške metale, pogotovu Cd i Zn. Prema rezultatima, kukuruz je iz jalovištaizvuka apsorbovao 23,15% Pb dok se koncentracija ostalih teških metala nije promenila (Slika 4).



Slika 5. Količina Mn u jalovištu pre i posle tretmana ječmom (autori)

Hordeum sativum

Hordeum sativum (ječam) je jednogodišnja biljka iz porodice trava (Graminae). Odlikuje ga tolerancija na visoku koncentraciju teških metala. Laboratorijski je ustanovljeno da ječam može da akumulira velike količine u svoja tkiva Cu,Cd i Zn. Ječam je iz jalovišta akumulirao 36.77% Mn, dok je zanemarljivo malo akumulirao količinu ostalih teških metala (Slika 5).

Veliki značaj za apsorbciju teških metala ima fitohelatin. Fitohelatin je mehanizam otporrnosti/tolerancije na teške metale. Biljke su razvile složene mehanizme koji kontrolišu usvajanje i akumulaciju teških metala kao i detoksikaciju. Olovo i kadmijum spadaju u neesencijalne mikroelemente koji negativno utiču na rast i razviće biljaka. Ovi toksični metali smanjuju intenzitet fotosinteze kroz inhibiciju elektronskog transporta, što dovodi i do smanjenja biomase (Schat *et al.,* 2002).

Zaključak

Prema dobijenim rezultatima utvrđeno je, da je saniranje jalovišta na istraživanom području moguće metodom fitoremedijacije. Urađeni eksprimenti i merenja na uzorcima jalovišta pokazuju da grašak najbolje apsorbuje Cd i Pb. Ječam najbolje apsorbuje Mn, dok je kukuruz najviše smanjio sadržaj Pb.

Potrebno je određivanje sadržaja As i Sb, kako bi se utvrdilo da li je metodom fitoremedijacije ovim biljnim vrstama moguće sanirati teške metale u jalovištu. Takodje potrebno je pratiti sadržaj toksičnih elemenata u biljnom materijalu zbog mogućnosti njihovog korišćenja za ljudske potrebe.

Zahvalnost

Posebnu zahvalnost dugujemo mentor, Aleksi Vujinoviću, za pomoć i sugestije. Snežani Savić, Dr Dejanu Grujiću i Milenku Trijiću za pomoć oko izrade hemijske analize uzorkovane vode; profesoru Oliveri Josimović i redovnom profesoru Dr Snežani Nikolić Mandić za sugestije i komentare o kvalitetu rada i svim polaznicim sa Programa letnjeg kampa geologije i voda.

Literatura

Allan J. E. 1971. The preparation of agricultural samples for analysis by atomic absorption spectroscopy, Hamilton: Varion Techton

Stevanović, B., Janković, M. 2001. Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka, Beograd

Đokić B. V., Jovanović M. 2009. Tehnogenic waste dumps of metal mines in Serbia. Work shop: Applied Environmental Geochemistry-Antropogenic impact on the human environment in the SE Europe, RESTCA. Ljubljana: Geological Survey of Slovenia, str. 36-38.

Jevtić S, Šuput M, Gotlin J, Pucarić A, Miletić N, Klimov S, Đorđevski J, Španring J, Vasilevski G, 1986, Posebno ratarstvo, Beograd, Naučna knjiga.

Lambers H. and D. Colmer Timothy. 2005. Root physiology - from gene to function. Plant and Soil. 274: 7-15.

Schat H., M. Llugany, R. Vooijs, J. Hartley-Whitaker and P. M. Bleeker. 2002. The role of phytochelatins in constitutive and adaptive heavy metal tolerances in hyperaccumulator and nonhyperaccumuator metallophytes. Journal of Experimental Botany. 53: 2381–2392.

Ristanović B. (2016), Opština Krupanj monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad

Stefan Marinkovic
Krstivoje Miljkovic

The possibility of rehabilitation of the tailings in upper part of the Kostajnik river

Abstrakt

In this study, the possibility of rehabilitation of the tailings in the upper reaches of the river Kostajničko method of phytoremediation. Sampling was carried out in June, where the samples were taken and where the tailings were planted three different plants (corn, barley and peas). By atomic absorption spectrophotometry determined the concentrations of heavy metals (Pb, Mn, Cu, Zn and Cd) before and after treatment plants. Measured concentrations of heavy metals (except Cu) in the tailings, a former active mines Chairs, exceeds the maximum permissible concentration of harmful and dangerous substances in the soil according to the Official Gazette of the Republic of Serbia (23/1994).

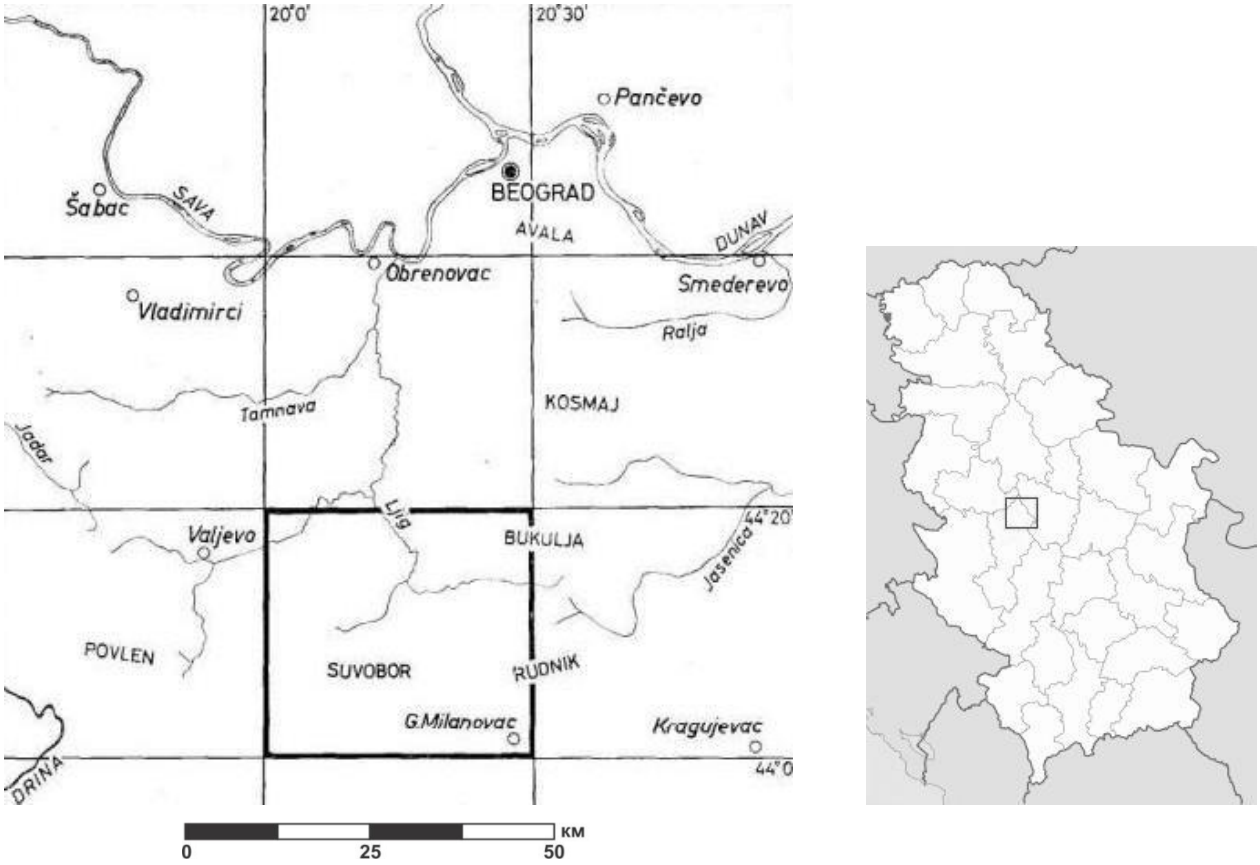
Key words: tailing, peas, corn, barley, phytoremediation, heavy metals

Аутор: **Јован Дмитровић** (1998), Горњи Милановац, Кнеза Александра бр. 106/13.
ученик 3. разреда, Гимназија *„Таковски устанак“*, Горњи Милановац
Ментори: сарадник у настави **Миленко Тријић**, *дипл. хемијски техничар*
Геолошка и хидрометеоролошка школа *„Милутин Миланковић“*, Београд;
професор **Оливера Јосимовић**, *дипл.инж. геологије*, Београд

УТИЦАЈ ЈАЛОВИШТА НА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ ТЕШКИХ МЕТАЛА У ВОДИ РЕКЕ ДЕСПОТОВИЦЕ

Апстракт

Циљ истраживања је био да се утврди утицај јаловишта на концентрације тешких метала (Fe, Mn, Zn, Cu) у води реке Деспотовице. Узорковање је извршено са шест стајних тачака дуж тока реке Деспотовице, а концентрације гвожђа, мангана, цинка и бакра су одређене методом атомске апсорпционе спектрофотометрије. Резултати показују да су у горњим деловима тока реке Деспотовице концентрације Fe, Mn, Zn и Cu повећане због директног изливања отпадне воде из јаловишта, док су у доњим деловима тока смањене због уливања притока и глина,које граде терен око средњег и доњег тока реке Деспотовице. На концентрације бакра утиче и редовно коришћење фунгицида које кишница спира до реке.

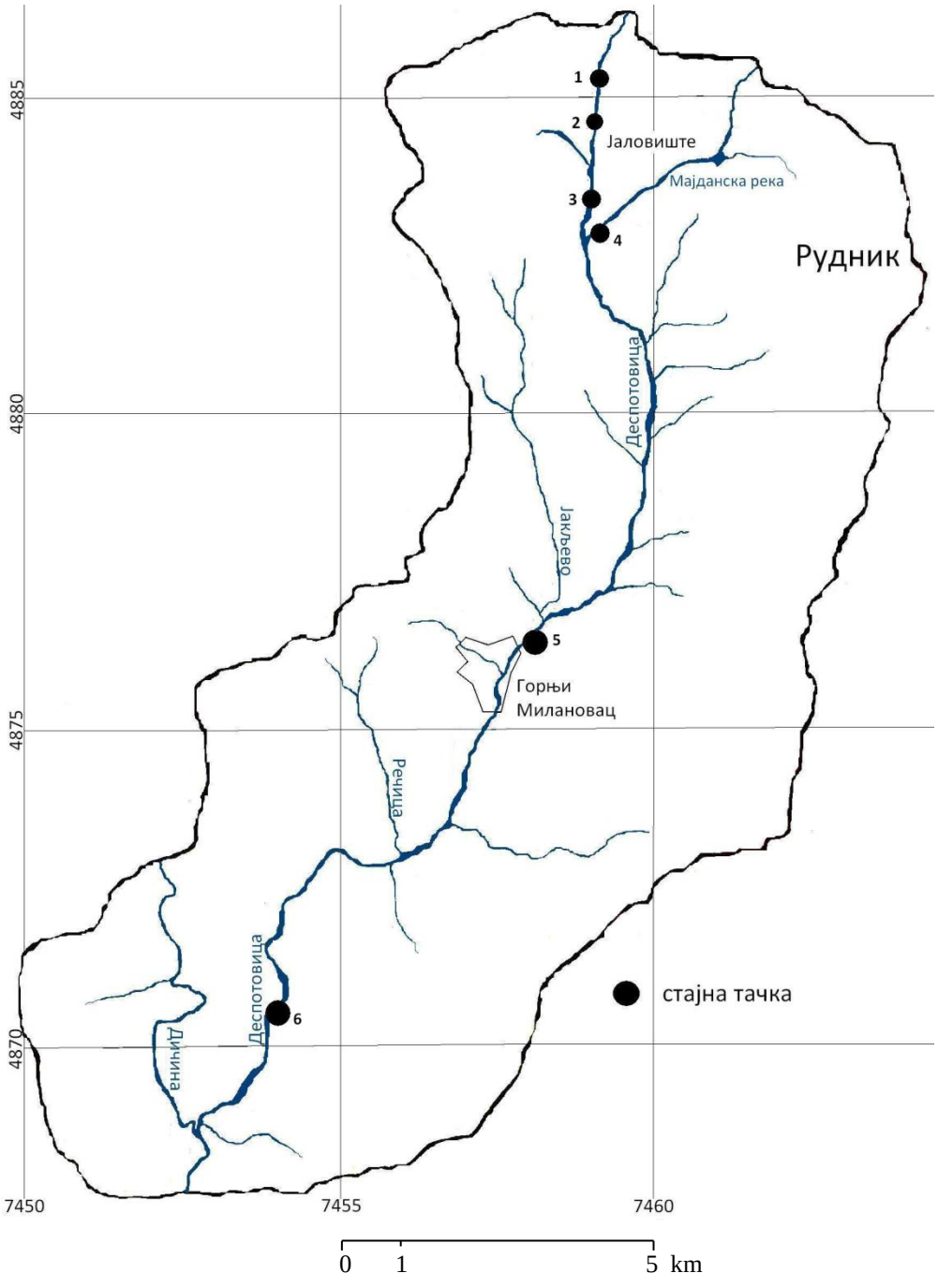


Слика бр.1. Географски положај слива реке Деспотовице (Филиповић и др, 1978)

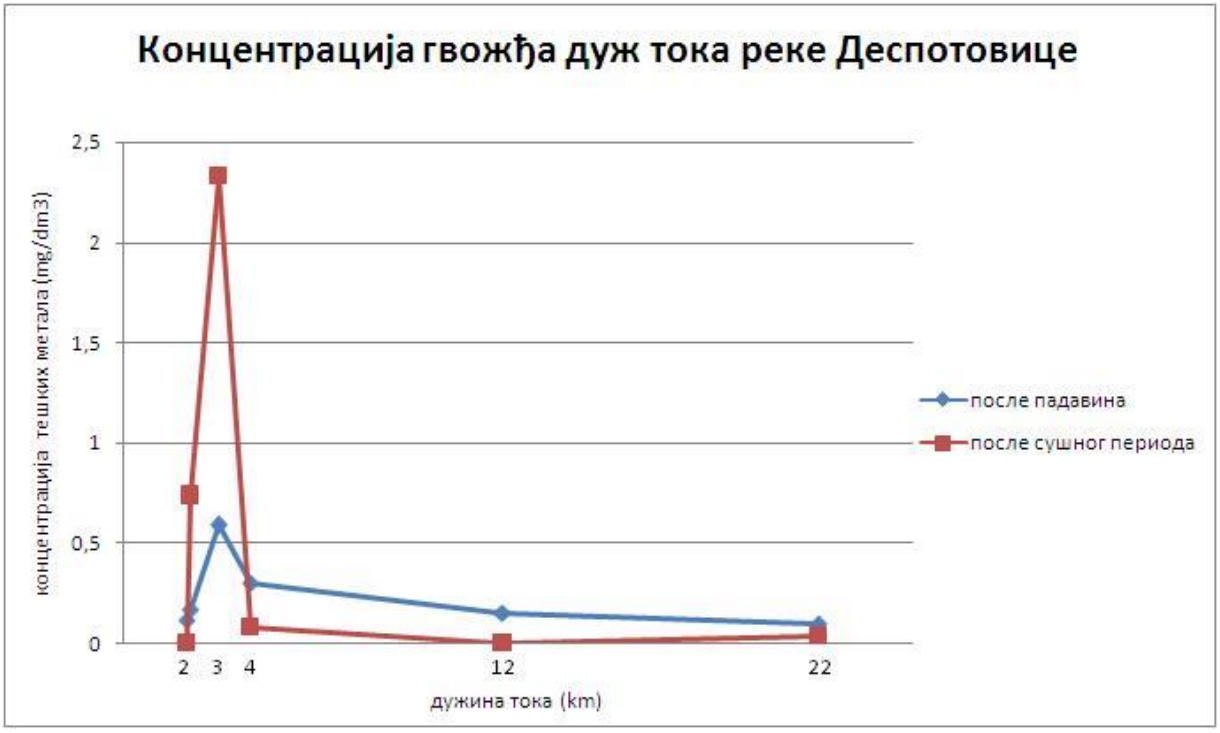
Кључне речи: јаловиште, отпадне воде, тешки метали, река Деспотовица, атомска апсорпциона спектрофотометрија, глине

Увод

Циљ истраживања је био да се утврди утицај јаловишта рудника Pb-Zn на концентрације тешких метала (Fe, Mn, Zn, Cu) у води реке Деспотовице. Истражно подручје се налази у централној Србији, на око 110 km јужно од Београда, а на 12 km северно од Горњег Милановца (Слика бр. 1). Река Деспотовица је дугачка 23,9 km, а њена највећа притока је Мајданска река. Терен горњег дела

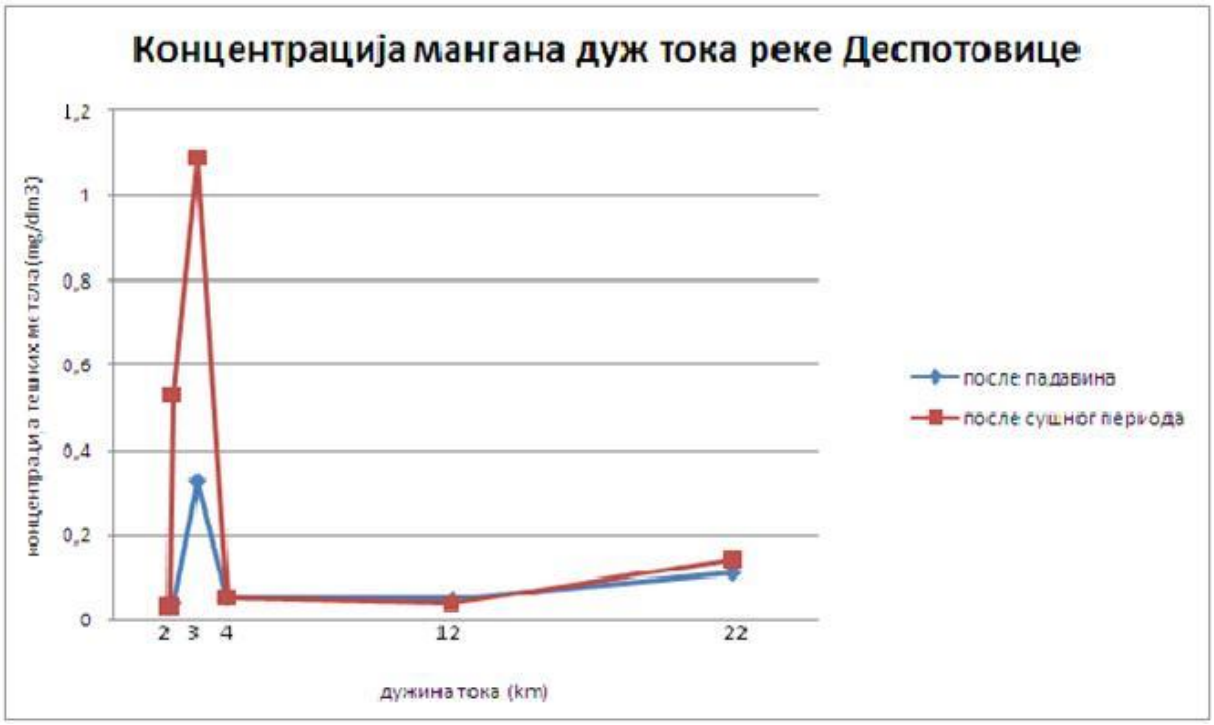


Слика бр. 2. Хидролошка карта слива реке Деспотовице
(према ОГК СФРЈ Л34-137 Горњи Милановац, Л34-138 Крагујевац и К34-5 Чачак ,1:100000)



Слика бр. 3. Концентрација гвожђа дуж тока реке Деспотовице (mg/dm^3) (аутор)

тока реке Деспотовице изграђују дацитско-андезитске масе, у чијем су саставу, поред осталог и сфалерит (ZnFeS), галенит (PbS) и халкопирит (CuFeS) који саджи примесе Mn и чине основну рудну масу. Терен средњег и доњег дела тока реке Деспотовице изграђују глине монтморионити (Филиповић и др, 1978). Јаловиште рудника се налази у горњем делу тока реке Деспотовице, између другог и

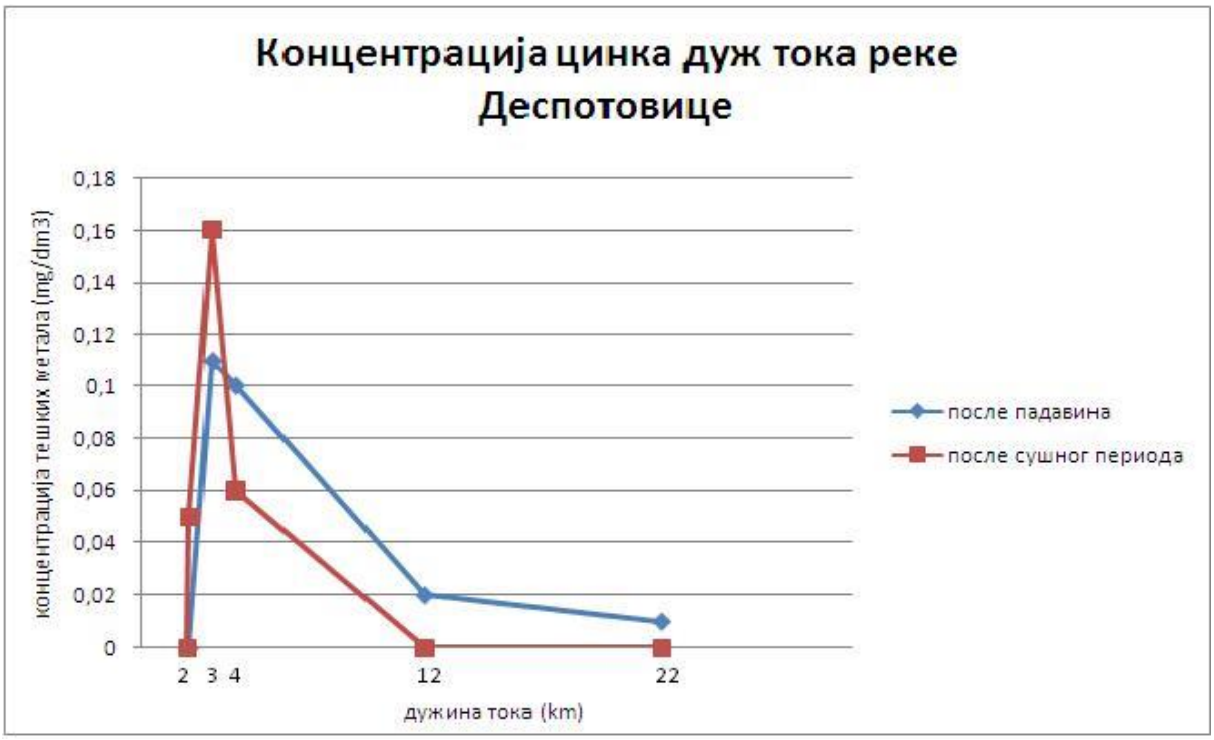


Слика бр. 4. Концентрација мангана дуж тока реке Деспотовице (mg/dm^3) (аутор)

трећег километра, а отпадна вода јаловишта се директно излива у реку преко два канала, смештених на другом и трећем километру горњег тока (Слика бр. 2).

Методе

Истраживање је изведено почетком месеца јуна и у другој половини месеца августа 2016. године, применом хидролошких и хидрохемијских метода. Обухватило је теренски, лабораторијски и кабинетски рад. У оквиру теренских истраживања два пута је узоркована вода из реке Деспотовице са шест стајних тачака. Узорковање је први пут извршено почетком јуна, током кишног периода, а други пут средином августа, током сушног периода.



Слика бр. 5. Концентрација цинка дуж тока реке Деспотовице (mg/dm^3) (аутор)

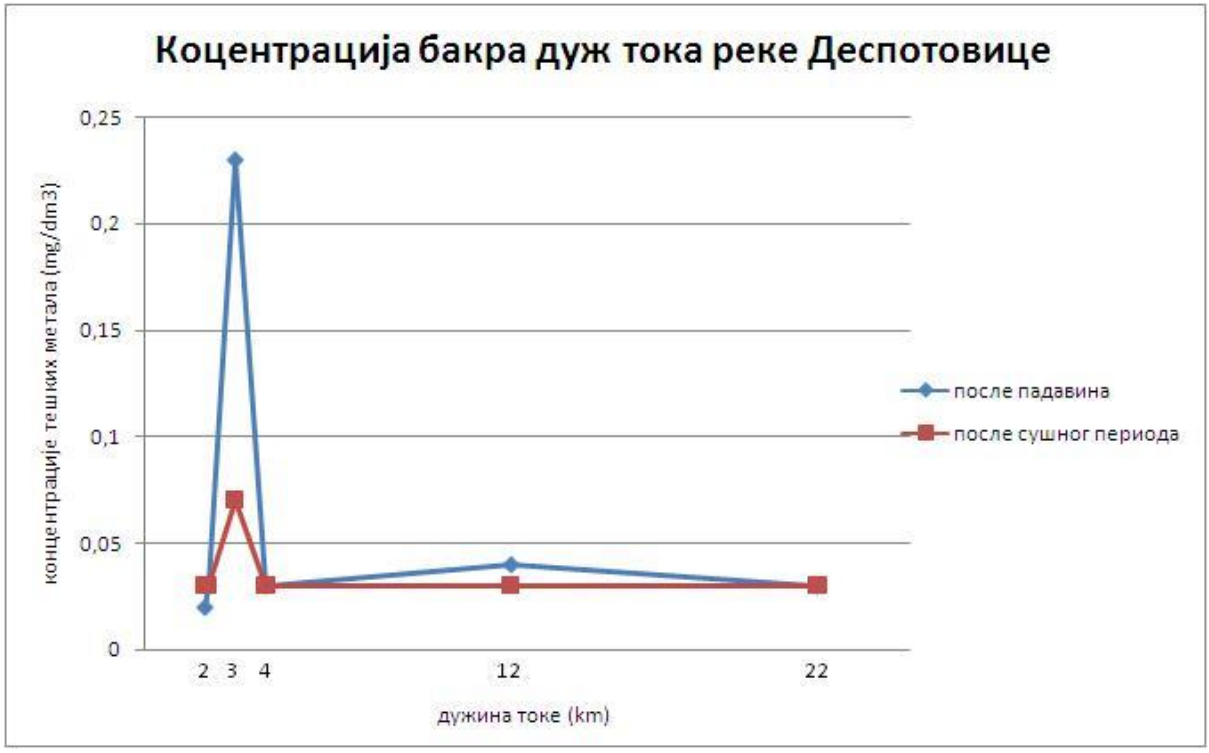
Прва стајна тачка је обухватила узорковање воде у горњем току реке. Друга стајна тачка је обухватила узорковање воде после изливања отпадне воде из првог канала, а трећа после изливања отпадне воде из другог канала. На четвртој стајној тачки је узоркована воде са ушћа Мајданске реке у реку Деспотовицу, а пета и шеста стајна тачка су обухватиле узорковање воде средњег и доњег дела тока реке.

Лабораторијским испитивањем одређене су концентрације гвожђа, мангана, цинка и бакра у води методом атомске апсорпционе спектрофотометрије (Thermo electron S2AA System).

Резултати и дискусија

Резултати добијени хемијском анализом узорака показују да се концентрације Fe, Mn, Zn и Cu повећавају у горњим деловима тока реке (стајна тачка 2 и 3), као и да се те концентрације знатно смањују у средњем и доњем делу тока (стајна тачка 4, 5 и 6) (слика бр. 3, 4, 5, 6). У стајној тачки 2, после изливања воде из првог канала јаловишта, концентрације тешких метала се мало повећавају, док се

нагли раст концентрација примећује на стајној тачки 3, после изливања воде из другог канала јаловишта. Концентрације Fe, Mn и Zn су на стајним тачкама 2 и 3 током сушног периода повишене у односу на кишни период. Концентрација Cu је на стајним тачкама 2 и 3 током кишног периода повишена у односу на сушни период. Знатно опадање концентрација свих испитиваних тешких метала је примећено на стајној тачки 4.



Слика бр. 6 Концентрација бакра дуж тока реке Деспотовице (mg/dm^3) (аутор)

Претпоставља се да су концентрације тешких метала повећане на стајним тачкама 2 и 3 због директног изливања отпадне воде из јаловишта у реку. Опадање концентрација тешких метала на стајним тачкама 4, 5 и 6, односно у средњем и доњем делу тока, условљено је приливом воде притока које се уливају у реку Деспотовицу. Може се претпоставити да глине монтморионити адсорбују један део тешких метала из воде реке Деспотовице (Митић, 2013).

Поред тога, претпоставља се и да повишена концентрација Cu током кишног периода потиче од фунгицида (плави камен, $CuSO_4 \times 5H_2O$) који се користи у оближњим воћњацима и виноградима, а највише око стајне тачке 3 (Станчевић 1994).

Закључак

Анализом резултата хемијских анализа воде реке Деспотовице, може се закључити да отпадна вода јаловишта (која се директно улива у реку) утиче на концентрације тешких метала (Fe, Mn, Zn и Cu) нарочито током кишних периода. Повишена концентрација Cu у горњем току реке се може објаснити и активним коришћењем фунгицида.

Захвалност

Велику захвалност дугујем својим менторима Миленку Тријићу и професорки Оливери Јосимо-

вић за помоћ око анализе добијених резултата. Такође се захваљујем и професорки Др Снежани Николић Мандић за помоћ око анализе резултата хемијских испитивања; Др Дејану Грујићу и Снежани Савић, за помоћ при лабораторијском раду; Љубици Перић и Нини Јевтић за помоћ у реализацији методе атомске апспорпционе спектрофотометрије; Драгици Кнежевић, професорки хемије у Гимназији *„Таковски устанак“* у Горњем Милановцу, за помоћ око припреме узорака; Дејану Видојевићу и Алекси Матовићу, за помоћ при теренском раду; Ивони Биочанин, за помоћ при кабинетском раду.

Литература

1. Филиповић И. и др. (1978), Тумач листа Л34 - 137 Горњи Милановац ОГК СФРЈ, Савезни геолошки завод, Београд
2. Станчевић А. (1994), Да нам воћке роде сваке године. Издавачко предузеће „Литопапир“, Чачак
3. Митић А. (2013), Припрема сорбената на бази монтморионита за уклањање неорганских и органских полутаната из воде, Природно-математички факултет - Департман за хемију Ниш

Jovan Dmitrovic

The impact of tailings on the concentration of heavy metals in the water of the Despotovica river

Abstract

The aim of this research was to establish the impact of tailings on the concentration of heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in the water of the Despotovica river. Sampling has been performed on six landing points along the Despotovica river. Concentrations of iron, manganese, zinc and copper have been determinated by atomic absorbation spectrophotometry method. Results show that the concentrations of Fe, Mn, Zn and Cu in the upper parts of the Despotovica river are increased because of direct inflow of wastewater from the mines tailings, while they, in the lower parts od Despotovica river, are decreased because of inflow of other smaller rivers and because of clays montmorionites, around the middle course of Despotovica river. Impact on the concentration of copper has regular use of fungicides that rain washes into the river.

Keywords: tailings, waste water, heavy metals, Despotovica river, atomic absorbation spectrophotometry, clays, fungicides

Аутор: **Љубица Милановић** (1998), Смдеревска Паланка, Краља Петра Првог бр. 6/8.
ученица 4. разреда, Прва крагујевачка гимназија, Крагујевац
Ментор: Др **Дејан Грујић**, *лекар*
специјалиста клиничке биохемије, шеф одељења за лабораторијску дијагностику
Дом здравља Нови Кнежевац, Нови Кнежевац

ИСПИТИВАЊЕ САДРЖАЈА ТЕШКИХ МЕТАЛА У ПОДЗЕМНИМ ВОДАМА КАО МОГУЋЕГ УЗРОКА БАЛКАНСКЕ ЕНДЕМСКЕ НЕФРОПАТИЈЕ У СЕЛУ МИЛОШЕВАЦ

Резиме

Балканска ендемска нефропатија (БЕН) је хронична болест бубрега за сада непознате етиологије. Многи фактори су предложени као њени узрочници (укључујући вирусе, бактерије, микотоксине, индустријско загађење, радиоактивна једињења, итд), али ниједан од њих није потврђен.

Према савременим радовима постоје три вероватна узрочника ове болести: аристолохинска киселина (АА - алкалоид биљке Aristolochia clematitis, у народу позната као Вучја стопа), охратоксин А (ОТА - микотоксин из плесни рода Aspergilus и Penicillium) и неки метали из воде за пиће као што су кадмијум и олово.

На ендемском подручју у долини Велике Мораве, село Милошевац, анкетирани су оболели од БЕН и урађена су хемијска испитивања концентрације тешких метала (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Co, Ni) у узорцима воде из бунара у њиховим домаћинствима.

Према резултатима анкете не постоји основ према коме би се аристолохинска киселина и охратоксин А из хране могли сматрати узрочницима ендемске нефропатије у испитиваном ендемском подручју, као ни тешки метали из воде, којих је, са изузетком никла у два копана бунара и мангана у једном, било у дозвољеним концентрацијама.

Кључне речи: Балканска ендемска нефропатија, аристолохинска киселина, охратоксин А, тешки метали, етиологија.

Увод

Балканска ендемска нефропатија (БЕН) је хронична болест бубрега за сада непознате етиологије, која је описана први пут пре скоро 50 година. Многи фактори су предложени као узрочници Балканске ендемске нефропатије (укључујући вирусе, бактерије, микотоксине, индустријско загађење, радиоактивна једињења, итд), али ниједан од њих није потврђен.

Балканска нефропатија је хронично тубулоинтерстицијално обољење бубрега које је географски ограничено на земље Балканског полуострва (централна и југоисточна Србија, југозападна Румунија, североозападна Бугарска, југоисточна Хрватска, у деловима Босне и на Косову). Ово обољење доводи до прогресивног неповратног пропадања бубрежног ткива које води потпуној зависности пацијената од лечења дијализом. Балканску нефропатију често прати и карцином горњих партија уринарног тракта (S.V.M. Maharaj et all, 2013).

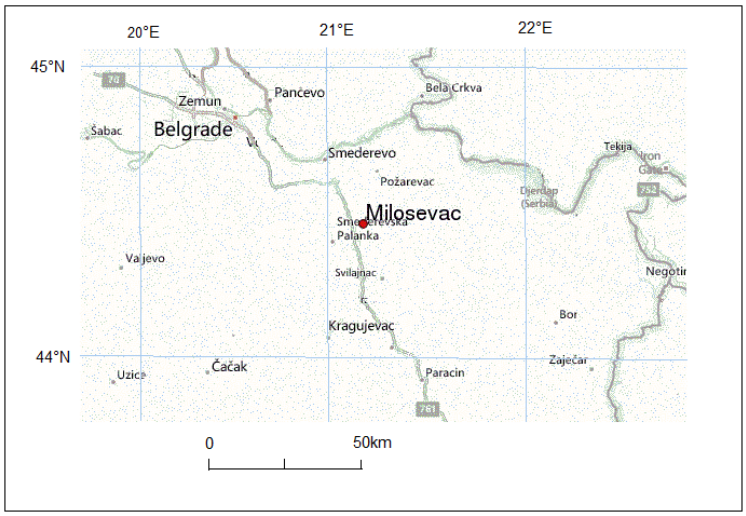
Према раду Slade et all. из 2009. године епидемиолошка, патолошка, клиничка и биохемијска

испитивања потврђују да је аристолохинска киселина (АА - алкалоид биљке *Aristolochia clematitis,* у народу позната као Вучја стопа*)* главни фактор ризика за ендемску нефропатију.

Према раду Yordanova et all. из 2010. године охратоксин А (ОТА - микотоксин из плесни рода *Aspergilus* и *Penicillium*) представља ризик за развој болести, а код пацијената оболелих од ендемске нефропатије се тај ризик повећава.

Веће концентрације Pb, Mn, Cu и Cd, би могле имати значај у етиологији балканске ендемске нефропатије. Недостатак цинка у том подручју може имати улогу у појави ове болести, Orem W.H. et all. из 2002. године.

Једно од ендемских подручја за балканску нефропатију је у сливу Велике Мораве, атар села Милошевац (Слика 1).



Слика 1. Географски положај истраживаног подручја
(према географској карти, размере 1: 300000)

Истражно подручје припада територији општине Велика Плана, која је на 90 km југоисточно од Београда. Село Милошевац се налази на 10. km северно од Велике Плане.

Општина Велика Плана припада Подунавском округу и има површину од 345 km^2 и у њој живи, према попису становништва из 2011. године, 40.902 становника (од тога 16.088 у граду и 24.814 на сеоском подручју). Кроз општину пролази река Велика Морава дужином од 36 km и простире се правцем југ-север. Просечна надморска висина општине износи 122.38 m, а чак 56% укупне површине се налази на надморској висини испод 100 m. Највиша тачка је Караула са 297 m надморске висине (Агенција за консталтинг ЕКОПЛАН, 2010).

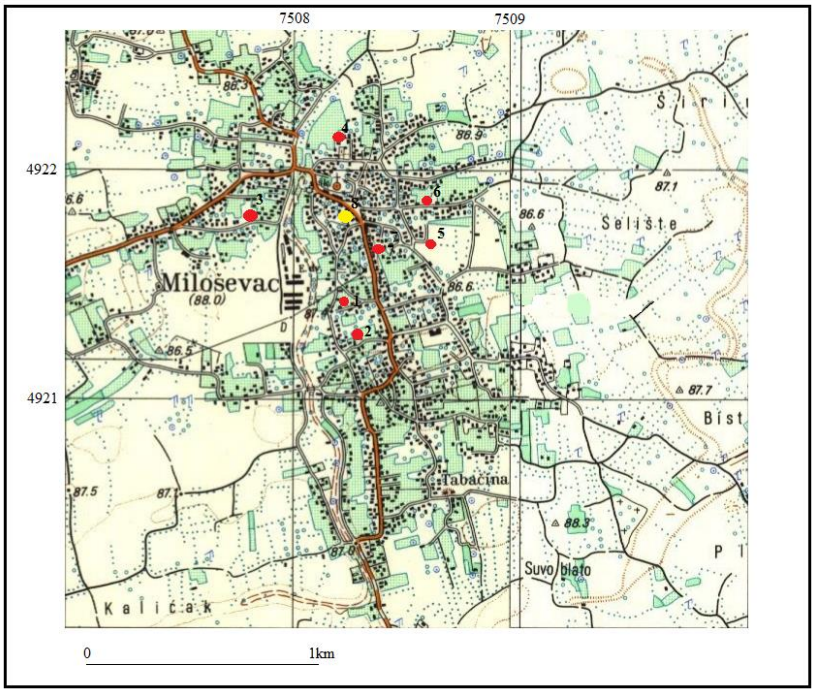
Циљ истраживања је испитивање присуства тешких метала у подземним водама, са могућим нефротоксичним дејством, одговорних за настанак балканске ендмеске нефропатије код становника села Милошевац.

Задатак истраживања је био да се установе концентације одређених метала (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Co, Ni) у пијаћој води у тим домаћинствима, што би имало значаја у даљим испитивањима и откривању узрочника БЕН-а.

Методе

Истраживање је спроведено у периоду од 25. јула до 30. августа месеца 2016. године применом основних хидрохемијских метода кроз теренски, лабараторијски и кабинетски рад.

Током обиласка терена који је спроведен у периоду од 25. до 30. јула месеца 2016. године. Регистрована су домаћинства у којима живе становници оболели од балканске ендемске нефропатије. Оболели становници су интервјуисани уз помоћ претходно припремљене анкете која садржи 80 питања одвојених у две групе (анкетни лист дат је у прилогу). Прва група питања односила се на личне податке испитаника, док се друга група питања односила на услове живота, животне навике, избору воде за пиће и изложености штетним агенсима који могу бити потенцијални узрочници балканске ендемске нефропатије. На терену је вршено и узорковање подземних вода за хемијску анализу. На Слици 2 приказан је распоред бунара са ознакама узорака.



Слика 2. Приказ локације бунара са нумерацијом узорака воде
(према топографској карти, размере 1: 25000)

Сакупљено је укупно 8 узорака подземних вода од којих је седам узорака узето из копаних бунара у домаћинствима где живе оболели од балканске ендемске нефропатије, а један узорак из артерског бунара у центру села. У прикупљеним узорцима воде вршено је одређивање концентрације тешких метала (олова, кадмијума, цинка, бакра, мангана, гвожђа, кобалта, никла). Концентрације тешких метала одређиване су методом атомске апсорпционе спектрофотометрије у узорцима који су претходно пет пута концентровани упаравањем.

Резултати и дискусија

Резултати анкете о навикама, условима живота и изложености токсичним материјама оболелих од ендемске нефропатије

Током истраживања регистровано је и анкетирано укупно десет становника села Милошевац

који су оболели од балканске ендемске нефропатије, од тога 4 мушкарца и 6 жена. Испитаници су просечне старости од 60.5 година (од 44 до 77 година). Код испитаника болест траје у просеку 4 године (од 1 године до 7 година). Четири испитаника је навело да је болест присутна и код њихове родбине у крвном сродству, на истом подручју, или код супружника (у два случаја). Четири испитаника навело је да, поред балканске ендемске нефропатије, има или је имало још неко обољење уринарног тракта (бубрежна циста, упала бешике, упала мокраћних путева). Само је 3 испитаника рођено у Милошевцу, али сви, осим једног испитаника који се доселио из Урошевца (са другог ендемског подручја), ту живе дуже од двадесет година.

Анализа података добијених анкетом указује на чињеницу да испитаници нису довољно информисани о природи болести од које болују, јер седморо испитаника није ни чуло за израз *„балканска ендемска нефропатија”*.

Ни један од испитаника не конзумира чај од вучје стопе (*Aristolochia Clematitis*).

У току претходних тридесет година сви испитаници су некада имали обрадиву земљу и домаће животиње. Сада два испитаника нема ни њиве ни домаће животиње. Оранице су им углавном поред реке Велике Мораве и догађа се да буду поплављене. На питање о количини средстава за заштиту биља испитаници су одговорили да или не користе или имају једно до два третирања, што говори да се ради о умереном коришћењу пестицида, како сада тако и пре 30 година. Резултати анкете указују да је убирање летине, складиштење и мељава уобичајена за, како ендемско, тако и за неендемска подручја. Време чувања житарица је углавном до годину дана. У последњих 30 година шест испитаника је навело да је неколико пута имало плесан на ускладиштеним житарицама. Половина ових испитаника је такве житарице бацала, половина користила као сточну храну. Испитаници наводе да се до пре око 30 година брашно од жита са сопствених њива користило за припрему хране у домаћинству, док данас користе индустријско брашно. Као храна за стоку користе се житарице са сопствених њива.

Пре 30 година њих седморо је млеко добијало од својих крава, а троје је куповало у продавници, а сада сви купују у продавници. Месо сви конзумирају, а њих осморо добијају од своје стоке, како данас тако и пре 30 година.

Табела 1. *Концентације тешких метала у узорцима воде из бинара у селу Милошевац*

Број узорка	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Pb (mg/dm^3)	0,00362	0,0000	0,00160	0,00000	0,00322	0,00000	0,00000	0,00638
Cd (mg/dm^3)	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Zn (mg/dm^3)	0,03384	0,2636	0,43018	0,16664	0,03928	0,17894	0,00164	0,00428
Cu (mg/dm^3)	0,03978	0,03094	0,04096	0,03040	0,02860	0,04226	0,02080	0,02746
Mn (mg/dm^3)	0,01940	0,97458	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Fe (mg/dm^3)	0,00000	0,00000	0,01936	0,03534	0,00000	0,00000	0,00250	0,00000
Co (mg/dm^3)	0,03096	0,02990	0,02240	0,02516	0,02128	0,02314	0,01642	0,01826
Ni (mg/dm^3)	0,01884	0,02184	0,00808	0,01846	0,01558	0,01272	0,02688	0,01256

С обзиром да у селу није развијена водоводна мрежа сва домаћинства имају сопствене бунаре. Копани бунари су просечне дубине око 12 m (од 8 до 18 m) и основни су извор водоснабдевања у

селу. Воду за пиће користе сви са својих бунара уз употребу хидрофора. У селу нема ни канализационе мреже. Сва домаћинства имају хигијенске услове за живот са мокрим чвором, издвојеним економским двориштима и адекватним објектима за стоку и чување житарица.

Испитаницима су показане фотографије неких корова и њиховог семена. Амброзију је препознало три испитаника, а вучију стопу њих петоро. Семе ових корова нико није препознао, што наводи на закључак да им се није појављивало у комбајнираним житарицама.

Током обиласка терена, на необрадивим површинама атара села Милошевац уочена је велика распрострањеност биљке *Aristolochia Clematitis.*

Резултати хемијске анализе подземних вода

Концентрације испитиваних тешких метала у узорцима подземних вода у селу Милошевац приказани су у табели бр 1.

- У свим узорцима воде детектоване концентрације олова су ниже од максималне дозвољене концентрације у води за пиће (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99) која износи 0.01 mg/dm^3.
- Максимална дозвољена концентрација кадмијума у води за пиће износи 0.003 mg/dm^3 (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99). Ни у једном од испитиваних узорока кадмијум није детектован.
- Максимална дозвољена концентрација цинка у води за пиће износи 3 mg/dm^3 (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99). У испитиваним узорцима највиша детектована концентрација цинка је 0.4302 mg/dm^3, а најнижа је 0.0016 mg/dm^3, што значи од седам до хиљаду осамстотина пута мање од максимално дозвољеног. Овако ниске концентрације цинка у води за пиће добијене су и код румунских истраживача (Orem W.H. et all. 2002) на њиховом ендемском подручју, што их је навело на закључак да недостатак цинка у води може имати улогу у појави БЕН-а, без обзира што постоје други извори овог елемента у исхрани, јер и биљке са овог подручја евидентно пате од недостатка цинка.
- Максимална дозвољена концентрација бакра у води за пиће износи 2 mg/dm^3 (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99). У испитиваним узорцима детектоване концентрације бакра су од 0.0208 до 0.0423 mg/dm^3.
- Максимална дозвољена концентрација мангана у води за пиће је 0.05 mg/dm^3 (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99). У шест испитиваних узорака количине мангана нису детектоване. У узорку број један детектована концентрација мангана била је испод границе максимално дозвољеног, а у узорку број два далеко виша, износила је чак 0.9746 mg/dm^3, што је скоро двадесет пута више од максимално дозвољене концентрације. Повишен садржај мангана у водама најчешће проистиче из састава земљишта на ком су бунари копани. С обзиром да је код бунара 2 добијена вредност значајно већа него код осталих узорака вода, претпоставља се да је узрочник повећане концентрације мангана распад материје у поменутом бунару, неког остатка дрвета (пањ или корење) или из заосталог дрвета приликом копања бунара. Генерално се не препоручује употреба вода за пиће које имају повишен садржај мангана јер се он повезује са великим бројем болести, најчешће са Алцхајмеровом болести. Овако висока концентрација мангана сигурно да има својих негативних последица по здравље људи, али је пронађена само у једном бунару, тако да не представља доказ о улози мангана у појави БЕН-а.
- Максимална дозвољена концентрација гвожђа у води за пиће је 0.3 mg/dm^3 (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99). У пет испитиваних узорака гвожђе није детектовано. У узорцима број 3, 4 и 7 детектоване концентрације су испод дозвољеног максимума.
- Према српском стандарду (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99) не постоји максимално дозвољена концен-

трација кобалта у води за пиће, али у истом стандарду у табели максимално допуштених концентрација хемијских супстанци у флашираној природној води за пиће стоји да кобалта не сме да има.

- Према америчком стандарду WI DNR - Drinking Water and Groundwater Quality Standards/Advisory Levels максимално дозвољена количина кобалта у води за пиће износи 0.04 mg/dm^3. У свих осам испитаних узорака детектована је концентрација кобалта од 0.0164 до 0.0310 mg/dm^3. Према овим резултатима вода са овог подручја не би смела да се флашира, али може да се конзумира.
- Дозвољене количине никла у води за пиће су 0.02 mg/dm^3 (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99). У шест испитаних узорака никл је испод границе максимално дозвољене концентрације. Узорак број два (0.0218 mg/dm^3) и број седам (0.0269 mg/dm^3) имају вишу концентрацију никла од законом дозвољеног максимума у води за пиће. Никл је пронађен у благо повишеној концентрацији само у два узорка, што није довољно да би се његова прекомерна концентрација повезала са појавом ендемске нефропатије.

На основу концентрације испитаних метала (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) воде из бунара бр. 1, 3, 4, 5, 6, и 8 задовољавају законом прописане критеријуме за воду за пиће. Вода из бунара бр. 7 садржи повишену концентрацију никла (0.269 mg/dm^3), а вода из бунара бр. 2 има високе концентрације мангана (0.9746 mg/dm^3) и никла (0.0218 mg/dm^3).

Закључак

Анализом анкете дошло се до закључка да су место живљења и генетска предиспозиција вероватни услови за појаву балканске ендемске нефропатије без обзира на пол и место рођења, што потврду налази у раду Чукурановића са сарадницима 2004. у коме су испитивани генетички аспекти балканске ендемске нефропатије.

Аристолохинска киселина која по Slade-у и сарадницима из 2009. може да буде узрочник ове болести тако што преко семена биљке *Aristolochia clematitis* чији је алкалоид, доспева у брашно које становништво конзумира. Ово истраживање је потрврдило да се хронично тровање аристолохинском киселином преко брашна не може сматрати механизмом настанка балканске ендемске нефропатије у селу Милошевац, јер оболели становници користе индустријско брашно.

Истраживање је такође указало да је ретка појава плесни на ускладиштеним житарицама, што упућује на закључак да ни изложеност охратоксину А није већа него код других становника Србије. Плесниве житарице становници не користе у својој исхрани, али обзиром да је користе у исхрани стоке постоји могућност тровања охратоксином А преко млека и меса. Анкетирани мештани пију само индустријско млеко, тако да би допунска истраживања требало да испитају могућност тровања охратоксином А само преко меса.

Истраживањем је потврђено да у подземним водама испитиваног подручја нису униформно присутне повишене концентрације тешких метала (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Co, Ni), па се хронично тровање тешким металима преко воде за пиће не може сматрати узроком појаве балканске ендемске нефропатије.

Ако су узрочници аристолохинска киселина и охратоксин А, а у организам оболелих не улазе преко хране требало би их тражити у пијаћој води без обзира на концентрацију, јер се зна да само дуготрајна изложеност (преко 20 година боравка на ендемском подручју) доводи до обољења. Ово упућује на то да би даља испитивања у трагању за узрочницима балканске нефропатије требало и даље тражити у води за пиће.

Захвалност

Искрено се захваљујем ментору Др Дејану Грујићу на несебичној помоћи, сугестијама, стрпљењу и подршци. Захваљујем се и Љубици Перић и Нини Јевтић, руководиоцима програма хемије, као и Миленку Тријићу и Снежани Савић, сарадницима на програму геонаука.

Захваљујем се и мештанима села Милошевац на њиховом издвојеном времену за разговор.

Литература

1) Maharaj S.V.M., Orem W.H., Tatu C.A., Lerch H.E., Szilagyi D.N., 2013, Organic compounds in water exctracts of coal: links to Balkan endemic nephropathy. Eviron Geochem Helth. 2013; 36 (1): 1-17.

2) Slade N., Moll V., Brdar B., Zorić A., Jelaković B., 2009, p53 mutations as fingerprints for aristolochic acid - an enviromental carcinogen in endemic (Balkan) nephropathy, MutatRes, 2009, 663 (1-2): 1-6.

3) Yordanova P., Wilfried K., Tsolova S., Dimitrov P., 2010, Ochratoxin A and β_2 - microglobulin in BEN Patients and Control, Toxin (Basel). 2010, 2(4): 780-792.

4) Orem W.H., Tatu C.A., Feder G.L., Finkelman R.B., Herch H.E., Maharaj S.V.M., Szilagyi D., Dumitrascu V., Paunescu V., Margineanu F., 2002, Environment, geochemistry and etiology of Balkan endemic nephropathy: Lessons from Romania, Facta Universitatis, Series: Medicine and Biology Vol 9, No 1, 2002, 39-48.

5) Агенција за консталтинг ЕКОПЛАН, 2010, Катастар загађивача општине Велика Плана, Београд

6) Правилник о хигијенској исправности воде за пиће, (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99).

7) WI DNR - Drinking Water and Groundwater Quality Standards/Advisory Levels, USA, 2011.

8) Чукурановић Р., Маринковић Д., Павловић С., Васовић Љ., Влајковић С., Даковић - Бјелаковић М., Стојановић В., Јовановић И., Угреновић С., Здравкковић Д., 2004, Популационо - генетички аспекти балканске ендемске нефропатије у сливу Јужне Мораве, Београд,Acta MedicaMedianae 2004; 43 (1):11–18.

Ljubica Milanovic

Dtetmination of heavy metal levels in grounwater as possible cause of Balkan Endemic Nephropathy in the village Milosevac

Abstract

Balkan endemic nephropathy (BEN) is a fatal chronic kidney disease of unknown etiology. Many factors have been suggested as its agents (including viruses, bacteria, mycotoxins, industrial pollution, radioactive compounds, etc.), but none of these have been confirmed.

According to contemporary works, there are three probable causes of this disease: aristolochic acid (AA - alkaloid plants *Aristolochia clematitis*, popularly known as the Wolf feet), ochratoxin A (OTA - a mycotoxin from the mold of the genus *Aspergillus* and *Penicillium*) and some metals from drinking water.

In the endemic area in the valley of the Velika Morava - Village Milosevac respondents BEN patients and performed the chemical analysis of concentration of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Co, and Ni) in water samples from wells in their households.

According to the survey did not aristolochic acids not ochratoxin A in foods are not endemic causes kidney disease, as well as heavy metals from the water, which, with the exception of nickel in two wells and manganese in one, either in the allowable concentrations.

Key words: Balkan endemic nephropathy, aristolochic acid, ochratoxin A, heavy metals, etiology.

Autori: **Teodora Pungartar** (1998), Barajevo, Vojvode Stepe br. 5.
učenica 3. razreda, Geološka i hidrometeorološka škola *„Milutin Milanković"*, Beograd
Anđelina Čakić (1998), Beograd, Vukasovićeva br. 43/55.
učenica 3. razreda, Geološka i hidrometeorološka škola *„Milutin Milanković",* Beograd
Mentor: profesor **Dušica Petrašinović**, *dipl. inž. geologije*
Geološka i hidrometeorološka škola *„Milutin Milanković"*, Beogradu

TEKTONSKI SKLOP PODRUČJA U SLIVU TOPČIDERSKE REKE

Apstrakt

Interpretacijom strukturnih podataka definisan je tektonski sklop područja u slivu Topčiderske reke. Korišćena je metoda strukturno-tektonske analize terena, pomoću koje su analizirani osnovni elementi plikativnog i disjunktivnog sklopa. Na osnovu statističke analize slojevitosti utvrđena su dva nabora. Jedan je jurske starosti i klasifikovan je kao normal. Nabor miocnske starosti je klasifikovan kao stisnut nabor. Određeni su glavni pravci pružanja pukotinskih sistema po kartiranim jedinicama. Najizraženiji pravac pružanja pukotinskih sistema jurske starosti po azimutu je SI-JZ. Dominantan pravac pružanja pukotinskih sistema kredne starosti po azimutu je ISI-ZJZ. U tvorevinama miocenske starosti dominantan pravac pružanja po azimutu je je SI-JZ. Podređeni pravac je SZ.

Ključne reči: slojevitost, nabori, pukotine

Uvod

Područje istraživanja je sliv Topčiderske reke. Nalazi se u centralnoj Srbiji, u Beogradu, zauzima četri gradske opštine, Voždovac, Rakovica, Čukarica i Savski venac. Topčiderska reka je desna pritoka reke Save. Najviša tačka istražnog područja je brdo Straževica sa visinom 209 mnv. Područje je naseljeno i razvijena je infrastruktura.

Prvi podaci o geologiji terena u okviru lista Beograd datiraju od kraja 19. veka, kada su A. Boue i A. Visquenel opisali kredu u Topčiderskoj reci. J. Žujović je prvi dao podatke o neokomu, dok je P. Pavlović proučavao neogen. Prvu detaljnu geološku kartu daje D. Antula (1910). Kredne tvorevine opisuju u svojim radovima V. Petković (1925,1936), B. Milovanović (1940) i dr. Za poznavanje neogenih tvorevina pored P. Pavlovića (1922-1932) značajne radove daju i V. Laskarev (1924), P. Stevanović (1938-1941) i B. Stepanović (1938-1940). Posleratni period se karakteriše većim brojem radova sa podacima specijalističkih istraživanja. Za poznavanje jurskih tvorevina značajni su radovi S. Lukovića (1954), M. Anđelkovića (1954, 1972, 1973), K. Petkovića i M. Anđelkovića (1965), K. Petkovića i D. Veselinovića (1956), D. Veselinovića (1965), J. Mitrovića (1967), J. Obradovića (1967) i dr. O problematici neognih tvorevina dali su značajne priloge P. Stevanović (1951-1972), P. Stevanović i O. Miletić (1951, 1972), P. Černjavski (1951), V. Laskarev (1950), B. Dimitrijević (1953), K. Veljković-Zajec i R. Džodžo (1951), R. Tomić-Džodžo (1953), N. Pantić (1954), V. Nastić (1961), V. Milošević (1961), N. Krstić (1960, 1963), N. Krstić i M. Kićović (1964) i dr. Podat-ke o tektonici ovog područja nalazimo u radovima P. Pavlovića (1972), M. Anđelkovića (1973), N. Milojevića, B. Filipovića i N. Dimitrijeviča (1975) i dr.

Vulkanogeno-sedimentna formacija - pščari, laporci i glinci (J^3)

U dolini Topčiderske reke razvijeni su u donjem delu jurskih sekvenci sedimenti sa submarinskim izlivima bazičnih stena, dijabaz spilitskog tipa, koje možemo sa dosta pouzdanosti shvatiti kao najstariju formaciju jure na listu Beograd. Ova formacija se često naziva i vulkanogeno-sedimentnom formacijom. Vulkanogeno-sedimentnu formaciju možemo shvatiti kao tvorevinu jednog dužeg vremenskog razdoblja od oksforda do titona. U sastav ove formacije pre svega ulaze peščari i glinci, često silifikovani, mrke boje sa prevlakama mangana, zatim rožnaci tamnosive, plavičaste i rumenkaste boje i bazični vulkaniti. Debljina ovih sedimenata je 200 m.

Berijaski i valendijski slojevi - glinci i laporci ($^1K_1$)

Najniži delovi donjokrednih sedimenata razvijeni su u više lokalnosti i imaju različito facijalno razviće. Na obodu Makiša, zatim u slivu Topčiderske reke (u donjem toku Lisičjeg potoka i u dolini Banjske reke) nalaze se donjokredni sedimenti, uglavnom glinovito-laporovito-peskovitog sastava, sa tankim interkalacijama laporovitih krečnjaka i kalkarenita. Starost ovih sedimenata određena je na osnovu bogate lamelibranhijatske i brahiopodske faune, ehinodermata, cefalopoda. Debljina ovih sedimenata je oko 100m.

Baremsko-aptski flišni sedimenti ($^3K_1$)

Baremsko-aptski slišni sedimenti u okolini Beograda su tek nedavno izdvojeni u oblastima sela Rušnja i Barajeva. Odlikuju se ritmičnom smenom uglavnom dva osnovna tipa stena, peščara tipa sitnozrnih do krupnozrnih subgrauvaka i glinaca, pored kojih se nalaze laporci, peskoviti i glinoviti, zatim laporoviti krečnjaci, krečnjaci i alevroliti. Facijalne odlike ovih sedimenata su sitna kosa slojevitost, prisustvo bioglifa i mehanoglifa, smenjivanje u vertikalnom pravcu različitih litoloških članova. Debljina im je 80-200m.

Sedimenti urgonske facije - bankoviti krečnjaci ($^3K_1$)

Urgonska facija donje krede poznata je odavno u okolini Beograda.Razvijena je oblasti donjeg toka Topčiderske reke, na užem području, Beograda, Topčideru, Košutnjaku, Dedinju i Banovom Brdu. Česta bočna i vertikalna smena krečnjaka, peščara, kalkarenita i reže peskovitih glinaca ukazuju na veliku dinamičnost vode u ovom morskom prostoru gde se pored čisto sprudnih krečnjaka, nalaze subsprudni krečnjaci i peščari, koji su prelazili u flišne i dubokovodnije tvorevine sinhronične po vremenu stvaranja sa urgonskim slojevima okoline Beograda. Debljina je oko 200m.

Sarmat - krečnjaci, gline i peskovite gline (M^1_3)

Prirodni izdanci su koncentrisani u zoni ekshumiranog paleoreljefa, po obodu Topčiderskog brdda, Banjičkog Visa, duž zapadne padine Torlaka, sa obe strane Topčiderske reke na dolinskim stranama između mezozoika (Miljakovac, Kanarevo brdo, Košutnjak, Rakovica) in a jugoistočnim padinama Straževice prema Resniku. Sa izuzetkom depresije između Belih Voda i Rakovice, od Topčiderskog brda na jug do kraja lista, sarmat je svuda transgresivan preko mezozojskog paleoreljefa beogradskog rta. U donjem delu preovlađuju sive gline, peskovite gline, laporci sa proslojcima peska. To je, po fauni tipičan volinski podkat (“slojevi sa Syndosmya reflexa” ili *“risoidni-hidrobiski slojevi”*) sa proslojkom dacitskog tufa, od 0,25 m debljine. U gornjem delu sarmata su krečnjaci, dolomitični krečnjaci, organogeni krečnjaci različitog roda (ceritski “pužarac” serpulit, školjčani krečnjak, oolitski, foraminifermski i briozojski krečnjak, i dr.). Na kontaktu donjeg

i gornjeg horizonta po pravilu izbijaju jači izvori, pa i prava vrela (Bele Vode, Repište, sremačke Vodice id r.), tako a i ovi gravitacioni izvori i njihov raspored omogućavaju razgraničenje dva horizontal na terenu. Gornji ili krečnjački horizont postepeno naviše prelazi u laporce, koji u početku još uvek sarmatski, a zatim neosetno prelaze u bele laporce panona. Na užoj teritoriji Beograda postoji i prelaznni sarmat-panonski horizont, granica sarmat-panon postaje heterogena, u početku sa naizmeničnim smenjivanjem sarmatskih krečnjaka i laporaca sa panonskim laporcima. Volinski horizont sa Syndosmya refleya otkriven je na Karaburmi, u Magacinskom potoku (Rakovica), Sremčici (Vodice), u tunelu Kneževac-Bele Vode i dr. Krečnjački (delom peščarski i laporoviti lagunski) sarmat najvećim delom pripada srednjem sarmatu (besarabski podkat). Preovlađuju ooliti i sprudni varijeteti krečnjaka. Posebnu faciju u krečnjačkom horizontu čine banci sastavljeni od Ostrea gigensis sarmatica (Žarkovo, Kneževačke krečane, mostarska petlja, Bulevar Vojvode Putnika). Ranije se mislilo dad ostrejski nivo pripada isključivo najnižem sarmatu. Međutim, pored ostrejskog nivoa u najnižem sarmatu (Lisičji potok, Kanarevo brdo, Kneževac) postoji i viši ostrejski horizont vezan za krečnjač-ki horizont koji je obično *"prelivnotransgresivan"* preko paleoreljefa. U krečnjacima i dolomitičnim krečnjacima Kneževačkih krečana nalazi se proslojak tufa vezan za poslednju fazu vulkanizma u okolini Beograda. Posebnu, lagunsku faciju čine srednjesarmatski laporci i listasti, po malo bituminozni glinci, u kojima se bočno raslojavaju srednjosarmatski krečnjaci. Drugu karakterističnu faciju čine konglomerati i grubi blokovi od urgonskog krečnjaka u sarmatskom karbonatnom matriksu, otkriveni na Topčiderskom brdu u vodovodnom tunelu. Ova serija, debljina do 20m, leži ispod belog laporca panona, a bočno prolazi u sarmatske oolitične krečnjake i čaporovite krečnjake i laporce. Postanak ovih blokova nije dovoljno objašnjen. Izgleda da su se formirali uz vrlo strme urgonske krečnjake gde je bilo intenzivnog obrušavanja materijala. U nekim slučajevima sarmat leži preko oslađenog ili sprudnog tortona (Miljakovac, predgrađe Rakovice, sprud u ul. Proleterskih brigada). Debljina sarmata nigde ne prelazi 40-50 m, a obično je 20 m.

Tektonika

Na području istraživanja kao strukturnu karakteristiku izdvajamo obodni deo Unutrašnjih dinarida. Ova jedinica je izgrađena od dva strukturna sprata, mezozojski strukturni sprat i neogeni strukturni sprat.

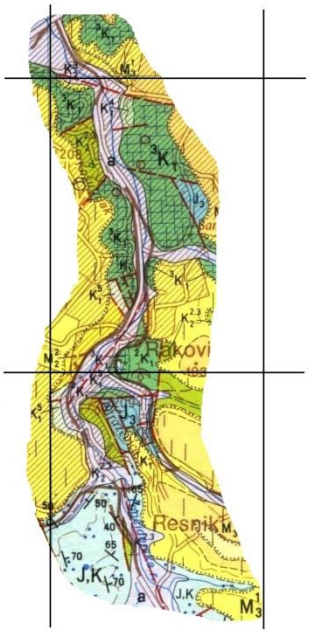
Mezozojski strukturni sprat

Izgrađen je od gornjojurskih i krednih tvorevina koje su u većoj meri maskirane neogenim sedimentima. Opšti pravac pružanja mezozojskih tvorevina je SSZ-JJI. Strmi padovi i česti inversni položaji sedimenata odražavaju snažne tektonske pokrete kojima su često dovedeni u kontakt sedimenti različite starosti. U okviru istražnog područja zapaženi su bore Košutnjaka i razlomna zona Topčiderske reke. Razlomna zona Topčiderske reke može da se promatra na samom terenu u brojnim otkrivenim profilima, na fotomaterijalima, kao i na skanogramu Landstata. Ova lokacija je od regionalnog značaja i duž nje su obavljena znatna kretanja, tako da su dovedene u kontakt tvorevine ne samo razlilite starosti, već i različitih facija. Glavni pokreti na ovom području su obavljeni u postkrednom periodu, kada je došlo do stvaranja linearnih nabora različitih dimenzija kao i reversnih rasedanja.

Neogeni strukturni sprat

U periodu neogena je nastao niz obodnih raseda prema Panonskoj depresiji (Kalemegdanski, Makiški, i dr.) kao i razlomna zona Straževice koja je deformisala ranije formiranu razlomnu zonu Rakovičke reke.

Znatan deo disjunktivnih oblika iz ovog “sprata” nastao je na terasama ranije postojećih oblika, tj. reaktivisanjem starijih razlomnih zona.



Slika 1: Geološka karta istražnog područja (List za Beograd)

Metode

Istraživanje je izvedeno u toku avgusta 2016. godine metodom strukturno-tektonske analize (Dimitrijević 1964). Sastojalo se iz dve faze: terenskog prikupljanja podataka i kabinetske obrade rezultata. Terensko istraživanje je izvedeno prvom polovinom meseca u Beogradu, na 7 stajnih tačaka i na 43 izdanaka. Ukupno je prikupljno 720 podataka o elementima pada slojevitosti, pukotinskih sistema, kao i rasednih struktura. Merenje elemenata pada (azimut i padni ugao) je izvršeno klasičnim metodama geološkog kartiranja iz oblasti strukturno-geološkog istraživanja pomoću geološkog kompasa. Kabinetska obrada je izvršena drugom polovinom meseca u Istraživačkoj stanici Petnica i sastojala se iz dva dela: (1.) strukurne analize plikativnog sklopa i (2.) strukturne analize disjunktivnog sklopa.

Strukturno-tektonska analiza se koristi u svrhe utvrđivanja načina postanka i mehanizma tektonskih deformacija na osnovu vidljivih strukturnih oblika.

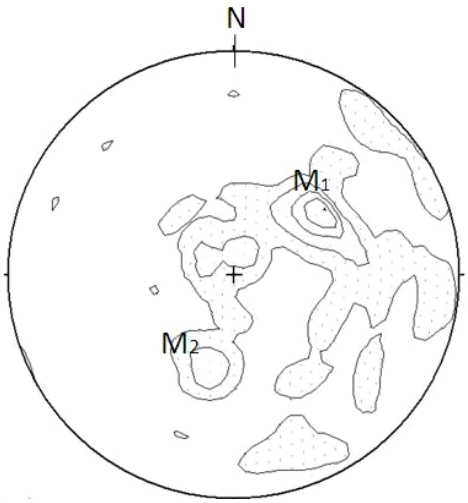
1. Strukturna analiza plikativnog sklopa

Strukturna analiza i interpretacija slojevitosti sastojala se iz 2 faze: (1.) statističke analize prikupljenih elemenata pada o orijentacije slojnih površi; (2.) utvrđivanja i objašnjenja nabornih struktura. Statistička analiza je izvršena računarski, korišćenjem programa TectonicsFP (referenca). Cilj strukturne analize je bio izrada strukturnih dijagrama, na osnovu kojih se vrši dalja analiza i tumačenje tektonskog sklopa terena. Elementi pada svih izmerenih slojnih površi na terenu su podaci koji su korišćeni za izradu konturnih dijagrama sklopljenih tako da čine jedinstveni uzorak, reprezetativan za celokupno istražno područje. Izrađeni su konturni dijagrami slojevitosti na kojima su prikazane gustine koncentracije slojnih površi u prostoru. Primenjen je postupak izrade konturnih dijagrama (Dimitrijević 1964) koji je obuhvatao nekoliko uzastopnih postupaka: (1.) izradu tačkastog dijagrama, (2.) određivanje klasa gustine, (3.) izvlačenje izolinija gustine i

(4.) grafičko opremanje konturnih dijagrama. Ovaj proces je modifikovan kako bi se koristio u računarskom programu za statističku analizu. Za proučavanje nabornih struktura i njihovo definisanje iskorišćen je postupak Dimitrijevića (1964). Najvažniji pokazatelj vrste geometrije i kinematičke deformacije koje su oblikovale izdanak predstavljaju slojne površi nastale u sedimentnim stenama tog područja. Slojevitost (slojne površi - ss) predstavlja osnovni oblik razdvajanja sedimentnih stena u prostoru koji je predstavljen mehaničkim diskontinuitetima nastalim u toku sedimentacije. koji se zasniva na prethodno odrađenom terenskom strukturnom istraživanju. Proučavanje nabora daje podatke o obliku, geometriji morfoloških elemenata i tipu nabora (Dimitrijević 1978). Nabor je složena geološka struktura nastala kao posledica kontinuiranih deformacija u Zemljinoj kori (Petković 1977). Osnovne karakteristike nabora čine sledeći strukturni elementi: krila nabora, osa nabora, aksijalna površ i vergenca nabora.

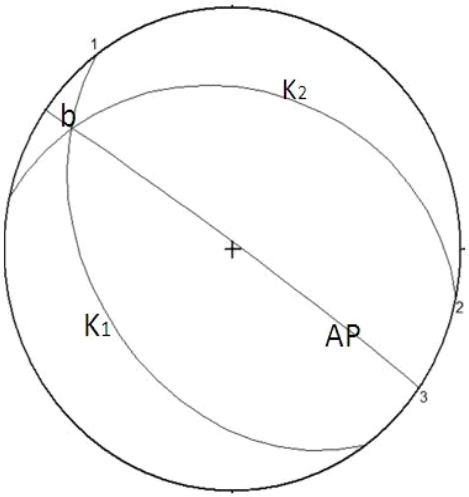
2. Strukturna analiza disjunktivnog sklopa

Na terenu su mereni elementi pada pukotina radi utvrđivanja njihovog položaja, orijentacije i geometrijskog odnosa sa ostalim strukturnim elementima. Na terenu je prikupljeno ukupno 467 podataka o elementima pada pukotina.



Slika 2: Konturni dijagram slojevitosti jurske starosti
M1- maksimum gustine ; M2- najizraženiji podmaksimum gustine

Statističkom analizom pukotina, izvršenom po standardnom postupku (Dimitrijević 1964; Dimitrijević 1978), uz modifikacije Banjca i Marovića (1990) izrađene su rozete generalnih pravaca pružanja pukotinskih sistema. Podaci koji su korišćeni za izradu rozeta su elementi pada pukotina, korišćenjem softverskog programa Tectonics FP (Referenca). Rezultat interpretacije pukotinskog sklopa područja predstavlja utvrđivanja rekonstruisanih sistema pukotina, njohovog položaja i orijentacije, kao i geometrijskog odnosa sa ostalim strukturnim elementima. Na ovaj način dobijeni sistemi pukotina daju samo statističku sliku koja najviše odgovara primenjenom teorijskom modelu i na taj način predstavlja interpretaciju pukotinskog sklopa istraživanog područja.



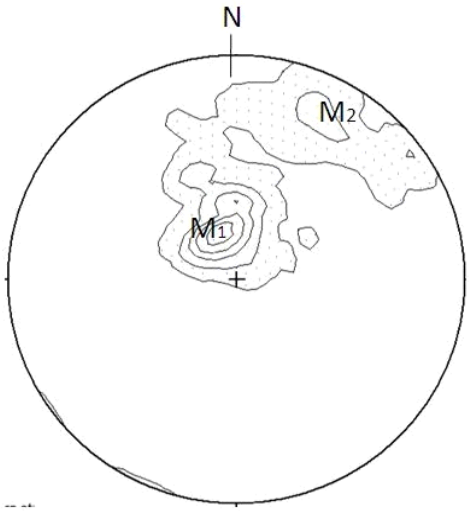
Slika 3: Dijagram utvrđenog nabora jurske starosti i njegovih morfoloških elemenata
K_1 i K_2 - krila nabora; AP - aksijalna površ

Rezultati i diskusija

Rezultati su prikazani tekstualno, tabelarno i grafički. Tekstualno su objašnjene metode, dobijeni rezultati i zaključak. Tabelrano su prikazane tabele statističke vrednosti elemenata pada. Grafički su prikazani konturni dijagrami, rozete i Šmitovi dijagram.

Istraživanjem slojevitosti na terenu Topčiderske reke prikupljeno je ukupno 223 merenja o pojedinačnim slojnim površima izdanaka stenskih masa na terenu. Statističkom analizom ovih podataka izrađeni su konturni dijagrami, na kojima su prikazane klase gustine i određeni maksimumi i podmaksimumi za svaku kartiranu jedinicu posebno. Urađeni su konturni dijagrami za slojevitost u sedimentima jure, krede i miocena.

Na osnovu merenja u tvorevinama jurske starosti izdvojeno je 90 podataka o slojnim površima (Slika 1). Prikaz nabora i njegovih morfoloških elemenata na Šmitovom dijagramu (Slika 2).



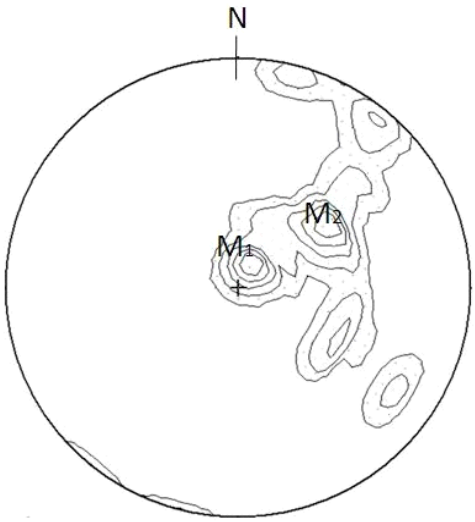
Slika 4: Konturni dijagram slojevitosti u tvorevinama kredne starosti

Na konturnom dijagramu uočava se maksimum gustine (M1) koji markira krilo nabora K1 koje pada ka SI, sa elementima pada 234/39. Najizraženiji podmaksimum gustine (M2) označava krilo nabora K2, koje pada ka JZ, sa elementima pada 12/34. Ugao raspona krila nabora iznosi 112°. Osa nabora se nalazi u

severozapadnom kvadrantu dijagrama i ima elemente pada 304/15°.Aksijalna površ nabora ima elemente pada 35/88. Vergenca nabora je 2°. Nabor je klasifikovan kao otvoren nabor.

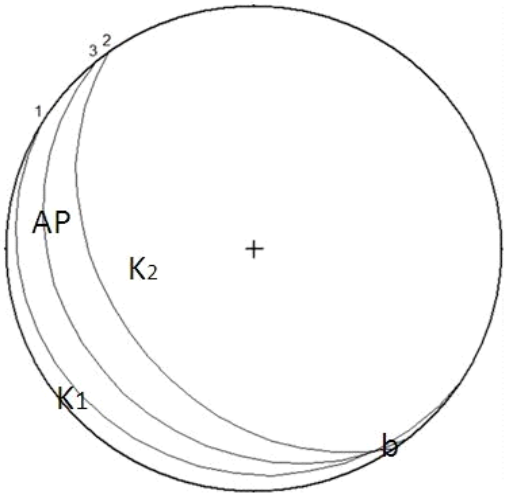
Na osnovu merenja u tvorevinama kredne starosti izdvojeno je 78 podataka o slojnim površima. Na Slici 3. je prikazan konturni dijagram slojevitosti. Na osnovu dobijenih merenja nije moguće rekonstruisati nabor zbog moguće greške u merenju.

Na osnovu merenja u tvorevinama miocenske starosti izdvojeno je 39 podataka o slojnim površima. Na Slici 4. prikazan je konturni dijagram slojevitosti u tvorevinama miocenske starosti.



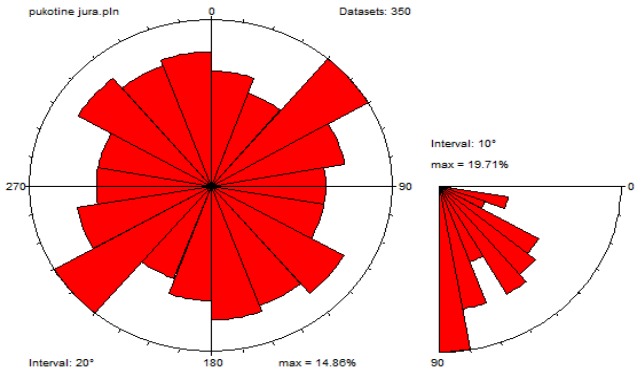
Slika 5: Konturni dijagram slojevitosti u tvorevinama miocenske starosti

Na konturnom dijagramu uočava se maksimum gustine (M1) koji markira krilo nabora K1 koje pada ka SZ-JI, sa elementima pada 212/9. Najizraženiji podmaksimum gustine (M2) označava krilo nabora K2, koje pada ka Z-JI, sa elementima pada 235/39. Ugao raspona krila nabora iznosi 30°. Osa nabora se nalazi u jugozapadnom kvadrantu dijagrama i ima elemente pada 152/2°.Aksijalna površ nabora ima elemente pada 231/22. Vergenca nabora je 68°. Nabor je klasifikovan kao stisnut nabor. Prikaz nabora i njegovih morfoloških elemenata na Šmitovoj mreži dat je na Slici 5.



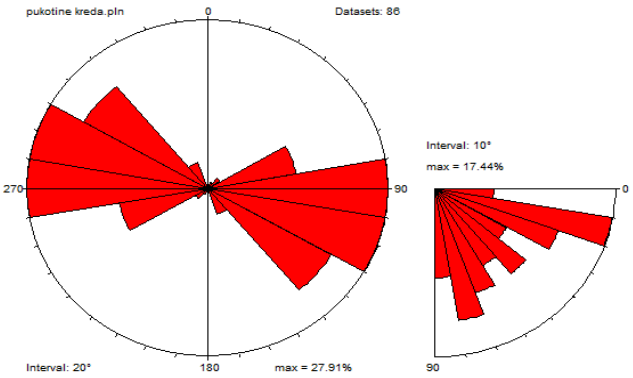
Slika 6: Dijagram utvrđenog nabora miocenske starosti i njegovih morfoloških elemenata.

Na osnovu merenih elemenata pada pukotina na terenu prikupljeno je ukupno 467 merenja. Statističkom analizom ovih podataka izrađene su rozete pravca pružanja po azimutu i padnom uglu za svaku kartiranu jedinicu.



Slika 7: Rozeta pravca pružanja pukotinskih sistema u tvorevinama jurske starosti

U tvorevinama jurske starosti izdvojeno je 350 merenja pukotinskih sistema. Najizraženiji pravac pružanja po azimutu je SI-JZ. Po padnom uglu je izražena interval od 80-90°. Po padnom uglu je izražen interval od 80-90°



Slika 8. Rozeta pravca pružanja pukotinskih sistema u tvorevinama kredne starosti

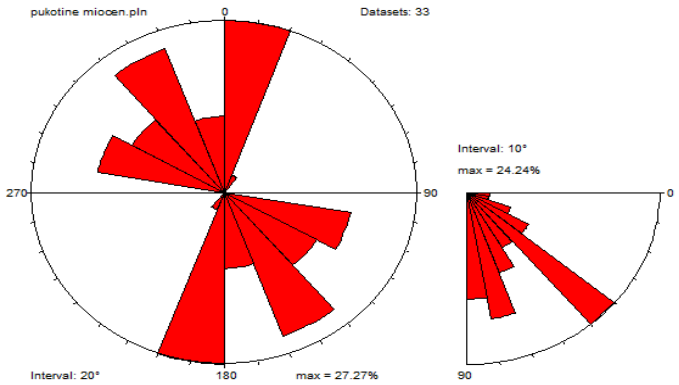
U tvorevinama kredne starosti izdvojeno je 86 merenja pukotinskih sistema. Dominantan pravac pružanja po azimutu je ISI-ZJZ. Po padnom uglu je izražen interval od 10-20°. Na Slici 7. prikazana je rozeta pravca pružanja pukotinskih sistema.

U tvorevinama miocenske starosti izdvojeno je 33 merenja pukotinskih sistema. Dominantan pravac pružanja po azimutu je je SI-JZ. Podređeni pravac je SZ. Po padnom uglu izražen je interval od 40-50°.

Na Slici 8. prikazana je rozeta pravca pružanja pukotinskih sistema.

Zaključak

Ovim istraživanjem interpretiran je tektonski sklop područja u slivu Topčiderske reke. Strukturno-tektonskom analizom terena izmereni su elementi pada uočenih elemenata sklopa i urađena je statistička



Slika 9: Rozeta pravca pružanja pukotinskih sistema u tvorevinama miocenske starosti

obrada podataka. Na osnovu statističke analize slojevitosti utvrđena su dva nabora i to jurske i miocenske starosti. Rekonstruisani nabor jurske starosti klasifikovan je kao normalan nabor i njegov pravac pružanja je SI-JZ. Nabor miocnske starosti je klasifikovan kao stisnut nabor i njegov pravac pružanja je SZ-JI. Određeni su glavni pravci pružanja pukotinskih sistema po kartiranim jedinicama. Najizraženiji pravac pružanja pukotinskih sistema jurske starosti po azimutu je SI-JZ. Dominantan pravac pružanja pukotinskih sistema kredne starosti po azimutu je ISI-ZJZ. U tvorevinama miocenske starosti dominantan pravac pružanja po azimutu je SI-JZ. Podređeni pravac je SZ.

Literatura

1. Anđelković M. 1990. Geološki anali Balkanskog poluostrva LIV. Geološki zavod Univerziteta u Beogradu, Beograd
2. Dimitrijević M. 1964. Strukturna geologija, Rudarsko geološki fakultet, Beograd
3. McClay K. 1987. The mapping of Geological structures. London
4. Banjac N.,Marović M. 1990. O jednom metodu izrade konturnih i prstenastih dijagrama pomoću računara, Geološki anali Balkanskg poluostrva LIV, Geološki zavod Univerziteta u Beogradu, Beograd
5. Fossen H. 2010. Structural Geology. Cambrige. University Press.
6. Petković K. 1975. Geologija Srbije knj. IV - Tektonika, Univerziet u Beogradu, Beograd
7. Avramović A. 2013. Tektonski skloppodručja Rebeljske reke, Petničke sveske, Istraživačka sanica Petnica, Valjevo

Teodora Pungartar
Andjelina Cakic

Tectonic assembly areas in the basin of Topčider River

Structural interpretation of the data is defined tectonic areas in the basin of Topčider River. Used the method of structural-tectonic analysis of the terrain, which are analyzed using basic elements plicative and disjunctive assembly. Based on the statistical analysis of stratification established two folds. One of them is the Jurassic age and is classified as normal. Fold that is Miocene age is classified as a compressed set. The main directions of fracture system are determined by the mapping units. The most important direction of the fracture system of Jurassic age in azimuth is NE-SW. The dominant direction of the fracture system of Cretaceous age in azimuth is ENE-WSW. The formations of Miocene age the dominant direction of the azimuth is the NE-SW. Subordinated direction of the SZ.

Key words: bedding, folds, joints