

КВАЛИТЕТ ВОДЕ ИЗВОРА У РУРАЛНОМ РЕГИОНУ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ

Живојин Ерић, Радослав Декић, Александар Иванц, Свјетлана Лолић,
Нина Јањић, Рајко Гњато, Горан Трбић

Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет
Мегатренд универзитет Београд, Факултет за биофарминг, 24300 Бачка Топола

Abstract

ERIĆ Živojin, Radoslav DEKIĆ, Aleksandar IVANC, Svjetlana LOLIĆ, Nina JANJIĆ, Rajko GNJATO, Goran TRBIĆ: Water quality of springs in rural region of Eastern Herzegovina.
(University of Banja Luka, Faculty of Science; Megatrend University Belgrade, Faculty of biofarming Backa Topola)

The quality of drinking water from springs in the municipality Berkovici in Eastern Herzegovina was determined in March, July and September of the year 2010. The analysis of physical, chemical and microbiological characteristics of water was performed at three sites: at the source of the river Vrijeka and at springs Brestovik and Žukovik. Results of the analysis showed that only the source of the river Vrijeka had water whose features match to the drinking water. The spring Brestovik in March had water of adequate quality, but in July and September we found coliform bacteria in water which indicate fecal contamination. There was an increasing number of aerobic mesophilic bacteria in water in July, and in September we found the bacterium *Pseudomonas sp.* The spring Žukovik does not correspond to the drinking water because of the high values of water turbidity and total suspended solids and also because of increased numbers of total coliforms and aerobic mesophilic bacteria and because of the presence of *Pseudomonas sp.* In water of the spring Žukovik was found several species of algae and Amphipods *Gammarus sp.*

Key words: water quality, spring, rural region, Eastern Herzegovina

Сажетак

Квалитет воде за пиће са извора на подручју општине Берковићи у Источној Херцеговини је праћен у марту, јулу и септембру 2010. године. Извршена је анализа физичко-хемијских и микробиолошких карактеристика воде на три локалитета: на извору ријеке Вријеке и на изворима Брестовик и Жуковик. Резултати анализе су показали да само извор ријеке Вријеке има воду која по свим карактеристикама одговара води за пиће. Извор Брестовик је у марту имао воду одговарајућег квалитета, али су у јулу и септембру у води пронађене колиформне бактерије које су показатељи фекалног загађења. У јулу је забиљежен и повећан број аеробних мезофилних бактерија, а у септембру је у води пронађен *Pseudomonas sp.* Извор Жуковик поред високих вриједности мутноће воде и укупних суспендованих материја не одговара здравствено безбједној води за пиће ни због повећане бројности укупних колиформа и аеробних мезофила, као и због присуства бактерије *Pseudomonas sp.* У води Жуковика је пронађено и неколико врста алги као и amphipoda *Gammarus sp.*

Кључне речи: квалитет воде, извор, рурални регион, Источна Херцеговина

УВОД

Становништво већих мјеста у Источној Херцеговини воду за водоснабдијевање добија из фабрике воде изграђене на Билећкој акумулацији, док се становништво руралних подручја водом снабдијева углавном са извора и каптирањем подземних вода.

За подручје Источне Херцеговине је карактеристично да у јесењем и зимском периоду обилне падавине у знатној мјери подижу ниво вода, док у љетном периоду наступа суша, опада водостај и мањи токови у потпуности пресушују. Оваква годишња

дистрибуција падавина у великој мјери утиче и на количину доступне воде будући да у лјетном периоду знатан број извора или у потпуности пресуши или им се проток знатно смањи. У марту, јулу и септембру 2010. године је извршена физичко-хемијска и микробиолошка анализа квалитета воде за пиће са три извора на подручју општине Берковићи. Анализиран је квалитет воде извора ријеке Вријеке, као и квалитет воде са два уређена извора на локалитетима Брестовик и Жуковик које користи локално становништво. Ови извори су изабрани јер не пресушују током читаве године, иако се проток на локалитетима Брестовик и Жуковик знатно смањује за вријеме топлих лјетних мјесеци. У периоду суше највећи дио корита ријеке Вријеке у потпуности пресушује, али се само извориште одржава током читаве године (Г њ а т о , 2004).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Узорци воде су узети у стерилне посуде у асептичним условима према прописаној процедури (К а р а к а ш е в и ћ , 1967; Ш к у н ц а - М и л о в а н о в и ћ и с а р . , 1990). На лицу мјеста су одређени температура воде и ваздуха, рН вриједност, електропроводљивост, концентрација раствореног кисеоника, сатурација воде кисеоником, турбидитет и проток (Д а л м а ц и ј а , 2000; Д а л м а ц и ј а и с а р . , 2004). Кроз планктонску мрежицу је филтрирано по 100 литара воде ради утврђивања евентуалног присуства алги. Узорци су затим транспортовани на леду на температури до +4°C. Хемијска анализа воде је извршена у року од 12 сати од момента узимања узорака, а засијавање за микробиолошку анализу је извршено у року од 24 сата.

Помоћу спектрофотометра НАСН DR2800 су одређене концентрације раствореног амонијака, нитрата, нитрита, ортофосфата и сулфата, као и укупне суспендоване материје. Концентрација амонијака је одређена методом помоћу Nessler-овог реагенса. Нитрити су одређени методом са сулфанилном киселином, нитрати редукцијом кадмијума, а сулфати су одређени помоћу баријум-хроматног реагенса. За одређивање ортофосфата је кориштена метода са аскорбинском киселином, за одређивање концентрације мангана РАН метода, а за одређивање жељеза метода са фенантролином. Укупне суспендоване материје су одређене фотометријски. Бројност појединих група бактерија је одређена индиректним одгајивачким методама (Х р и б а р , 1978; М с К а н е и с а р . , 1996; П е т р о в и ћ и с а р . , 1998, Ш к у н ц а - М и л о в а н о в и ћ и с а р . , 1990). Одређивање укупног броја бактерија је извршено на подлози за укупан број након инкубације од 5 дана на температури од 22-26°C. Психрофилни хетеротрофи су одређени на храњивом агару са инкубацијом од 72 сата на 22°C, док су мезофили хетеротрофи одређени на истој подлози након инкубације од 48 сати на 37°C. Факултативни олиготрофи су одређени на десет пута разријеђеном храњивом агару, са инкубацијом на 26°C у трајању од 7 дана. Укупни колиформе су одређени методом највјероватнијег броја након 48 сати инкубације на температури од 37°C на подлози McConkey бујон. Потврдни тест за фекалне колиформе је урађен на подлози ендо агар након инкубације од 48 сати на 44°C. За одређивање присуства врсте *Pseudomonas aeruginosa* кориштен је цетримид агар. Присуство врста рода *Salmonella* и *Shigella* је одређено на подлози СС агар, док су за изолацију *Clostridium* врста кориштена хромогена подлога за изолацију кластридија и ТСН агар. Ентерококе су изоловане на Симонс-цитратном агару и азид декстрозном бујону (АРНА-АВВА-ВРСФ, 1995), а стрептококе на Slanetz-Bartley агару. За одређивање присуства алги у води је кориштен микроскоп Leica DSF245.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Вријека је ријека понорница и извире на 43°04' 45" сјеверне географске ширине, 18°14' 34" географске дужине и на 484 метра надморске висине. Највиша измјерена температура воде извора ријеке Вријеке је износила 11.2°C (Табела 1) и будући да се није значајно повећавала ни у топлим љетним мјесецима може се закључити да температура воде овог изворишта одговара води која се може користити за пиће. Концентрација раствореног кисеоника у води је задовољавајућа будући да је вриједност сатурације била изнад 80%. Вода је благо алкална без значајног варирања рН вриједности у току године. Концентрација растворених електролита се у току године повећавала, али се налази унутар граница дозвољених за воду која се користи за пиће (Службени гласник Републике Српске, 40/03).

Табела 1. Физичко-хемијске карактеристике извора ријеке Вријеке

	23.03.2010	04.07.2010	01.09.2010
температура ваздуха (°C)	14.0	21.0	17.1
температура воде (°C)	11.0	10.5	11.2
концентрација раствореног O ₂ (mg/l)	-	8.73	9.15
сатурација (%)	-	82.3	88.4
рН	7.60	7.65	7.71
електропроводљивост (µS/cm)	438	484	550
турбидитет (NTU)	0.89	0.81	1.99
амонијачни азот (mg/l)	0.00	0.01	0.00
нитратни азот (mg/l)	0.6	0.6	0.4
нитритни азот (mg/l)	0.000	0.001	0.000
сулфати (mg/l)	0	0	0
ортофосфати (mg/l)	0.35	0.15	0.00
суспендоване материје (mg/l)	2	1	0

У септембру је забиљежена нешто виша вриједност мутноће воде (1.99 NTU), али се и она налазила у дозвољеним границама за снабдијевање водом до 5000 становника. Забиљежене концентрације амонијака, нитрата и нитрита у води су далеко испод максимално дозвољених концентрација, а сулфати у води уопште нису регистровани. У марту је забиљежена повећана концентрација ортофосфата (0.35 mg/l), а будући да је тад у води регистровано и нешто више суспендованих материја и да је узимању узорака претходило кишовито вријеме, вјероватно је усљед спирања околног земљишта дошло до блажег замуљивања воде и уношења ортофосфата. С обзиром да је у јулу концентрација ортофосфата значајно пала, а у септембру их уопште није било у води и како су сви остали параметри током читаве године били у дозвољеним оквирима за

воду која се користи за пиће (Службени гласник Републике Српске, 40/03), може се закључити да се са физичко-хемијског аспекта вода са извора ријеке Вријеке може користити за пиће.

Што се тиче бактериолошке анализе воде укупан број бактерија одговара броју факултативних олиготрофа који су прилагођени опстанку у срединама са веома малим концентрацијама органских материја. Њихова бројност, као и бројност психрофилних аеробних бактерија у свим извршеним анализама не прелази 300 kol/ml (Табела 2) што је горња граница за воду која се користи за пиће. Потенцијално патогене аеробне мезофилне бактерије у марту нису уопште регистроване, а у јулу су биле присутне са свега 2 kol/ml. Њихова бројност се у септембру знатно повећала (95 kol/ml), али су се и даље налазиле унутар Правилником прописаних граница (Службени гласник Републике Српске, 40/03). Укупне колиформне бактерије су забиљежене само у марту и то помоћу методе највјероватнијег броја на MacConkey бујону, али се њихов број налазио унутар дозвољених граница. Међу присутним укупним колиформним бактеријама нису пронађене бактерије фекалног поријекла. Такође, нити у једном од узорака није забиљежено присуство патогених бактерија: *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*, нити бактерија из група *Proteus*, *Salmonella* и *Shigella*, сулфиторедукујућих кластридија, фекалних стрептокока и ентерокока. Планктонске алге у извору ријеке Вријеке такође нису пронађене.

Табела 2. Микробиолошке карактеристике извора ријеке Вријеке

	23.03.2010	04.07.2010	01.09.2010
укупан број бактерија (kol/ml)	195	100	244
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (kol/ml)	24	100	215
факултативно олиготрофне бактерије (kol/ml)	130	100	250
аеробне мезофилне бактерије (kol/ml)	0	2	95
укупне колиформне бактерије на ендо агару (kol/ml)	0	0	0
фекалне колиформне бактерије на ендо агару (kol/ml)	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> (kol/ml)	0	0	0
највјероватнији број укупних колиформних бактерија у 100 ml	9	0	0
протеус врсте (kol/ml)	0	0	0
<i>Salmonella</i> и <i>Shigella</i> (kol/ml)	0	0	0
сулфиторедукујуће кластридије у 100 ml	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (kol/ml)	0	0	0
фекалне стрептококе и ентерококе (kol/ml)	0	0	0
алге	0	0	0

На основу посматраних физичко-хемијских и микробиолошких карактеристика се може закључити да вода са извора ријеке Вријеке задовољава Правилником (Службени гласник Републике Српске, 40/03) прописане услове за воду која се користи за водоснабдијевање становништва.

Уређени извор Жуковик је смјештен на 43°05' 18" сјеверне географске ширине, 18°12' 47" географске дужине и на 494 метра надморске висине. Највиша температура воде на овом извору је измјерена у јулу и износила је 16.8°C (Табела 3). Вода је богата кисеоником, а вриједност сатурације је износила преко 90 %. рН вриједност се кретала у уском интервалу од 7.5 до 7.6, док је вриједност електропроводљивости расла у току године са 357 $\mu\text{S}/\text{cm}$ колико је забиљежено у марту, до 692 $\mu\text{S}/\text{cm}$ у септембру. Ово повећање концентрације јона у води се може објаснити значајним смањењем протока воде. Наиме у марту је проток износио 1,7 l/s, да би у септембру након периода суше проток износио свега 0,035 l/s па је и разблажење присутних јона у води знатно мање.

Табела 3. Физичко-хемијске карактеристике уређеног извора Жуковик

	23.03.2010	04.07.2010	01.09.2010
температура ваздуха (°C)	12.0	21.0	15.6
температура воде (°C)	12.1	16.8	15.2
концентрација раствореног O ₂ (mg/l)	-	8.72	8.75
сатурација (%)	-	93.8	92.7
рН	7.50	7.51	7.60
електропроводљивост ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	357	423	692
турбидитет (NTU)	1.91	10.84	12.81
амонијачни азот (mg/l)	0.00	0.01	0.09
нитратни азот (mg/l)	0.2	0.7	1.3
нитритни азот (mg/l)	0.011	0.001	0.000
сулфати (mg/l)	4	2	0
ортофосфати (mg/l)	0.06	0.07	0.05
суспендоване материје (mg/l)	3	8	8
проток (l/s)	1.700	0.600	0.035

У јулу и септембру су забиљежене и повећане вриједности концентрације суспендованих материја и мутноће воде која је знатно превазилазила максимално дозвољену вриједност (Службени гласник Републике Српске, 40/03). Амонијак, нитрати, нитрити, сулфати и ортофосфати су присутни у води у релативно малим концентрацијама.

На основу резултата приказаних у Табели 4 се види да вода са извора Жуковик не задовољава услове неопходне за воду која се користи за пиће. Бројност психрофилних

бактерија се код сва три узорка налази унутар дозвољених 300 kol/ml. Међутим, укупан број бактерија у септембру, као и број факултативних олиготрофа у марту и септембру показују да је број бактерија у води знатно већи. Бројност потенцијално патогених мезофилних бактерија се у марту и јулу кретао унутар дозвољених граница, али је у септембру дошло до повећања њихове бројности изнад дозвољених 100 kol/ml. У сва три узорка је забиљежено присуство укупних колиформних бактерија, међу којима је у марту регистровано присуство фекалних колиформа, као и *Escherichia coli* која се у води за пиће не би смјела налазити. Највећа бројност укупних колиформа је утврђена у септембру и то и помоћу методе највјероватнијег броја и на ендо агару. У љетним мјесецима је у води забиљежено присуство патогене бактерије *Pseudomonas aeruginosa*, док су у марту и септембру у води нађене фекалне стрептококе и ентерококе. Сулфиторедукујуће клостридије, протеус, салмонела и шигела нису пронађене нити у једном од узорака. Присуство наведених потенцијалних патогена указује да се вода са извора Жуковик налази у контакту како са старим, тако и са свјежим фекалним загађењем и као таква се не би смјела користити за пиће. У сва три узорка су у води пронађене алге из раздјела Bacillariophyta (Слика 1), као и цијанобактерије које води не само што дају мирис и укус већ и ослобађају различите токсине. Пронађени су и крупнији организми, као што су амфиподе из рода *Gammarus* (Слика 2).

Табела 4. Микробиолошке карактеристике уређеног извора Жуковик

	23.03.2010	04.07.2010	01.09.2010
укупан број бактерија (kol/ml)	261	200	386
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (kol/ml)	53	100	184
факултативно олиготрофне бактерије (kol/ml)	740	100	1500
аеробне мезофилне бактерије (kol/ml)	11	10	120
укупне колиформне бактерије на ендо агару (kol/ml)	6	1	265
фекалне колиформне бактерије на ендо агару (kol/ml)	1	0	0
<i>Escherichia coli</i> (kol/ml)	1	0	0
највјероватнији број укупних колиформних бактерија у 100 ml	4	2	45
протеус врсте (kol/ml)	0	0	0
<i>Salmonella</i> и <i>Shigella</i> (kol/ml)	0	0	0
сулфиторедукујуће клостридије у 100 ml	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (kol/ml)	0	8	6
фекалне стрептококе и ентерококе	присутне	0	присутне
алге	присутне	присутне	присутне



Слика 1. *Melosira varians* у води извора Жуковик



Слика 2. *Gammarus sp.* у води извора Жуковик

Извор Брестовик се налази на 43°03' 73" сјеверне географске ширине, 18°15' 01" географске дужине и на 479 метара надморске висине. Температура воде на извору се кретала од 12.5°C у марту до 16.1°C колико је измјерено у септембру (Табела 5). Вода је благо алкална, богата кисеоником и у септембру је забиљежено пресићење воде кисеоником од 101.3%. Вриједности електропроводљивости и турбидитета су се код сва три мјерења кретале у оквиру граница предвиђених за воду која се користи за пиће. Концентрације растворених нитрата, нитрита, амонијака и сулфата су релативно ниске током читаве године, али је забиљежена константно висока концентрација ортофосфата у води. Само је у марту њихова концентрација била унутар дозвољених граница, док је у јулу била виша него што је то дозвољено, а у септембру је била на самој граници (Службени гласник Републике Српске, 40/03).

Табела 5. Физичко-хемијске карактеристике уређеног извора Брестовик

	23.03.2010	04.07.2010	01.09.2010
температура ваздуха (°C)	12	21	17
температура воде (°C)	12.5	15.0	16.1
концентрација раствореног O ₂ (mg/l)	-	8.57	9.38
сатурација (%)	-	88.8	101.3
pH	7.87	7.70	8.10
електропроводљивост (μS/cm)	360	368	313
турбидитет (NTU)	0.07	0.91	1.64
амонијачни азот (mg/l)	0.06	0.01	0.00
нитратни азот (mg/l)	0.6	1.1	0.7
нитритни азот (mg/l)	0.007	0.002	0.002
сулфати (mg/l)	2	3	3
ортофосфати (mg/l)	0.12	0.20	0.15
суспендоване материје (mg/l)	1	1	0
проток (l/s)	6	4	0.14

Највећи проток од 6 l/s је као што је и очекивано забиљежен у прољеће након топљења снијега и када има доста падавина. Током године количина воде у извору опада па је у септембру забиљежен проток од свега 0.14 l/s.

Резултати микробиолошке анализе воде извора Брестовик су представљени у Табели 6. Највише вриједности укупног броја бактерија, факултативних олиготрофа, као и броја психрофилних аероба су забиљежене у јулу. Док је у марту и септембру број психрофилних бактерија био знатно мањи, у јулу су биле заступљене са 415 kol/ml што је знатно изнад Правилником дозвољених вриједности за воду која се користи за пиће. Код сва три узорка су пронађене аеробне мезофилне бактерије, међутим њихов број се кретао унутар дозвољених граница. У узорцима из јула и септембра је забиљежено присуство укупних колиформних бактерија и помоћу методе највјероватнијег броја и на ендо агару, а у септембру је из воде изолован *Pseudomonas*. Међу колиформима из узорка узетог у јулу су изоловане фекалне бактерије, али није забиљежено присуство *Escherichia coli*. Нити у једном од узорака нису пронађене сулфиторедукујуће кластридије, протеус, салмонеле, шигеле, фекалне стрептококе нити ентерококе.

Табела 6. Микробиолошке карактеристике уређеног извора Брестовик

	23.03.2010	04.07.2010	01.09.2010
укупан број бактерија (kol/ml)	43	1000	200
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (kol/ml)	17	415	120
факултативно олиготрофне бактерије (kol/ml)	15	1300	150
аеробне мезофилне бактерије (kol/ml)	5	17	37
укупне колиформне бактерије на ендо агару (kol/ml)	0	15	26
фекалне колиформне бактерије на ендо агару (kol/ml)	0	9.2	0
<i>Escherichia coli</i> (kol/ml)	0	0	0
највјероватнији број укупних колиформних бактерија у 100 ml	0	2	45
протеус врсте (kol/ml)	0	0	0
<i>Salmonella</i> и <i>Shigella</i> (kol/ml)	0	0	0
сулфиторедукујуће кластридије у 100 ml	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (kol/ml)	0	0	2

фекалне стрептококе и ентерококе (kol/ml)	0	0	0
алге	0	0	0

Иако у води извора Брестовик сем псеудомонаса нису пронађене друге патогене бактерије, присуство великог броја психрофилних и факултативно олиготрофних бактерија указује да су у води присутне органске материје (Петровић и сар., 1998; Шкунца-Миловановић и сар. 1990). Будући да су у води присутне и укупне колиформне бактерије може се закључити да се међу органским материјама налазе и фекалне материје и таква вода се без додатног пречишћавања не смије користити за пиће.

ЗАКЉУЧАК

Од три испитивана извора на подручју општине Берковићи само извор ријеке Вријеке задовољава основне физичко-хемијске и микробиолошке критеријуме постављене за воду која се користи за пиће. Извор Жуковик поред високих вриједности мутноће воде и укупних суспендованих материја не одговара здравствено безбједној води ни због повећане бројности укупних колиформа и аеробних мезофила међу којима су пронађени фекални колиформи, фекалне стрептококе и ентерококе, као и бактерије *Escherichia coli* и *Pseudomonas sp.* У води Жуковика је пронађено и неколико врста алги као и amphipoda *Gammarus sp.* Високе вриједности мутноће и суспендованих материја, као и присуство алги, па чак и амфипода, указују да се у води налазе различите органске материје које погодују развоју бактерија и чијим се труљењем могу ослободити различите токсичне материје. На основу присуства наведених патогених бактерија се може закључити да је вода извора Жуковик у перманентном контакту са фекалним материјама и као таква није безбједна за здравље становништва које је користи. Извор Брестовик је у марту имао воду одговарајућег квалитета, али је у јулу и септембру у води измјерена повећана концентрација ортофосфата и пронађене су колиформне бактерије које су показатељи фекалног загађења. У јулу је забиљежен и повећан број аеробних мезофилних бактерија, а у септембру је у води пронађен *Pseudomonas sp.* Сигнификантно је да оба уређена извора немају воду задовољавајућег квалитета, док једино извор ријеке Вријеке има здравствено безбједну воду.

ЛИТЕРАТУРА

1. APHA-AWWA-WPCF (1998): **Standard methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th Edition. Washington: American Public Health Association.
2. Далмација, Б. (2000): **Контрола квалитета вода у оквиру управљања квалитетом.** Институт за хемију, Природно математички факултет Универзитета у Новом Саду.
3. Далмација Б., И. Иванчев-Тумбас (2004): **Анализа воде - контрола квалитета, тумачење резултата.** Катедра за хемијску технологију и заштиту животне средине, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Будућност, Нови Сад.
4. Ђато, О. (2004): **Источна Херцеговина – природне туристичке вриједности.** Монографија, Географско друштво Републике Српске, Бања Лука,.
5. Хрибар, Ф. (1978): **Упутство за биолошко истраживање вода.** Савезни хидрометеоролошки завод, Београд.
6. Каракашевић, Б. (1967): **Приручник стандардних метода за микробиолошки рутински рад.** Медицинска књига, Београд-Загреб.

7. McKane, L., J. Kandel(1996): **Microbiology, essentials and applications.** McGraw-Hill, New York.
8. Петровић, О., С. Гајин, М. Матавуљ, Д. Радновић, З. Свирчев (1998): **Микробиолошка испитивање квалитета површинских вода.** Институт за биологију, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду.
9. Правилник о хигијенској исправности воде за пиће. Службени гласник Републике Српске, бр. 40, 2003.
10. Шкунца-Миловановић, С., Р. Феликс, Б. Ђуровић(1990): **Вода за пиће, стандардне методе за испитивање хигијенске исправности.** Савезни завод за здравствену заштиту, НИП „Привредни преглед“, Београд.

Примљено: 07. 12. 2010.

Одобрено: 21. 07. 2011.