

# Analiza promene kvaliteta vode reke Gradac kao prirodnog dobra od lokalnog značaja

*Cilj istraživanja je bio da se stekne uvid u promenu kvaliteta vode reke Gradac, poređenjem rezultata hemijskog sastava vode iz 2018. godine sa rezultatima ranijih istraživanja. U drugoj polovini avgusta 2018. godine, uzeti su uzorci vode duž toka reke Gradac sa 20 stajnih tačaka. Određen je sadržaj nitratnih, nitritnih, amonijačnih, sulfatnih i fosfatnih jona. Zbog manjih koncentracija azotnih jedinjenja, kvalitet vode reke Gradac je bolji nego 2014. godine. Vrednosti biološke potrošnje kiseonika prilikom ispitivanja 2018. godine su znatno veće, zbog čega u budućim istraživanjima pažnju treba posvetiti pronalaženju uzroka biološkog zagađenja.*

## Uvod

Istraživano područje je tok reke Gradac koja se nalazi u Zapadnoj Srbiji, u okolini grada Valjeva. Zbog izuzetnih karakteristika, slivno područje (slika 1) je zaštićeno kao prirodno dobro Republike Srbije. Korito reke Gradac usečeno je kroz stene trijasko starosti, od kojih su najviše zastupljeni krečnjaci, a najmanje magmatske stene predstavljene izlivima porfirita i piroklastita. Porfiriti na ovom području imaju u svom mineraloškom sastavu apatit koji pripada fosfatnoj grupi minerala. Sadržaj apatita u navedenim magmatskim stenama je mali ( $\leq 1\%$ ) (Mojsilović et al. 1975).

Istraživanjem iz 2005. godine dobijeno je da voda reke Gradac pripada trećoj klasi vodotokova. Takvo kategorisanje se objašnjava velikim koncentracijama amonijačnih jona duž toka reke

(Milosavljević i Spasojević 2006). Istraživanje koje je sprovedeno 2014. godine pokazalo je da je voda reke pripada četvrtoj i petoj klasi vodotokova. Ove kategorije vodotoka mogu da se objasne prilivom većih količina padavina tokom proleća iste godine, koje su spirale okolno zemljište i u tok reke Gradac unosile zagađujuće supstance. Podaci koji su korišćeni za poređenje preuzeti su iz izveštaja o izvedenom istraživanju na temu: Kvalitet vode reke Gradac (Šarenac i Barudžija 2014).

Cilj ovog istraživanja je bio da se, na osnovu hemijskih analiza vode 2018. godine, stekne uvid u promene kvaliteta vode reke Gradac, poređenjem tih rezultata sa rezultatima prethodnih istraživanja. Takođe, analizirani su mogući povremeni i stalni izvori zagađenja.

## Materijal i metode

Uzorkovanje vode reke Gradac je sprovedeno u drugoj polovini avgusta 2018. godine kad je uzeto 20 uzoraka vode duž toka reke pri čemu je vođeno računa da se mesta uzorkovanja poklope sa mestima uzorkovanja iz prošlih istraživanjima (slika 1).

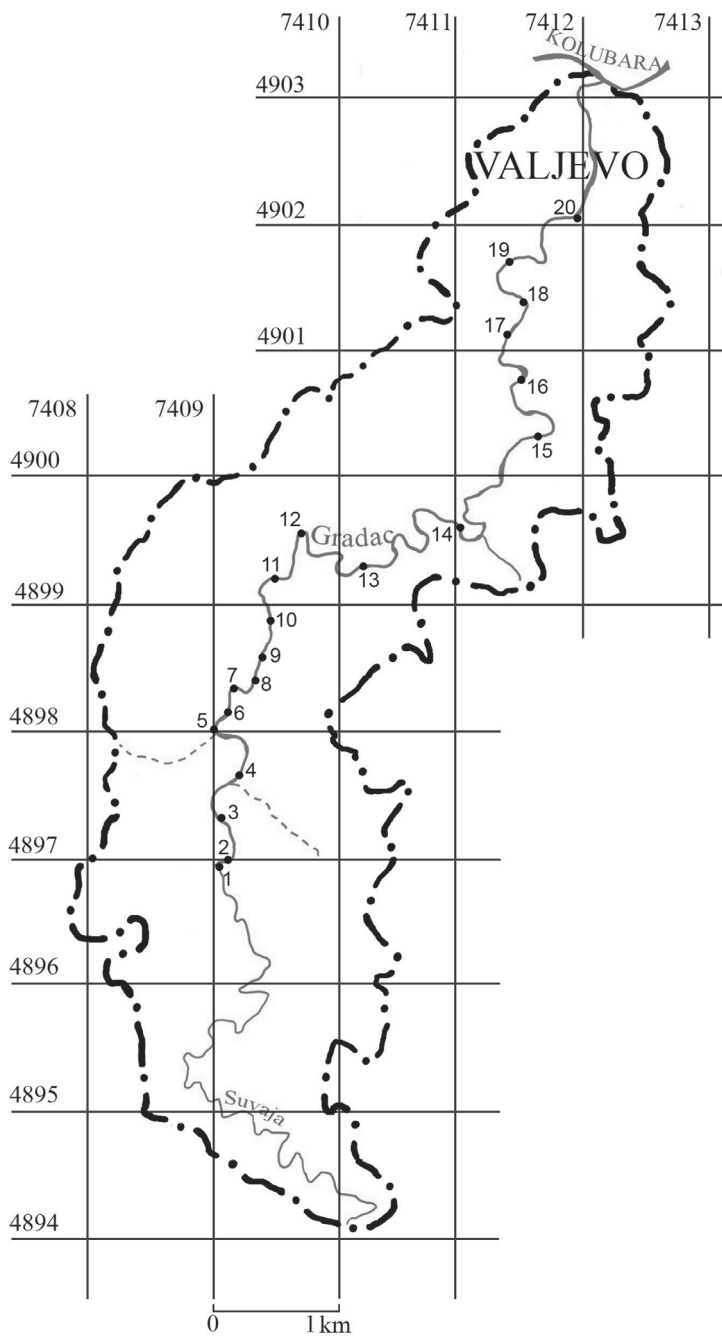
U laboratoriji Istraživačke stanice Petnica, određen je sadržaj nitratnih, nitritnih, amonijačnih, sulfatnih i fosfatnih jona kolorimetrijskom metodom, fotoelektričnim kolorimetrom (Iskra, Kranj). Takođe, određen je i sadržaj kiseonika, organskih supstanci i biološka potrošnja kiseonika posle 5 dana volumetrijskom metodom. Treba napomenuti da za određivanje rastvorenog kiseonika, biološku potrošnju kiseonika i mikrobiološku analizu nisu uzeti uzorci sa svih stajnih tačaka.

---

*Uroš Marković (2000), Lipnički šor, Miodraga Markovića 6, učenik 3. razreda Gimnazije „Vuk Karadžić” u Loznici*

*Aleksa Vizi (1999), Zemun, Dunavska 8, učenik 4. razreda Zemunske gimnazije*

*MENTOR: Nikola Kljajić, master inž. tehnolog, Naftna industrija Srbije, Pančevo*



Slika 1. Hidrološka karta istraživanog područja sa pozicijama mesta uzorkovanja prema TK 478-2-4 Valjevo, TK 478-4-1 Valjevo, TK 478-4-2 Valjevo, 1:25 000

Figure 1. Hydrological map of the investigated area with sampling sites according to TM 478-2-4 Valjevo, TM 478-4-1 Valjevo, TM 478-4-2 Valjevo, 1:25 000

Tabela 1. Položaj i opis mesta uzorkovanja vode reke Gradac

Stajna tačka	Udaljenost od izvora (km)	Opis	Stajna tačka iz istraživanja 2014. godine
1	0.00	Izvor reke	+
2	0.05	Relativna blizina izvora	–
3	0.57	U blizini se nalazi mrtvaja	+
4	1.05	U blizini se nalazi mrtvaja	–
5	1.56	U okoloni su prisutni stambeni objekti	–
6	1.84	U okolini se nalazi veliki stambeni objekat	–
7	2.00	Pored pešačke staze	+
8	2.21	U blizini se nalazi pumpa za vodu	–
9	2.35	Posle izliva vode u reku	+
10	2.89	Neposredno pored poljoprivrednih površina	–
11	3.14	Neposredno pre mesta za kampovanje	–
12	3.64	Posle restorana	+
13	4.55	U blizini se nalazi divlje kupalište	+
14	5.94	Ispred Deguričke pećine	+
15	7.45	Posle Konjičkog kluba	–
16	8.20	Posle restorana	–
17	8.71	Posle izliva vode u reku	–
18	9.23	Posle slivnika i brane na reci	+
19	9.40	Posle gradskog kupališta	+
20	10.01	Posle gradskog kupališta	–

Pri poređenju rezultata hemijskih analiza vode iz 2014. i 2018. godine, uzete su u obzir i količine padavina za te godine prema podacima iz baze <https://www.ogimet.com>. S tim u vezi, treba napomenuti da je period uzorkovanja 2018. godine bio sušan, dok se odgovarajući period 2014. godine može opisati kao umereno kišovito.

Vrednosti biološke potrošnje kiseonika sa stajnih tačaka 5, 6, 8, 12 i 15 su korelisane sa logaritamskim vrednostima broja bakterija na 37°C sa istih stajnih tačaka. Takođe, uzeti su u obzir proticaji reke za period koji odgovara vremenu uzorkovanja. Podaci za proticaj reke Gradac su dobijeni iz Hidroloških godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za 2014. i 2018. godinu.

## Rezultati i diskusija

Vrednosti izmerenih parametara tokom ovog istraživanja, zajedno sa rezultatima istraživanja iz 2014. godine su prikazane su u tabeli 2.

**Amonijačni joni.** Najveća koncentracija je primećena na mestu uzorkovanja posle gradskog kupališta (stajna tačka 19), dok je u okolini ugostiteljskog objekta (stajna tačka 12) uočeno da amonijačnih jona ima ispod granica detekcije. Uočava se da su 2018. godine koncentracije amonijačnih jona manje nego 2014. godine, osim tačaka 5 i 19. Stajna tačka 5 je mesto gde deo vode reke Gradac skreće od glavnog toka i postaje stajaća vodena površina tokom niskih vodostaja. Na slici 3 su prikazane ovogodišnje koncentracije amonijačnih jona, zajedno sa podacima za 2005. i 2014. godinu, na istim stajnim tačkama. Te tačke su zajedničke za sva tri istraživanja pa su izdvojene na poseban grafik.

Na stajnim tačkama 1, 3, 7, 9 nema direktnog antropogenog uticaja, dok se ostale stajne tačke nalaze pored izvora antropogenog zagađenja. Na ovim tačkama može se primetiti da su najviše koncentracije amonijačnih jona konstatovane 2014. godine. Međutim, tamo gde ima direktnog antropogenog zagađenja, najveće koncentracije ustanovljene su 2005. godine (pri tome, u obzir

Tabela 2. Koncentracije ispitivanih jona u vodi (mg/L) prilikom istraživanja 2014. i 2018. godine

Tačka	Tok (km)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		HPK	
		2014	2018	2014	2018	2014	2018	2014	2018	2014	2018
1	0.00		0.06		0.04		6.88		0.04		1.26
2	0.05	0.17	0.06	0.21	0.07	35.2	7.50	0.05	0.04	3.80	0.63
3	0.57	0.17	0.06	0.14	0.00	35.2	7.50	0.07	0.15	4.43	2.53
4	1.05		0.12		0.15		7.50		0.18		3.79
5	1.56	0.17	0.18	0.18	0.07	35.2	6.25	0.03	0.07	4.75	4.43
6	1.84		0.12		0.07		7.81		0.07		5.69
7	2.00		0.00		0.04		5.63		0.00		4.43
8	2.21		0.00		0.04		5.94		0.07		5.06
9	2.35	0.17	0.06	0.29	0.04	23.1	5.63	0.03	0.07	6.33	5.69
10	2.89		0.06		0.15		6.56		0.11		3.16
11	3.14		0.06		0.04		6.88		0.04		3.79
12	3.64	0.17	0.00	0.14	0.07	47.3	4.69	0.16	0.44	4.75	1.26
13	4.55	0.17	0.06	0.10	0.07	14.2	6.56	0.01	0.07	3.79	2.53
14	5.94	0.17	0.12	0.21	0.07	12.8	6.88	0.03	0.07	4.12	4.43
15	7.45	0.17	0.12	0.14	0.04	28.1	6.25	0.03	0.11	5.07	5.69
16	8.20	0.32	0.18	0.06	0.07	17.1	6.25	0.05	0.07	8.86	2.53
17	8.71		0.06		0.07		5.94		0.07		5.06
18	9.23	0.25	0.06	0.14	0.04	20.10	6.25	0.03	0.07	4.43	13.3
19	9.40	0.17	0.42	0.10	0.07	14.06	6.56	0.01	0.07	4.75	8.85
20	10.0		0.24		0.11		5.94		0.07		3.79

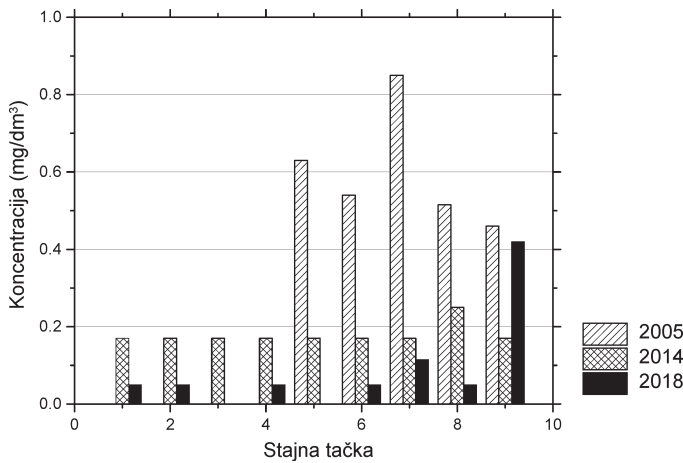
	I klasa
	II klasa
	III klasa
	IV klasa
	V klasa

treba uzeti i činjenicu da se podaci za 2005. godinu odnose na avgust koji je te godine bio sušan i kada je vodostaj reke bio nizak, što je verovatno ostavilo za posledicu povećane koncentracije загаđujućih supstanci). Takođe, na tim mestima se može primetiti da su ovogodišnje koncentracije najmanje, izuzev stajne tačke 19, u čijoj se neposrednoj blizini nalazi gradsko kupalište sa ugostiteljskim objektom.

**Nitriti.** Nagli porast nitrita u vodi je primećen na mestu gde se u neposrednoj blizini vodotoka nalazi mrtvaja (tačka 4). Takođe, porast je pri-

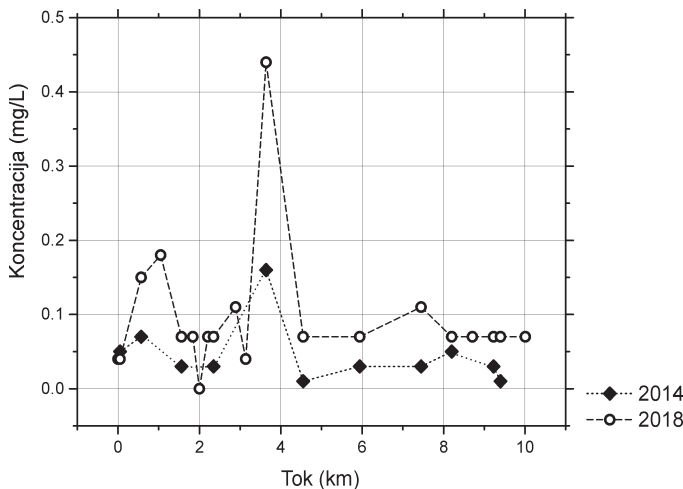
mećen i na tački gde je na levoj obali vodotoka poljoprivredno zemljište (tačka 10). Koncentracije nitrita iz 2014. godine veće od koncentracija 2018, izuzev tačke 16 koja se nalazi na mestu u čijoj se neposrednoj blizini nalazi ugostiteljski objekat. Na navedenom mestu koncentracije nitritnih jona su međusobno veoma slične u obe ove godine.

**Nitrati.** Koncentracije nitratnih jona konstatovane prilikom monitoringa 2018. godine kreću se u rasponu od 4.5 do 8 mg/dm<sup>3</sup>. Zanimljivo, najmanja koncentracija nitratnih jona ove godine



Slika 2. Uporedni prikaz koncentracija amonijačnih jona izmerenih 2005, 2014. i 2018. godine

Figure 2. Comparative view of the concentrations of ammonia ions measured in 2005, 2014 and 2018



Slika 3. Koncentracije fosfatnih jona duž tok reke Gradac

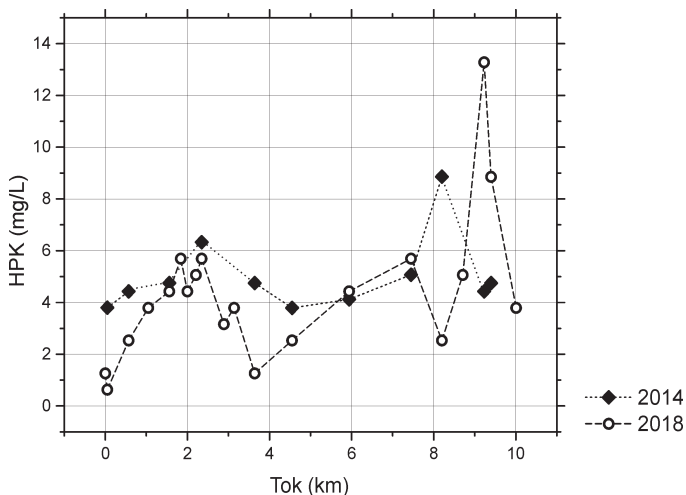
Figure 3. The concentrations of phosphates along the stream of the Gradac river

konstatovana je na mestu gde se nalazi ugostiteljski objekat (stajna tačka 12). Uočava da su koncentracije nitratnih jona 2014. godine bile znatno veće od ovogodišnjih. Te godine najveća koncentracija nitrata je bila na mestu gde je 2018. najmanja (stajna tačka 12), što se može objasniti velikom količinom padavina 2014. godine koja je mogla većim prilivom površinskih voda uticati na sadržaj nitrata na tom mestu.

**Fosfati.** Uporedni prikaz ovogodišnjeg sadržaja fosfata u vodi reke Gradac sa rezultatima iz 2014. godine je prikazan i na slici 3. Na grafiku se može primetiti nagli porast fosfatnih jona na mestu gde je smešten ugostiteljski objekat (stajna tačka 12). To se može objasniti mogućim prilivom detergenata. Takođe se primećuje i blagi

porast fosfata na stajnim tačkama 3 i 4 gde voda reke Gradac prolazi kroz porfirit i piroklastite. Ova dva povećanja koncentracije fosfatnih jona konstatovana su prilikom oba monitoringa (slika 3). Kada se ovogodišnje vrednosti uporede sa rezultatima iz 2014. godine može se primetiti da su uglavnom ovogodišnje koncentracije više. Međutim, izuzev stajnih tačaka 3, 4 i 12, taj porast nije veliki.

**Hemijska potrošnja kiseonika.** Na slici 4 su uporedno prikazane koncentracije organskih supstanci iz ovogodišnjeg istraživanja sa rezultatima iz 2014. godine. Na grafiku se može videti kako su koncentracije organskih supstanci 2014. godine bile veće nego sada, izuzev tačaka 14, 15, 18 i 19. Stajne tačke 14 i 15 su redom, kod



Slika 4. Koncentracije organskih supstanci duž tok reke Gradac

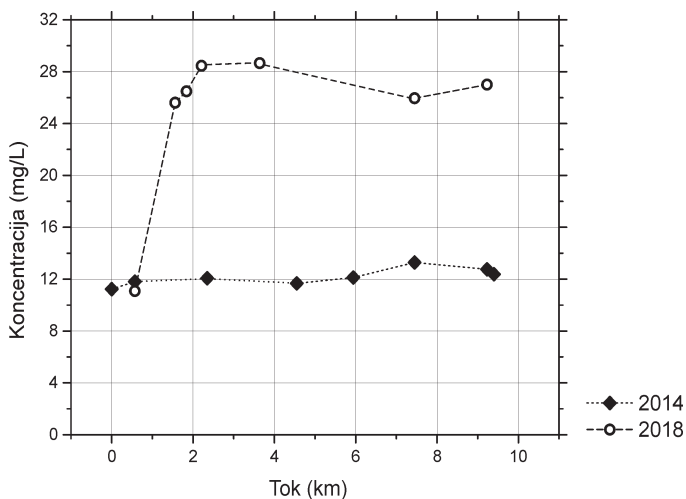
Figure 4. The concentrations of organic components along the stream of the Gradac river

Deguričke pećine i posle konjičkog kluba u Deguriću. Na tim mestima su koncentracije slične kao 2014. godine. Međutim, koncentracije na stajnim tačkama 18 i 19 su daleko veće ove godine. To se može objasniti velikim prisustvom stanovništva na uređenim plažama i ugostiteljskim objektom koji se nalaze u neposrednoj okolini. Na slici 5 su prikazane koncentracije rastvorenog kiseonika uporedo sa rezultatima iz 2014. godine.

Na grafiku se može uočiti da su koncentracije rastvorenog kiseonika sada skoro tri puta veće nego 2014. godine. Važno je napomenuti da je tokom terenskog rada ustanovljena velika pojava algi i ostalih vodenih biljaka duž celog

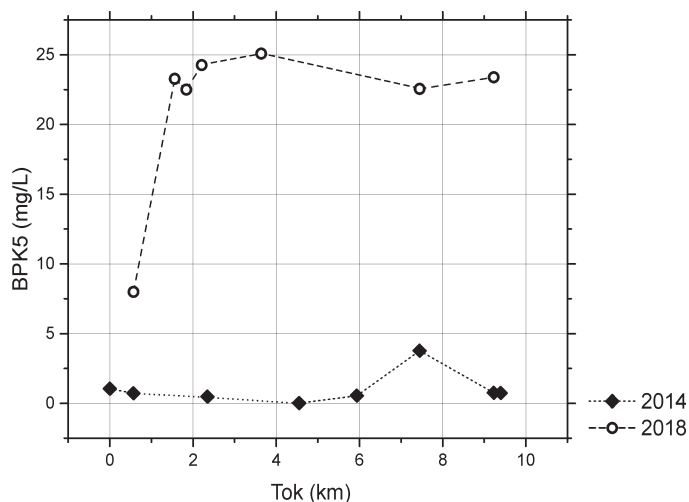
vodotoka. Takođe, kada su koncentracije kiseonika upoređene sa prosečnim proticajima reke Gradac za 2014. i 2018. godinu, nije se mogla uočiti nikakva pravilnost u promeni ovog parametra. S tim u vezi, nije bilo moguće ustanoviti da li je uzrok visokih koncentracija kiseonika 2018. godine promena u proticaju reke u odnosu na 2014. godinu..

Na slici 6 su prikazane vrednosti biološke potrošnje kiseonika posle 5 dana (BPK5) koje se porede sa rezultatima istraživanja iz 2014. godine. Na grafiku se može uočiti da je ovogodišnja biološka potrošnja kiseonika daleko veća nego iz 2014. godine. Kada se vrednosti BPK5 korelišu sa logaritamskim vrednostima količine bakterija



Slika 5. Koncentracije rastvorenog kiseonika duž tok reke Gradac

Figure 5. The concentrations of dissolved oxygen along the stream of the Gradac river



Slika 6. Vrednosti BPK5 duž toka tokom monitoringa 2014. i 2018. godine

Figure 6. The values of BOD5 along the stream of the Gradac river

na 37°C dobija se koeficijent korelacije  $-0.869$ . Ovako izražena negativna korelacija govori da organsko zagađenje koje se nalazi u vodi nije fekalnog porekla (Kagalou *et al.* 2002).

Uočava se da su ovogodišnje koncentracije azotnih jedinjenja manje od koncentracija istih iz 2014. godine sa izuzetkom nekolicine tačaka. Ovogodišnji sadržaj fosfata u vodi je veći nego 2014. godine, dok su koncentracije organskih supstanci manje, izuzev nekoliko stajnih tačaka. Sadržaj kiseonika ove godine je znatno veći od sadržaja iz 2014. godine, i to se može objasniti velikom količinom algi i ostalih vodenih biljaka u vodotoku tokom ovogodišnjih istraživanja. Takođe, velike vrednosti BPK5 govore o niskom kvalitetu vode reke Gradac, mada se može pretpostaviti da zagađenje nije fekalnog porekla.

## Zaključak

Kvalitet vode reke Gradac prilikom monitoringa 2018. godine je bolji nego 2014. godine, prvenstveno zbog manjih koncentracija azotnih jedinjenja. Međutim, treba napomenuti da je sadržaj fosfata veći 2018. nego 2014. godine, i da se to može objasniti jedino ispuštanjem detergenata na mestu gde je ugostiteljski objekat. Takođe, vrednosti BPK5 ukazuju na zagađenje koje na osnovu korelacije sa brojem bakterija ne možemo da svrstamo u fekalno zagađenje. Samim tim, buduća istraživanja na reci Gradac treba po-

svetiti pronalaženju uzroka biološkog zagađenja. Za sada je moguće samo pretpostaviti da to zagađenje vodi poreklo od pesticida, herbicida i veštačkih đubriva.

**Zahvalnost.** Veliku zahvalnost dugujemo Anastasii Ninić, Pavlu Stanareviću i profesoru Radisavu Goluboviću na ispomoći tokom terenskih istraživanja. Zatim, zahvalnost upućujemo svom mentoru, master inž. tehnologu Nikoli Kljajiću na ukazanoj pomoći u tumačenju dobijenih rezultata istraživanja.

## Literatura

- <https://www.ogimet.com/gsynres.phtml.en>
- Kagalou I., Tsimarakis G., Bezirtzoglou E. 2002. Inter-relationships between Bacteriological and Chemical Variations in Lake Pamvotis – Greece. *Microbial Ecology in Health and Disease*, **14** (1): 37.
- Milosavljević J., Spasojević D. 2006. Kvalitet vode reke Gradac. *Petničke sveske*, **61**: 223.
- Mojsilović S., Filipović I., Avramović V., Pejović D., Tomić R., Baklajić D., *et al.* 1975. Tumač za list Valjevo L34-136. Savezni geološki zavod, Beograd
- Šarenac D., Barudžija M. 2014. Izveštaj o izvedenom istraživanju na temu: Kvalitet vode reke Gradac. Program geologije i hidrohemije, Istraživačka stanica Petnica, s. Petnica, 14000 Valjevo

---

*Uroš Marković and Aleksa Vizi*

## **Analysis of Change of Water Quality of Gradac River as a Natural Good of Local Value**

The purpose of this research was to gain insight into the change of water quality of Gradac river by comparing this year's results of the chemical composition of the water with the results of previous research. The water was sampled from 20 different points on the river during

the second half of August. The concentrations of nitrates, nitrites, ammonium ions, phosphates and oxygen were determined in every water sample. Chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD) and the bacterial count were also determined in the samples of the water. The water quality of Gradac river is better than during previous research because of the smaller concentrations of nitrates, nitrites and ammonium ions. However, the values of BOD are significantly higher this year. Thus, future research on the river Gradac should be focused on determining the cause of biological pollution. 