

## KVALITET VODE ZA PIĆE NASELJA ŽIČA (KRALJEVO)

Goran Marković<sup>1</sup>, Jelena Mašković<sup>1</sup>, Jelena Popović Đorđević<sup>2</sup>, Jelena Pantović<sup>1</sup>, Katarina Kekezić<sup>1</sup>

**Izvod:** U radu su prikazane neke karakteristike vodosnabdevanja i kvalitet vode za piće naselja Žiča tokom 2014. i 2015. godine. Analiziran je kvalitet vode iz gradskog vodovoda Kraljevo kojom se snabdeva većina stanovnika i kvalitet planinske vode koju koristi manji broj stanovnika Žiče. Analize fizičko-hemijskih i mikrobioloških pokazatelja kvaliteta sirove i dezinfikovane vode gradskog vodovoda Kraljevo potvrđuju da je voda za piće zdravstveno bezbedna. Rezultati fizičko-hemijskih i mikrobioloških analiza planinske vode ukazuju na njen lošiji kvalitet. Uočena je bakterijska kontaminacija planinske vode bakterijom *Escherichia coli* i mezofilnim bakterijama koje su indikatori fekalnog zagađenja. Preporuka rada je da se kompletno naselje Žiča priključi na gradsku vodovodnu mrežu Kraljeva čime bi se smanjila mogućnost nastanka hidričnih epidemija.

**Ključne reči:** voda za piće, kvalitet, vodosnabdevanje, Žiča

### Uvod

Vodosnabdevanje predstavlja jedan od najvažnijih faktora za normalno funkcionisanja svake ljudske zajednice. Decenijama je javnost Srbije obaveštavana o problemima u vodosnabdevanju grada Kraljeva i okolnih naselja uslovljena prisustvom fenola u Ibru (Dalmacija, 2010). Fenolne intoksikacije akvatičnih ekosistema menjaju hemizam vodene sredine i negativno utiču na sve kategorije hidrobionata (Marković i Simović, 1998). Prisustvo fenola i njihovih derivata u vodi za piće može usloviti nastanak mutagenih, hematotoksičnih, hepatotoksičnih, kancerogenih i drugih štetnih posledica kod eksponiranih humanih populacija (Michalowicz i Duda, 2007).

Postojeći sistem vodosnabdevanja grada Kraljeva i nekoliko prigradskih naselja je zasnovan na korišćenju podzemnih voda u priobalju Ibra na lokacijama Žičko polje (kapaciteta 180 Ls<sup>-1</sup>), Konarevo (60 Ls<sup>-1</sup>), Đeriz (15 Ls<sup>-1</sup>) i Strelište (10 Ls<sup>-1</sup>). Prosečna dnevna proizvodnja vode za piće iznosi oko 340 Ls<sup>-1</sup> što zadovoljava potrebe gradskog i prigradskih naselja (Obradović i Filipović 2009). Zbog dobrog kvaliteta podzemnih voda pri njihovom tretmanu se ne primenjuju koagulacija, flokulacija i drugi standardni postupci (Gržetić, 2010). Na svim izvorištima voda iz bunara (vodozahvata) podleže samo hlorisanju (kao dezinficijens se koristi gasni hlor). Dezinfikovana voda se prikuplja u sabirnom centru i pumpama transportuje u gradsku distributivnu mrežu. Oko 50% seoskog stanovništva se snabdeva vodom iz gradskog vodovoda, druga polovina koristi vodu iz lokalnih vodovodnih sistema.

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (goranmsv@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet u Beogradu, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, Beograd, Srbija (jelenadj@agrif.bg.ac.rs)

Naselje Žiča (udaljeno oko 5km od Kraljeva) najvećim delom koristi za vodosnabdevanje vodu iz gradske distributivne mreže, ali se manji broj domaćinstava snabdeva planinskom vodom koja dospeva iz rezervoara lociranog na planini Stolovi.

### Materijal i metode rada

Tokom 2014. i 2015. godine je vršeno uzorkovanje sirove i dezinfikovane vode iz gradskog vodovoda Kraljeva, kao i planinske vode kojom se snabdeva manji broj stanovnika Žiče. Analiza osnovnih fizičko-hemijskih i mikrobioloških pokazatelja kvaliteta voda je obavljena u laboratorijama Zavoda za javno zdravlje Kraljevo i Agronomskog fakulteta u Čačku. Dobijeni rezultati su komentarisani i upoređivani sa važećim pravilnicima (Anonimus, 1987; Anonimus, 1998)

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati osnovnih fizičko-hemijskih analiza sirove i dezinfikovane vode gradskog vodovoda obavljenih u Zavodu za javno zdravlje Kraljevo tokom 2014. i 2015. godine su prikazani u Tabeli 1. i Tabeli 2.

Tabela 1. Fizičko-hemijske karakteristike sirove vode (vodozahvat Žičko polje)  
 Table 1. Physico-chemical characteristics of raw water (Žičko polje water intake)

Parametar /Parameter	Datum / Date		
	16.5.2014.	27.10.2014.	14.4.2015.
Temperatura / Temperature (°C)	16,2	15,8	12,5
Miris i ukus (poen) Smell and taste (point)	0	0	0
Boja / Color (°Co-Pt scale)	0	0	0
pH vrednost / pH value	7,56	7,40	7,61
Mutnoća / Turbidity (NTU)	0	0	0
Utrošak /Demand KMnO <sub>4</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	2,21	2,84	3,47
Hloridi / Chlorides (mgL <sup>-1</sup> )	18	16	10,05
Amonijak /Ammonia (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitriti / Nitrites (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Nitrati / Nitrates (mgL <sup>-1</sup> )	15	20,4	20,4
Elektroprovodljivost (μScm <sup>-1</sup> ) Conductivity	496	530	530
Fe (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Mn (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Tabela 2. Fizičko-hemijske karakteristike vode za piće (vodozahvat Žičko polje)  
 Table 2. Physico-chemical characteristics of drinking water (Žičko polje water intake)

Parametar / Parameter	D a t u m / D a t e			MDK MPV
	13.5.2014.	28.10.2014.	15.4.2015.	
Temperatura / Temperature (°C)	13,5	14,1	11	-
Miris i ukus (poen) Smell and taste (point)	0	0	0	0
Boja / Color (°Co-Pt scale)	0	0	0	5
pH vrednost / pH value	7,58	7,41	7,56	6,8-8,5
Mutnoća / Turbidity (NTU)	0	0	0	1
Utrošak / Demand KMnO <sub>4</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	2,84	4,10	2,84	8
Rezidualni hlor Residual chlorine (mgL <sup>-1</sup> )	0,5	0,5	0,4	0,5
Hloridi / Chlorides (mgL <sup>-1</sup> )	21	14	9,8	200
Amonijak /Ammonia (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,1
Nitriti / Nitrites (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,03
Nitrati / Nitrates (mgL <sup>-1</sup> )	11	20,9	19,3	50
Elektroprovodljivost Conductivity (µScm <sup>-1</sup> )	491	498	502	1000
Fe (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,3
Mn (mgL <sup>-1</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05

Rezultati analize sirove vode iz vodozahvata Žičko polje i dezinfikovane vode gradskog vodovoda potvrđuju da je voda za piće kojom su snabdevani potrošači bila, prema hemijskom kvalitetu, u potpunosti ispravna i zdravstveno bezbedna i odgovarala svim kriterijumima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Anonimus, 1998).

U hemijskoj laboratoriji Agronomskog fakulteta u Čačku je izvršena analiza pojedinih parametara kvaliteta sirove vode iz vodozahvata Žičko polje, dezinfikovane vode za piće gradskog vodovoda, kao i vode sa česme (planinske vode koja dotiče iz rezervoara na planini Stolovi. Uzorkovanje je obavljeno 29.4.2015. godine (Tabela 3.).

Fizičko-hemijske analize sirove i dezinfikovane vode gradskog vodovoda Kraljevo obavljene u laboratoriji Agronomskog fakulteta u Čačku ukazuju da su dobijeni rezultati u okviru normativa Pravilnika (Anonimus 1998) čime potvrđuju efikasnost primenjenog postupka prerade sirove vode.

Rezultati analiza planinske vode ukazuju na njen lošiji kvalitet, posebno u poređenju sa vodom iz gradskog vodovoda. Ocena se prvenstveno odnosi na povećano prisustvo organskih supstanci (BPK<sub>5</sub> = 3,04 mgL<sup>-1</sup>) i više vrednosti karbonatne i ukupne tvrdoće vode. Planinska voda kojom se snabdeva deo stanovnika naselja Žiča nije pod

monitoringom i postoji mogućnost kontakta otpadnih voda nastalih poljoprivrednim ili komunalnim aktivnostima sa vodom u ovom vodovodnom sistemu.

Tabela 3. Fizičko-hemijske analize u laboratoriji Agronomskog fakulteta (29.4.2015.)  
 Table 3. Physico-chemical analysis in labor. of Faculty of Agronomy (29.4.2015.)

Parametar / Parameter	Sirova voda Row water	Dezinfikovana voda Desinfected water	Planinska voda Mountain water
pH vrednost / pH value	7,47	7,31	7,15
Elektroprovodljivost (µScm <sup>-1</sup> ) Conductivity	627	582	607
Rastvoreni O <sub>2</sub> (mgL <sup>-1</sup> ) Dissolved O <sub>2</sub>	14,72	14,4	13,18
BPK <sub>5</sub> / BOD <sub>5</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	0,80	0,68	3,04
HPK / COD (mgL <sup>-1</sup> )	5,85	4,09	5,45
Karbonatna tvrdoća (CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) Carbonate hardness	216	210	375
Ukupna tvrdoća (CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) Total hardness	348	265	412

U Zavodu za javno zdravlje Kraljevo su, pored fizičko-hemijskih analiza, obavljane i mikrobiološke analize sirove i vode iz gradskog vodovoda (Tabela 4.). Mikrobiološke analize sirove vode ukazuju na povremena povećanja brojnosti aerobnih mezofilnih bakterija. Svi uzorci dezinfikovane (vode za piće) su bili bakteriološki ispravni.

Tabela 4. Rezultati mikrobioloških analiza sirove i vode za piće (Žičko polje)  
 Table 4. Results of microbiological analysis of row and drinking water (Žičko polje)

Parametar / Parameter	Sirova voda Row water			Voda za piće Drinking water		
	15.5.14.	27.10.14.	14.04.15.	13.5.14.	28.10.14.	15.04.15.
Σ aerob. mezofil. bakterija (CFUml <sup>-1</sup> ) Σ aerob. mesoph. bacteria	9	20	8	1	4	3
Σ koliform. bakterija (CFU100ml <sup>-1</sup> ) Σ coliform bacteria	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sulfired. spor. anaerobi (CFU100ml <sup>-1</sup> ) Sulphreducing sporog. anaerobes	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>P. aeruginosa</i> (CFU100ml <sup>-1</sup> )	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fekalne streptokoke (CFU100ml <sup>-1</sup> ) Fecal streptococces	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>Proteus</i> sp. (CFU100ml <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0	0
Fekalne kol. bakterije (CFU100ml <sup>-1</sup> ) Fecal coliform bacteria	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Mikrobiološka ispitivanja obavljena u mikrobiološkoj laboratoriji Agronomskog fakulteta u Čačku su se odnosila na određivanje ukupnog broja mezofilnih bakterija i

brojnost *Escherichia coli*. (Tabela 5.). U uzorcima sirove i dezinfikovane vode nije registrovano prisustvo *E.coli*, uz zanemarljivu brojnost mezofilnih bakterija. Iz uzorka planinske vode zasejanog na hranljivoj podlozi su se razvile kolonije *E.coli* što ukazuje na njenu mikrobiološku neispravnost. Pred toga, u planinskoj vodi je zabeleženo povećana brojnost mezofilnih bakterija. Ovi rezultati potvrđuju mikrobiološku neispravnost planinske vode i njenu neupotrebljivost za vodosnabdevanje stanovništva.

Tabela 5. Rezultati mikrobioloških analiza u laboratoriji Agronomskog fakulteta  
 Table 5. Results of microbiological analysis in Faculty of Agronomy laboratory

Uzorak / Sample	Ukupan broj mezofila Tot. number of mesofil (CFUmL <sup>-1</sup> )	Broj <i>Escherichia coli</i> No. of <i>Escherichia coli</i> (CFUmL <sup>-1</sup> )
Sirova voda (vodozahvat Žičko Polje) Raw water (Žičko Polje water intake)	< 10	0
Dezinfikovana voda Desinfected water	0	0
Planinska voda Mountain water	250	3

### Zaključak

Većina stanovnika naselja Žiča se snabdeva vodom iz gradske vodovodne mreže Kraljeva, dok pojedina domaćinstva koriste nedezinfikovanu planinsku vodu. Tokom 2014. i 2015. godine vršena su ispitivanja osnovnih fizičko-hemijskih i mikrobioloških pokazatelja kvaliteta voda koje se koriste za vodosnabdevanje Žiče. Fizičko-hemijske analize sirove i dezinfikovane vode iz gradskog vodovoda Kraljevo ukazuju da su dobijene vrednosti u okviru normativa i da je voda zdravstveno bezbedna za upotrebu. Analize planinske ukazuju na slabiji kvalitet prvenstveno ispoljen u povećanom organskom zagađenju i većoj tvrdoći vode.

Mikrobiološke analize sirove i dezinfikovane vode iz gradskog vodovoda ukazuju na bakterijsku ispravnost i upotrebljivost za vodosnabdevanje. Mikrobiološkom analizom planinske vode je registrovano prisustvo *Escherichia coli* i mezofilnih bakterija koje su indikatori fekalnog zagađenja. Prisustvo bakterija se može objasniti neadekvatnim održavanjem rezervoara na planini Stolovi. Ovaj sistem nije pod kontrolom JKP Vodovod Kraljevo i postoji mogućnost kontaminacije iz poljoprivrednih objekata i domaćinstava lociranih u blizini rezervoara. Pored toga, postoji mogućnost da je vremenom došlo do oštećenja cevi kojima se voda transportuje do potrošača.

Preporuka rada je da se celo naselje Žiča priključi na gradsku vodovodnu mrežu Kraljeva što bi smanjilo mogućnost nastanka hidričnih epidemija.

### Napomena

Istraživanja su deo projekata "Uticaj kvaliteta komponenti u ishrani ciprinida na kvalitet mesa, gubitke i ekonomičnost proizvodnje" (TR31011) i "Unapređenje i razvoj higijenskih i tehnoloških postupaka u proizvodnji namirnica životinjskog porekla u cilju dobijanja kvalitetnih i sigurnih proizvoda konkurentnih na svetskom tržištu" (III46009) koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Anonimus (1987). Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće (Sl.list SFRJ br. 33/87).
- Anonimus (1998). Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl.list SRJ br.42/98 i 44/99).
- Gržetić I. (2010). Procesi prerade i dorade vode. Hemijski fakultet, Beograd.
- Dalmacija B. (2010). Zaštita voda – stanje kod nas. Škola za šaštitu životne sredine (Water workshop), PMF Novi Sad. Dostupno: <http://www.cehra.dh.pmf.uns.ac.rs/>.
- Marković G., Simović S. (1998). Fenolne intoksikacije i akvatični živi svet. Voda i sanitarna tehnika 28(4), 55-58.
- Michalowicz J., Duda W. (2007): Phenols – Sources and Toxicity. Polish Journal of Environmental Studies, 16(3), 347-362.
- Obradović D., Filipović D. (2009). Analiza kvaliteta površinskih i podzemnih voda na teritoriji grada Kraljeva - osnov za održivo upravljanje vodenim resursima.

### DRINKING WATER QUALITY OF ŽIČA (KRALJEVO MUNICIPALITY)

*Goran Marković<sup>1</sup>, Jelena Mašković<sup>1</sup>, Jelena Popović Đorđević<sup>2</sup>,  
Jelena Pantović<sup>1</sup>, Katarina Kekerić<sup>1</sup>*

#### Abstract

The objective of this work is to present some characteristics of water supply and drinking water quality of Žiča village. The results of analysis of of water quality provided by the Kraljevo water supply system to most Žiča residents as well as the quality of mountain water used by fewer residents. The physicochemical and microbiological analysis of raw and disinfected water from the town's water supply system showed its health safety. The physicochemical and microbiological analysis of mountain water indicated its poorer quality. The microbiological testing of mountain water confirm presence of *Escherichia coli* and mesophilic bacteria as indicators of faecal contamination. It is recommended that the whole Žiča village be connected to the water supply network of the Kraljevo town to help reduce the risk of waterborne epidemics.

**Key words:** drinking water, quality, water supply, Žiča

---

<sup>1</sup> University of Kragujevac, Faculty of Agronomy in Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (goranmsv@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture in Belgrade, Nemanjina 6, Belgrade, Srbija (jelenadj@agrif.bg.ac.rs)