

**ГОРЊЕ И ДОЊЕ БАРЕ – НЕКИ ЕЛЕМЕНТИ ОДРЖИВОСТИ
И КВАЛИТЕТА ЈЕЗЕРСКЕ ВОДЕ****Рајко Гњато^{1*}, Радослав Декић¹, Горан Трбић¹, Светлана Лолић¹,
Обрен Гњато² и Татјана Попов¹**¹Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска²Висока школа за туризам и хотелијерство, Требиње, Република Српска

Сажетак: Током лета 2016. године обављена су истраживања глацијалних језера Горње и Доње Баре на планини Зеленгори у циљу утврђивања квалитета језерске воде и утврђивања карактеристичних процеса у језерским базенима. Сем морфометријских мјерења, извршено је мјерење температуре воде језерских базена на различитим дубинама. Узети су узорци воде како би се утврдили физичко-хемијски, микробиолошки и сапробиолошки параметри. Резултати истраживања су показали изражене процесе еутрофизације језера Горње Баре. Интензивна примарна продукција у површинском слоју овог језера огледа се у израженој хиперсатурацији као резултат фотосинтетске активности фитопланктона и макрофита. На дну језера изражена је хипосатурација усљед микробиолошке разградње органске материје. Такође, истраживање је обухватило параметре кисеоничног режима и рН вриједност: На основу њих вода језера Горње Баре сврстана је у III класу и директна је последица интензивног развоја фитопланктона у периоду узорковања. Састав фитопланктонске заједнице указује на β -мезосапробну воду. Вриједности физичко-хемијских параметара језерске воде су у оквиру I, а санитарно-микробиолошких у оквиру II класе. Језеро Доње Баре има олигосапробну воду одличног квалитета. Сем нешто повишених вриједности концентрације суспендованих материја, zasiћеност воде кисеоником, бројност аеробних хетеротрофних и укупних колиформних бактерија одговара II класи површинских вода. Вриједности осталих праћених параметара биле су у оквиру I класе. Извор којим се језеро напаја водом, према физичко-хемијским и санитарно-микробиолошким параметрима, одговара I класи, док отока има нешто повишену концентрацију суспендованих материја. Бројност бактерија одговара II класи површинских вода. Интензиван развој фитопланктона и макрофита доводи до нагомилавања органске материје на дну и убрзава процес старења језера.

Кључне ријечи: квалитет воде, глацијална језера, Горње и Доње Баре, Зеленгора.

Original scientific paper

**GORNJE BARE AND DONJE BARE LAKES – SOME ELEMENTS
OF SUSTAINABILITY AND LAKE WATER QUALITY****Rajko Gnjato^{1*}, Radoslav Dekić¹, Goran Trbić¹, Svetlana Lolić¹,
Obren Gnjato² and Tatjana Popov¹**¹University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska²College of Tourism and Hotel Management, Trebinje, Republic of Srpska

Abstract: During the summer of 2016, a research was carried out at the glacial lakes of Gornje Bare and Donje Bare at the Zelengora Mountain in order to determine the lake water quality and to find out typical processes in the lakes. Apart from morphometric measurements, the lake water temperature at different depths was measured. The water sampling was conducted to determine physical-chemical, microbiological and saprobiological parameters. The research results discovered distinctive eutrophication processes in the Gornje Bare Lake. The intense primary production in the lake surface layer is reflected in a pronounced hypersaturation as a result of phytoplankton and macrophytes photosynthetic activities. At the bottom of the lake, hyposaturation is evident due to microbiological decomposition of organic matter. In addition, the survey included the parameters of the oxygen regime and the pH value: based on these parameters, the

* Аутор за кореспонденцију: Рајко Гњато, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, E-mail: gnjator@pmfbl.org

Corresponding author: Rajko Gnjato, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: gnjator@pmfbl.org

water of Gornje Bare Lake was classified in Class III, which was a direct consequence of the intensive phytoplankton development during the sampling periods. The composition of the phytoplankton community indicated β -mesosaprobic water. The values of the physical-chemical parameters of the lake water were within the scope of Class I, whereas the values of the sanitary-microbiological parameters were within Class II.

Donje Bare Lake has oligosaprobic water of an excellent quality. Except slightly elevated concentrations of suspended matter and water saturation with oxygen, the number of aerobic heterotrophic and total coliform bacteria corresponds to Class II of surface water quality. Values of other monitored parameters were within Class I. According to physical-chemical and sanitary-microbiological parameters, the water source which feeds the lake water corresponds to Class I, whereas the distributary which drains water from the lake has a somewhat elevated concentration of suspended matter. The number of bacteria corresponds to Class II of surface water quality. The intense development of phytoplankton and macrophytes leads to the accumulation of organic matter at the lake bottom and accelerates the aging of the lake.

Key words: water quality, glacial lakes, Gornje Bare and Donje Bare Lakes, Zelengora Mountain.

УВОД

На југоисточном дијелу планине Зеленгоре, на линији која дијели субалпински и горски појас, смјештена су глацијална језера Горње и Доње Баре. Заједно са Црним, Бијелим, Орловачким, Котланичким и Штиринским ова ледничка језера, у народу позната као „горске очи“, представљају изузетан туристички потенцијал планине Зеленгоре. У неким језерима дошло је до интензивног развоја субмерзних и емерзних макрофита што доприноси процесу еутрофизације. Еутрофизација је природан процес старења водног екосистема у ком језеро усљед повећавања количине органске материје и повећане примарне продукције из олиготрофног прелази у мезотрофно односно еутрофно стање, након чега слиједи забаривање, па чак и нестанак водног екосистема. Спирањем органских и минералних материја из сливног подручја долази до повећања количине азота, фосфора и других биогених елемената у језерској води, што доводи до повећаног раста алги и водених биљака. Након њиховог угибања на дну се талози знатна количина органске материје у фази распадања, што доводи до смањења дубине језера и раста слоја муља (Petrović et al., 1998). Еутрофизацији нарочито доприноси и семиакватична вегетација, као што су трска и шаш, која не користи угљеник из воде већ из ваздуха, и која своју органску продукцију предаје водном екосистему, па нема кружења материје на нивоу хидроекосистема (Ћирковић et al., 2002). На тај начин слој муља

INTRODUCTION

Glacial lakes Gornje Bare and Donje Bare are located in the southeastern part of the Zelengora Mountain, on the borderline between the subalpine and mountain belts. Together with the Crno, Bijelo, Orlovačko, Kotlaničko and Štirinsko Lakes, these glacial lakes known as „mountain eyes” represent the extraordinary tourist potential of the Zelengora Mountain. In some lakes, there has been an intensive development of submerged and emergent macrophytes, which contributes to the eutrophication process. Eutrophication is a natural process of the aquatic ecosystem aging, in which lake due to the increase in the amount of organic matter and the increased primary production transitions from oligotrophic to mezotrophic or eutrophic states, followed by lake turning into swamp and even by the disappearance of the aquatic ecosystem. The washing out of the organic and mineral matters from the catchment leads to an increase in the amount of nitrogen, phosphorus and other biogenic elements in lake water, which leads to an increased growth of algae and aquatic plants. After they die, a considerable amount of organic matter in the decay phase decomposes at the lake bottom, which leads to the lake depth reduction and to increasing sludge layer (Petrović et al., 1998). Eutrophication is also especially fastened by semiaquatic vegetation, such as reed and sedge which do not use carbon from the water but from the air and which transfer its organic production to the aquatic ecosystem, so there is no circulation of matter at the hydroecosystem level

се повећава што води коначном нестанку водног екосистема.

Кад језеро једном достигне еутрофно стање његов повратак у мезотрофно тешко је остварљив, јер се основни нутријенти постепено ослобађају из седимента чиме се омогућава даљи развој примарних продуцената (Gajin et al., 2004). Да би се спрјечило убрзано старење изразито осјетљивих екосистема, као што су плитка ледничка језера, неопходно је вршити континуирани мониторинг како би се на вријеме могле провести адекватне заштитне мјере. У оквиру овог рада презентовани су резултати истраживања физичко-хемијских, микробиолошких и сапробиолошких карактеристика језера Горње и Доње Баре на којима је уочен све интензивнији развој водене вегетације чиме је њихова одрживост доведена у питање.

(Ћирковић et al., 2002). In this way, the sludge layer increases leading to the final disappearance of the aquatic ecosystem.

When the lake reaches its eutrophic state, its return to mesotrophic is difficult to achieve since the basic nutrients are gradually released from the sediment which enables further development of primary producers (Gajin et al., 2004). In order to prevent accelerated aging of highly sensitive ecosystems, such as shallow glacier lakes, it is necessary to carry out continuous monitoring so that adequate protective measures can be implemented on time. This paper presents the results of the research on physical-chemical, microbiological and saprobiological characteristics of Gornje Bare Lake and Donje Bare Lake, where an ever-growing development of aquatic vegetation, which puts their sustainability into question, was determined.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Језеро Горње Баре (Сл. 1) налази се на 1517 m надморске висине, на 43°19'12.73" сјеверне географске ширине и 18°36'26.68" источне географске дужине. Дужина језера износи око 150 m, ширина око 80 m, а највећа измјерена дубина 3.6 m.

MATERIAL AND METHODS

Gornje Bare Lake (Fig. 1) is located at 1517 meters above sea level, at 43°19'12.73" north latitude and 18°36'26.68" east longitude. The length of the lake is about 150 m, the width is about 80 m, and the largest measured depth is 3.6 m.



Сл. 1. Језеро Горње Баре (Фото: Декић, 2016. г.)
Fig. 1. Gornje Bare Lake (Photo: Dekić, 2016)

На надморској висини од 1486 m, на 43°19'05.00" сјеверне географске ширине и 18°37'50.33" источне географске дужине смјештено је језеро Доње Баре (Сл. 2). Дужина језера износи око 200 m, а ширина око 140 m, док је највећа измјерена дубина износила 5 m.

Donje Bare Lake is located at 1486 meters altitude, at 43°19'05.00" north latitude and 18°37'50.33" east longitude (Fig. 2). The length of the lake is about 200 m, and the width is about 140 m, whereas the largest measured depth is 5 m.



Сл. 2. Језеро Доње Баре (Фото: Декић, 2016. г.)
Fig. 2. Donje Bare Lake (Photo: Dekić, 2016)

Узорци воде за анализу, са оба језера, узети су 02. јула 2016. године. Узорковање је извршено у асептичним условима са чамца на удаљености од око 30 метара од обале. На језеру Горње Баре узорци су сакупљени на два различита локалитета (локалитети А и В), и то из слоја 20–30 cm испод површине, као и из слоја 30–50 cm изнад дна. На језеру Доње Баре узорци су такође сакупљени из површинског слоја и слоја изнад дна и то на три различита локалитета (локалитети А, В и С), као и из извора којим се језеро напаја водом те из отоке којом језеро губи воду. За физичко-хемијску и бактериолошку анализу узорци су сакупљени у стерилне стаклене бочице запремине 500 ml. За анализу фитопланктона профилирано је 20 литара воде кроз планктонску мрежицу пречника 20 μ m и концентровани узорци су фиксирани киселим

Water samples for analysis from both lakes were taken on July 2, 2016. Sampling was performed in aseptic conditions from the boat at a distance of about 30 meters from the lakeshore. At Gornje Bare Lake, samples were collected at two different sites (sites A and B), from a layer 20–30 cm below the surface, and from a layer 30–50 cm above the bottom. At Donje Bare Lake, samples were also collected from the surface layer and the layer above the bottom, at three different sites (sites A, B and C), as well as from the water source that feeds the lake water and from the distributary that drains water from the lake. For physical-chemical and bacteriological analyses, the samples were collected in sterile glass bottles of 500 ml volume. For phytoplankton analysis, 20 liters of water were filtered through plankton net of 20 μ m diameter mesh, and the

луголовим раствором. На самим локалитетима је извршено мјерење температуре, дубине и провидности воде и одређене су вриједности рН, електропроводљивости, концентрације раствореног кисеоника, сатурација и турбидитет. У лабораторијама Природно-математичког факултета у Бањој Луци су помоћу спектрофотометра HACH DR2800 одређене концентрације раствореног амонијака, нитрата, нитрита, ортофосфата и сулфата, као и укупне суспендоване материје (HACH LANGE, 2009). Бројност појединих група бактерија одређена је индиректним одгајивачким методама (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Škunca-Milovanović et al., 1990; Wistreich, 2003) на храњивим подлогама произвођача BioMérieux и Torlak. За идентификацију фитопланктона кориштени су сљедећи кључеви: Hindák (1978, 2005 и 2008), John et al. (2005), Lazar (1960), Pál (1998) и Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2018). Степен сапробности одређен је на основу релативне бројности индикаторских организама, при чему је кориштена мађарска модификација Pantle-Buck методе (MSZ-12749, 1993).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Температура воде језера Горње Баре кретала се у интервалу од 19.1°C, колико је измјерено у најдубљој тачки на 3.6 метара дубине, до 23.9°C у површинском слоју (Таб. 1). Концентрација раствореног кисеоника у површинском слоју је на оба локалитета износила изнад 9 mgO₂/l, што је при измјереној температури воде одговарало сатурацији од 128.4 % односно 129.8 %. Овакво пресићење епилимниона кисеоником је резултат интензивних фотосинтетичких процеса који се одигравају у водном стубу и указују на појачану примарну продукцију, што доводи до убрзавања процеса еутрофизације и старења самог воденог екосистема (Sigeo, 2004). На локалитету А је и у слоју изнад дна забиљежено пресићење воде кисеоником, док је на локалитету В изнад дна измјерена концентрација раствореног кисеоника износила

concentrated samples were fixed with acidic Lugol's solution. At the sites, temperature, depth and water transparency were measured, and pH value, electroconductivity, concentration of dissolved oxygen, saturation and turbidity were determined. In the laboratories of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics in Banja Luka, the concentration of dissolved ammonia, nitrate, nitrite, orthophosphate and sulphate, as well as the total suspended matter, were determined using the HACH DR2800 spectrophotometer (HACH LANGE, 2009). The amount of specific bacteria was determined by using indirect breeding methods (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Škunca-Milovanović et al., 1990; Wistreich, 2003) using BioMérieux and Torlak nutrient bases. The identification of phytoplankton was carried out using the following keys: Hindák (1978, 2005 and 2008), John et al. (2005), Lazar (1960), Pál (1998) and Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2018). The degree of saprobity was determined based on relative number of indicator organisms and using the Hungarian modification of the Pantle-Buck method (MSZ-12749, 1993).

RESULTS AND DISCUSSION

At Gornje Bare Lake, the water temperature ranged between 19.1°C, as measured at the deepest point at 3.6 meters depth, and 23.9°C in the surface layer (Tab. 1). The concentration of dissolved oxygen in the surface layer at both sites was above 9 mgO₂/l, which corresponds to the saturation of 128.4 % and 129.8 % at the measured water temperature. This epilimnion-like oxygenation is the result of intense photosynthetic processes that take place in the water column and indicate an enhanced primary production, which leads to an accelerated eutrophication process and to aging of the aquatic ecosystem itself (Sigeo, 2004). At the site A, the oxygen water saturation was recorded in the bottom layer, whereas the measured concentration of dissolved oxygen at the site B in the bottom layer was 3.74 mgO₂/l,

3.74 mgO₂/l што одговара сатурацији од свега 48.3 %. На овом локалитету је дно муљевито, вода је замућена (турбидитет 13.2 NTU) и овако ниска засићеност воде кисеоником у односу на површински слој указује на интензивне микробиолошке процесе оксидације органске материје (Heinonen, 2000), што потврђује и повишена вриједност биолошке потрошње кисеоника (5.28 mgO₂/l). Вриједност ВРК₅, повећана сатурација у површинском слоју, као и ниске вриједности овог параметра у слоју воде изнад дна, према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока (Службени гласник Републике Српске, 2001), указују на III класу квалитета, односно Горње Баре сврставају у умјерено еутрофна језера. Повишена рН вриједност у површинском слоју на оба локалитета указује на алкалну воду III класе. Према европској директиви о квалитету површинских вода које се користе за рекреацију (76/160/ЕЕС) (European Economic Community, 1976) Горње Баре се због високе рН вриједности не би смјеле користити за купање. Вриједности осталих физичко-хемијских параметара квалитета воде су одговарале I класи површинских вода. Измјерене су изразито ниске вриједности електропроводљивости, као и ниске концентрације основних нутријената, азотних и фосфорних једињења, док присуство сулфата у води није утврђено.

На локалитету А измјерена је дубина од 2.8 метара, на локалитету В 3.6 метара. На оба локалитета вода је била провидна до самог дна. Добра провидност воде последица је ниске концентрације нерастворених органских и минералних материја (Dalmacija & Ivančev-Tumbas, 2004), на што указују и измјерене ниске концентрације суспендованих материја као и вриједности турбидитета. У узорку који је прикупљен изнад дна на локалитету В забиљежене су нешто више вриједности ова два параметра, што је последица дизања муља приликом узорковања.

which corresponds to saturation of only 48.3 %. At this site, the lake bottom is muddy, the water is turbid (turbidity of 13.2 NTU), and the low saturation of water with oxygen in relation to the surface layer indicates intense microbiological processes of organic matter oxidation (Heinonen, 2000), which is also confirmed by the increased value of biological oxygen demand (5.28 mgO₂/l). The BPK₅ value, the increased saturation in the surface layer, as well as the low values of this parameter in the bottom layer, according to the *Regulation on water classification and categorization of watercourses* (Службени гласник Републике Српске, 2001), indicate Class III of surface water quality, i.e. Gornje Bare Lake is classified as a moderately eutrophic lake. The elevated pH value in the surface layer at both sites indicates the alkaline water of Class III. According to the European directive on the quality of surface waters used for recreation (76/160/EEC) (European Economic Community, 1976), Gornje Bare Lake should not be used for swimming due to high pH value. The values of other physical-chemical parameters of water quality corresponded to Class I of surface water quality. Extremely low values of electroconductivity, as well as low concentrations of basic nutrients, nitrogen and phosphorus compounds were measured, whereas the presence of sulfates in water was not determined. Measured depth was 2.8 meters at the site A and 3.6 meters at the site B. At both locations, the water was transparent to the bottom. Good water transparency is a consequence of the low concentration of undissolved organic and mineral matter (Dalmacija & Ivančev-Tumbas, 2004), which is also confirmed by low concentrations of suspended matter and turbidity values. In the sample collected at the bottom layer of the site B, slightly higher values of these two parameters were recorded, as a consequence of sludge rising during sampling.

Таб. 1. Физичко-хемијске карактеристике воде језера Горње Баре
 Tab. 1. Physical-chemical characteristics of Gornje Bare Lake water

Параметар / Parameter	Локалитет А / Site A	Локалитет А дно / Site A bottom	Локалитет В / Site B	Локалитет В дно / Site B bottom
температура воде (°C) / water temperature (°C)	23.9	21.9	22.8	19.1
концентрација раствореног O ₂ (mg/l) / dissolved O ₂ concentration (mg/l)	9.05	8.03	9.36	3.74
сатурација (%) / saturation (%)	128.4	109.9	129.8	48.3
ВПК ₅ (mgO ₂ /l) / BODs ₅ (mgO ₂ /l)	2.49	2.21	2.01	5.28
pH	9.21	8.63	9.31	7.57
електропроводљивост (μS/cm) / electroconductivity (μS/cm)	102.1	88.5	90.0	175.8
турбидитет (NTU) / turbidity (NTU)	1.03	1.01	3.17	13.2
суспендоване материје (mg/l) / suspended matter (mg/l)	2	3	1	4
амонијачни азот (mg/l) / ammonia nitrogen (mg/l)	0.01	0.02	0.01	0.01
нитратни азот (mg/l) / nitrate nitrogen (mg/l)	0.5	0.5	0.5	0.6
нитритни азот (mg/l) / nitrite nitrogen (mg/l)	0.005	0.006	0.004	0.004
сулфати (mg/l) / sulphate (mg/l)	0	0	0	0
ортофосфати (mg/l) / orthophosphate (mg/l)	0.04	0.05	0.03	0.05
дубина (m) / depth (m)		2.8		3.6
провидност (m) / turbidity (m)		2.8		3.6

Таб. 2. Микробиолошке карактеристике воде језера Горње Баре
 Tab. 2. Microbiological characteristics of Gornje Bare Lake water

Карактеристика / Characteristic	Локалитет А / Site A	Локалитет А дно / Site A bottom	Локалитет В / Site B	Локалитет В дно / Site B bottom
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (kol/ml) / aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria (CFU/ml)	2200	5300	3030	5700
класа воде / water class*	II	II	II	II
аеробне мезофилне бактерије (kol/ml) / aerobic mesophilic bacteria (CFU/ml)	500	2333	400	2450
укупне колиформне бактерије (kol/100 ml) / total coliform bacteria (CFU/100 ml)	2250	200	500	200
класа воде / water class*	II	II	II	II
фекалне колиформне бактерије (kol/100 ml) / fecal coliform bacteria (CFU/100 ml)	<1	100	<1	<1
класа воде / water class*	I	II	I	I
фекалне стрептококе (kol/100 ml) / fecal streptococcus (CFU/100 ml)	30	100	50	<1
класа воде / water class*	II	II	II	I

* Напомена: Класификација воде извршена је према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока Републике Српске (Службени гласник Републике Српске, бр. 42/2001)

Note: Water quality classification was performed according to the Regulation on water classification and categorization of watercourses (Official Gazette of the Republic of Srpska No. 42/2001)

Санитарно-микробиолошки параметри указују на воду II класе квалитета, тј. на воду умјерено оптерећену органским материјама (Таб. 2). Бројност аеробних хетеротрофних психрофилних бактерија и бројност укупних колиформних бактерија у свим узорцима одговара II класи површинских вода, с тим да је у слоју изнад дна због дизања муља забиљежен знатно већи укупан број бактерија у односу на површински слој. Однос бројности аеробних психрофилних и мезофилних бактерија у свим узорцима указује на доминацију аутохтоне водне бактериофлоре. Међу укупним колиформима фекални колиформи су у мањем броју изоловани само на дну на локалитету А, док су фекалне стрептококе изоловане у

Sanitary-microbiological parameters suggest Class II of surface water quality, i.e. water moderately loaded with organic matter (Tab. 2). The number of aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria and the number of total coliform bacteria in all samples corresponds to Class II of surface water quality; however it should be noted that there is a considerably higher total number of bacteria in the bottom layer due to sludge rising compared to the surface layer. The aerobic psychrophilic and mesophilic bacteria ratio in all samples indicates the dominance of autochthonous aquatic bacteria flora. Among the total coliforms, fecal coliforms are in lesser numbers isolated only at the bottom layer of the site A, whereas fecal streptococci are isolated in

мањем броју на оба локалитета. Њихова ниска бројност (100 kol/100 ml) указује да вода није у знатној мјери оптерећена фекалним материјама.

Да су у језеру Горње Баре присутни интензивнији процеси еутрофизације него што се то очекивало показују и сапробиолошки параметри (Таб. 3). Идентификована су укупно 24 различита таксона алги заједно са цијанобактеријама у оквиру 5 раздјела. На основу њихове учесталости израчунат је индекс сапробности од 1.85, што показује да је вода Горњих Бара прешла у категорију β -мезосапробних вода (MSZ-12749, 1993). Квалитативно, највише је било силикатних алги, са 12 различитих таксона, међу којима су квантитативно доминирале *Cocconeis*, *Navicula* и *Cymbella*. Високу бројност имале су и цијанобактерија *Oscillatoria* и ватрена алга *Peridinium*.

Извор којим се језеро Доње Баре напаја водом има воду одличног квалитета. Она је по вриједностима праћених параметара, како физичко-хемијских (Таб. 4), тако и санитарно-микробиолошких (Таб. 5), одговарала I класи површинских вода. Вода је и у љетним мјесецима хладна. У јулу је измјерена температура од свега 11.3°C, вода је била благо алкална и потпуно сатурисана раствореним кисеоником. Није оптерећена органским нити минералним материјама, није утврђено присуство суспендованих материја нити сулфата, а измјерене су и ниске вриједности електропроводљивости и ниске концентрације азотних и фосфорних једињења. Да вода извора није оптерећена органским материјама указује и ниска вриједност биолошке потрошње кисеоника (0.81 mgO₂/l), као и мала бројност укупног броја хетеротрофних бактерија (850 kol/ml). *Escherichia coli* и фекалне стрептококе, које су индикатори контакта са фекалним отпадним материјама, нису изоловане.

smaller numbers at both sites. Their low number (100 CFU/100 ml) indicates that water is not considerably affected by fecal matter.

Values of saprobiological parameters show that there are more intense processes of eutrophication in Gornja Bara Lake than expected (Tab. 3). A total of 24 different algae taxa along with Cyanobacteria in 5 divisions have been identified. Based on their frequency, the saprobity index value of 1.85 was calculated, indicating that the water of Gornje Bare Lake transitioned into the category of β -mezosaprobic water (MSZ-12749, 1993). Qualitatively, silica algae were most frequent, with 12 different taxa, among which *Cocconeis*, *Navicula* and *Cymbella* were quantitatively dominated. Cyanobacteria *Oscillatoria* and Pyrrophyta *Peridinium* also had high numbers.

The water source that feeds Donje Bare Lake is water of an excellent quality. Based on values of both physical-chemical (Tab. 4) and sanitary-microbiological (Tab. 5) parameters monitored, it corresponds to Class I of surface water quality. Water is cold even during summer months. In July, water temperature of only 11.3°C was measured; the water was slightly alkaline and fully saturated with dissolved oxygen. It is not loaded with organic or mineral substances, the presence of suspended matter or sulfates was not determined, whereas low values of electroconductivity and low concentration of nitrogen and phosphorus compounds were measured. The low biological consumption of oxygen (0.81 mgO₂/l), as well as low total number of heterotrophic bacteria (850 CFU/ml) also suggest that water source is not loaded with organic matter. *Escherichia coli* and fecal streptococci, which are indicators of contact with fecal wastes, were not isolated.

Таб. 3. Квалитативни састав алги језера Горње Баре и Доње Баре
 Tab. 3. Qualitative composition of Gornje Bare and Donje Bare Lakes

Таксон / Taxon	s	G	Горње Баре / Gornje Bare	Доње Баре / Donje Bare
			h	h
Cynobacteria				
<i>Chroococcus sp.</i>	1.60	3	5	5
<i>Gloeotrichia natans</i>	1.70	4		3
<i>Microcystis sp.</i>	2.00	3	3	3
<i>Lyngbya sp.</i>	2.00		3	
<i>Oscillatoria sp.</i>	2.30	3	5	3
Bacillariophyta				
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	1.60	3	5	5
<i>Cyclotella sp.</i>	1.50	3	1	5
<i>Cymbella ventricosa</i> Agardh.	1.80	4	5	5
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) V. Heurck	1.60	5	3	3
<i>Cymbella sp.</i>	1.70			3
<i>Fragillaria capucina</i> Desm.	1.60	3	3	5
<i>Fragillaria crotonensis</i> Kitton	1.70	3	3	3
<i>Gomphonema sp.</i>	2.20	3	3	
<i>Melosira varians</i> Ag.	2.00	2	3	2
<i>Navicula sp.</i>	2.00	3	5	5
<i>Pinnularia viridis</i> Ehr.	1.70	5	1	3
<i>Stauroneis phoenicentron</i> Welheim	1.80	2	3	1
<i>Surirella elegans</i> Ehr.	1.40	4		3
<i>Synedra acus</i> Kütz.	1.70	3	3	3
Euglenophyta				
<i>Euglena oblonga</i> F. Schmitz	2.00	4	3	2
Chlorophyta				
<i>Characium gracile</i> Schiller	1.60	3		5
<i>Closterium setaceum</i> Ehr.	2.20	3	5	3
<i>Cosmarium sp.</i>	1.80	3	2	2
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kütz	2.10	3	3	
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.	2.20	3	3	1
<i>Mougeotia viridis</i> Wittrock	1.60	3	3	7
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh	1.90	3	2	1
<i>Scenedesmus serratus</i> Bohlin	2.00	3	2	1
Pyrrhophyta				
<i>Peridinium sp.</i>	1.40	3	5	7
ИНДЕКС САПРОБНОСТИ / SAPROBITY INDEX			1.85	1.71

Напомена: s – сапробна вриједност врсте, G – индикаторска тежина, h – релативна бројност таксона.
 Note: s – species saprobic value, G – indicator weight, h – the relative abundance of taxa.

Таб. 4. Физичко-хемијске карактеристике воде језера Доње Баре
 Tab. 4. Physical-chemical characteristics of Donje Bare Lake water

Параметар / Parameter	Извор / Source	Локација А површински слој / Site A surface layer	Локација А дно / Site A bottom layer	Локација В површински слој / Site B surface layer	Локација В дно / Site B bottom layer	Локација С површински слој / Site C surface layer	Локација С дно / Site C bottom layer	Отока / Distributary
температура воде (°C) / water temperature (°C)	11.3	22.7	21.6	21.9	21.8	21.7	19.6	21.3
концентрација раствореног O ₂ (mg/l) / dissolved O ₂ concentration (mg/l)	9.39	8.52	8.87	8.10	7.20	7.91	7.60	7.71
сатурација (%) / saturation (%)	102.1	117.8	120.0	110.3	97.8	107.4	98.9	103.7
ВРК ₅ (mgO ₂ /l) / BODs ₅ (mgO ₂ /l)	0.81	1.96	2.98	1.83	3.29	1.63	2.17	1.68
pH	7.88	8.53	8.44	8.37	7.76	8.37	7.80	8.04
електропроводљивост (μS/cm) / electroconductivity (μS/cm)	218	145	109	109	110	110	110	111.9
турбидитет (NTU) / turbidity (NTU)	0.14	3.88	79.6	1.58	78.2	0.54	6.5	4.4
суспендоване материје (mg/l) / suspended matter (mg/l)	0	2	21	2	18	1	5	5
амонијачни азот (mg/l) / ammonia nitrogen (mg/l)	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03
нитратни азот (mg/l) / nitrate nitrogen (mg/l)	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4
нитритни азот (mg/l) / nitrite nitrogen (mg/l)	0.008	0.009	0.011	0.003	0.005	0.002	0.003	0.000
сулфати (mg/l) / sulphate (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
ортофосфати (mg/l) / orthophosphate (mg/l)	0.14	0.06	0.08	0.11	0.10	0.04	0.04	0.09
дубина (m) / depth (m)		2.5		3.8		5.0		
провидност (m) / turbidity (m)		2.2		2.8		3.2		

Температура воде језера Доње Баре кретала се у интервалу од 19.6°C, колико је измјерено на 5 метара дубине, па до 22.7°C у површинском слоју. Овакве, релативно високе температуре воде доприносе бржем метаболизму бактерија, погодују њиховом умножавању и интензивнијем развоју фитопланктона. Процеси оксидације органске материје су израженији у слоју воде изнад дна на шта указују повишене вриједности ВРК₅, као и бројност аеробних хетеротрофних психрофилних и мезофилних бактерија, чија је бројност у овом слоју неколико пута премашивала њихову бројност непосредно испод површине. У читавом водном стубу вода је одлично сатурисана раствореним кисеоником. Површински слој карактерише хиперсатурација која је показатељ интензивних процеса фотосинтезе, али је ипак знатно мање изражена у односу на хиперсатурацију која се јавља у језеру Горње Баре.

Концентрације основних нутријената у води су ниске, како азотних тако и фосфатних једињења, док присуство сулфата уопште није забиљежено. Од свих праћених физичко-хемијских параметара само су концентрација суспендованих материја и засићеност воде кисеоником одговарале II класи површинских вода, док су вриједности свих осталих параметара према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока (Службени гласник Републике Српске, 2001) биле у оквиру I класе. Високе вриједности концентрације суспендованих материја у слоју воде изнад дна су последица дизања муља приликом узорковања.

Усљед развоја фитопланктона измјерена је и релативно ниска провидност воде која је на најдубљем локалитету (дубина 5 метара) износила 3.2 метра.

The water temperature in Donja Bara Lake ranged between 19.6°C, as measured at 5 meters depth, and 22.7°C in the surface layer. These relatively high water temperatures contribute to faster bacteria metabolism; favor their reproduction and the more intense development of phytoplankton. The processes of organic matter oxidation are more pronounced in the water bottom layer, as indicated by elevated values of BOD₅, as well as the number of aerobic heterotrophic psychrophilic and mesophilic bacteria, whose number in this layer several times exceeded their number in the surface layer. Over the entire water column, the water is perfectly saturated with dissolved oxygen. The surface layer is characterized by hypersaturation, which is an indicator of intense photosynthesis processes, but is still considerably less pronounced compared to the hypersaturation occurring in the Gornja Bara Lake.

Concentrations of basic nutrients in water, both nitrogen and phosphate compounds, are low, whereas the presence of sulfates was not recorded at all. Of all physical-chemical parameters monitored, only the concentration of suspended matter and the water saturation with oxygen corresponded to Class II of surface water quality, whereas the values of all other parameters according to the *Regulation on water classification and categorization of watercourses* (Службени гласник Републике Српске, 2001) were within Class I. High concentrations of suspended matter in the water bottom layer are the result of sludge rising during sampling.

Due to development of phytoplankton, the relatively low transparency of the water was measured – at the deepest location (5 meters depth) it was 3.2 meters.

Таб. 5. Микробиолошке карактеристике воде језера Доње Баре
 Tab. 5. Microbiological characteristics of Donje Bare Lake water

Карактеристика / Characteristic	Извор / Source	Локација А површински слој / Site A surface layer	Локација А дно / Site A bottom layer	Локација В површински слој / Site B surface layer	Локација В дно / Site B bottom layer	Локација С површински слој / Site A surface layer	Локација С дно / Site C bottom layer	Отока / Distributary
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (kol/ ml) / aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria (CFU/ ml)	850	2800	6100	1100	3600	1450	2250	1950
класа воде / water class*	I	II	II	II	II	II	II	II
аеробне мезофилне бактерије (kol/ml) / aerobic mesophilic bacteria (CFU/ml)	200	200	2500	200	500	100	150	100
укупне колиформне бактерије (kol/100 ml) / total coliform bacteria (CFU/100 ml)	25	250	1000	90	450	45	2400	1200
класа воде / water class*	I	II	II	II	II	I	II	II
фекалне колиформне бактерије (kol/100 ml) / fecal coliform bacteria (CFU/100 ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10	<1
класа воде / water class*	I	I	I	I	I	I	I	I
фекалне стрептококе (kol/100 ml) / fecal streptococcus (CFU/100 ml)	<1	80	540	<1	<1	<1	<1	200
класа воде / water class*	I	II	II	I	I	I	I	II

* Напомена: Класификација воде је извршена према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока Републике Српске (Службени гласник Републике Српске, бр. 42/2001)

Note: Water quality classification was performed according to the Regulation on water classification and categorization of watercourses (Official Gazette of the Republic of Srpska No. 42/2001)

Према укупном броју аеробних хетеротрофних бактерија, као и према броју укупних колиформних бактерија, вода језера Доње Баре спада у II класу површинских вода. Цјелокупна санитарно-микробиолошка анализа указује на воду у којој су у мањој мјери присутне органске материје у фази распадања, нарочито у слоју изнад дна, гдје је бројност бактерија због дизања муља неколико пута већа него у површинском слоју. Међутим, међу укупним колиформима нису изоловане фекалне колиформне бактерије, *Escherichia coli* није изолована нити у једном од узорака, а фекалне стрептококе су изоловане у мањем броју само на локалитету А, па се може закључити да вода језера није оптерећена отпадним фекалним материјама.

Вода отоке језера Доње Баре је благо алкална, добро засићена раствореним кисеоником, са ниском вриједношћу електропроводљивости и ниским концентрацијама основних нутријената. Присуство нитритног азота и сулфата у води уопште није забиљежено. Сем концентрације суспендованих материја, која је одговарала II класи површинских вода, вриједности свих осталих параметара су биле у оквиру I класе. Санитарно-микробиолошки показатељи квалитета воде на основу бројности свих изолованих група бактерија указују на воду II класе, изузев бројности фекалних колиформа чије присуство у води уопште није забиљежено.

У води језера Доње Баре идентификовано је 26 различитих таксона алги заједно са цијанобактеријама, у оквиру 5 раздјела (Таб. 5).

На основу квалитативног састава алги и њихове учесталости израчунат је индекс сапробности који износи 1.71, што је показатељ још увијек олигосапробне воде високог сапробног статуса (MSZ-12749, 1993).

Квалитативно, највише је било силикатних алги, са 13 различитих таксона. Цијанобактерије су биле заступљене са 4, зелене алге са 7, а ватрене алге и еуглене са по 1 таксоном. У квантитативном смислу доминирале су зелена кончаста алга *Mougeotia viridis* и ватрена монадоидна алга *Peridinium sp.*

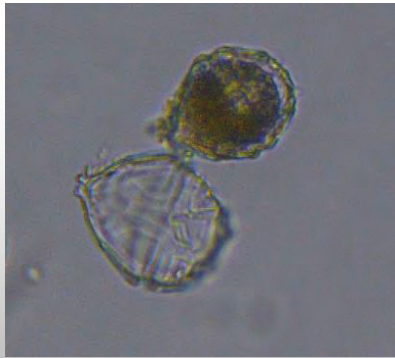
According to the total number of aerobic heterotrophic bacteria, as well as the number of total coliform bacteria, the Donje Bare Lake water corresponds to Class II of surface water quality. The overall sanitary-microbiological analysis indicates water in which organic matter is present in the decay phase, particularly in the bottom layer, where number of bacteria due to sludge rising is several times higher than in the surface layer. However, among the total coliforms, fecal coliform bacteria are not isolated, *Escherichia coli* is not isolated in any of the samples, and fecal streptococci are isolated in smaller numbers only at site A, so it can be concluded that the lake water is not loaded with waste fecal matter.

The water of Donje Bare Lake distributary is slightly alkaline, well saturated with dissolved oxygen, with a low electroconductivity and low concentrations of basic nutrients. The presence of nitrite nitrogen and sulfate in water was not recorded at all. Apart from the concentration of suspended matter, which corresponded to Class II of surface water quality, the values of all other parameters were within Class I. Sanitary-microbiological indicators of water quality based on the number of all isolated groups of bacteria indicate water of Class II, except for the number of fecal coliforms whose presence in water is not recorded at all. In the Donje Bare Lake water, a total of 26 different algae taxa along with Cyanobacteria in 5 divisions were identified (Tab. 5).

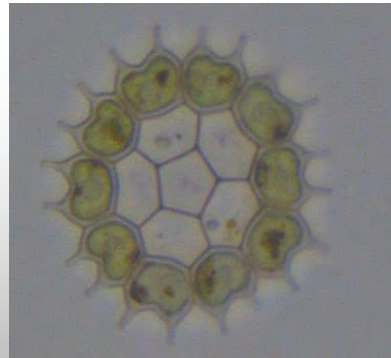
Based on qualitative composition of algae and their frequency, a saprobity index of 1.71 was calculated which was an indicator of the still oligosaprobic water of high saprobic status (MSZ-12749, 1993).

Qualitatively, silica algae were most frequent, with 13 different taxa. Cyanobacteria were represented by 4, the green with 7, and pyrophyta and euglenes with 1 taxon each. In quantitative terms, the green thread algae *Mougeotia viridis* and the monoid Pyrophyta *Peridinium sp.* (Fig. 3) dominated. Unlike the Black Lake at the Zelengora Mountain,

(Сл. 3). За разлику од Црног језера на Зеленгори гдје није уочено присуство типичних таксона за језера Републике Српске, као што су *Pediastrum* и *Scenedesmus* (Dekić et al., 2016), представници оба таксона су забиљежени са по једном врстом (Сл. 4) у водама и Горњих и Доњих Бара.



Сл. 3. *Peridinium* sp.
Fig. 3. *Peridinium* sp.



Сл. 4. *Pediastrum*
boryanum
Fig. 4. *Pediastrum*
boryanum

where presence of typical taxa for lakes in the Republic of Srpska, such as *Pediastrum* and *Scenedesmus* was not registered (Dekić et al., 2016), representatives of both taxa were recorded with one species in the waters of Gornje Bare and Donje Bare lakes (Fig. 4).

Имајући у виду чињеницу да је у језерима обухваћеним са сва четири годишња доба утврђена сезонска динамика планктона те да се неке врсте алги могу наћи искључиво у хладнијем периоду године (Sigeo, 2004) то број таксона алги које насељавају језера Горње и Доње Баре је далеко већи. Да би се у тим језерима прецизније утврдио састав фитопланктона узорковање би требало вршити током читаве године.

Having in mind the fact that in the lakes monitored in all four seasons, the seasonal dynamic of the plankton was determined, and that some types of algae can be found solely during the colder part of the year (Sigeo, 2004), the number of algae taxa inhabiting the Gornje Bare and Donje Bare lakes is far higher. In order to determine the precise phytoplankton composition in these lakes, sampling should be carried out throughout the year.

ЗАКЉУЧАК

На основу извршених физичко-хемијских, микробиолошких и сапробиолошких анализа може се закључити да језеро Доње Баре, као и извор којим се језеро напаја, имају воду одличног квалитета. Од праћених параметара само концентрација суспендованих материја, zasiћеност воде кисеоником, бројност аеробних

CONCLUSION

Based on the performed physical-chemical, microbiological and saprobiological analyzes, it can be concluded that the Donje Bare Lake, as well as the water source which feeds the lake water, has water of an excellent quality. Of all parameters monitored, only the concentration of suspended matter, water oxygen saturation,

хетеротрофних и укупних колиформних бактерија у води одговара II класи површинских вода, док су вриједности осталих праћених параметара биле у оквиру I класе. Индекс сапробности указује на олигосапробну воду високог сапробног статуса. Извор овог језера према вриједностима физичко-хемијских и санитарно-микробиолошких параметара одговара I класи, док отока, због повишене концентрације суспендованих материја и бројности бактерија, одговара II класи квалитета површинских вода.

Језеро Горње Баре у односу на Доње Баре знатно је плиће и више је изложено процесима еутрофикације. Параметри кисеоничног режима и рН вриједност, у периоду узорковања, одговарају III класи вода и сврставају га у умјерено еутрофна језера. Будући да су вриједности осталих физичко-хемијских параметара у оквиру I класе, а санитарно-микробиолошких у оквиру II класе, стање овог водног система је задовољавајуће. Сам индекс сапробности израчунат на основу квалитативног и квантитативног састава фитопланктона указује на β -мезосапробну воду. Међутим, интензиван развој фитопланктона доводи до нагомилавања угинуле органске материје на дну, што убрзава процес старења језера, па је неопходно вршити континуиран мониторинг како би се на вријеме могле спровести одговарајуће заштитне мјере.

the number of aerobic heterotrophic and total coliform bacteria in water corresponds to Class II of surface water quality, whereas the values of the other parameters monitored were within Class I. The saprobity index indicates the oligosaprobic water of a high saprobic status. The water source which feeds the lake water according to the values of physical-chemical and sanitary-microbiological parameters corresponds to Class I, whereas the tributary, due to the increased concentration of suspended matter and the number of bacteria, corresponds to Class II of surface water quality.

Gornje Bare Lake, in relation to Donje Bare Lake, is considerably shallower and more exposed to the eutrophication processes. The parameters of the oxygen regime and the pH value, in the sampling periods, correspond to Class III of surface water quality and placing it in moderately eutrophic lakes. Since the values of other physical-chemical and sanitary-microbiological parameters are within Class I and Class II, respectively, the state of this water system is satisfactory. The saprobity index itself, calculated based on the qualitative and quantitative composition of phytoplankton, indicates β -mesosaprobic water. However, the intense development of phytoplankton leads to the accumulation of dead organic matter at the lake bottom, which accelerates the lake aging process, so it is necessary to carry out continuous monitoring in order to take appropriate protective measures on time.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Benson, H. J. (1998). *Microbiological Applications*. New York: McGraw-Hill.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Cambridge: E & FN Spon, University Press.
- Ћирковић, М., Јовановић, Б. & Малетин, С. (2002). *Рибарство*. Нови Сад: Пољопривредни факултет.
- Dalmacija, B. & Ivančev-Tumbas, I. (2004). *Analiza vode – kontrola kvaliteta, tumačenje rezultata*. Novi Sad: Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne
- sredine, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu i Budućnost.
- Dekić, R., Lolić, S., Gnjata, O., Gnjata, S. & Stanojević, M. (2016). Black Lake of the Zelengora Mountain – Sustainability Problems. *Гласник/Herald*, 20, 97–110.
- European Economic Community (1976). 76/160/EEC Council Directive Concerning the Quality of Bathing Water. *Official Journal*, L 31, 05/02/1976, 1–7.

- Gajin, S., Matavulj, M., Petrović, O. & Svirčev, Z. (2004). Problemi upravljanja eutrofikacijom vode u hidroakumulacijama. U *Zbornik radova Prve konferencije „Sistemi upravljanja zaštitom životne sredine“* (261–274). Novi Sad: Zora-XXI.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2018). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Retrieved March 5, 2018 from <http://www.algaebase.org>.
- HACH LANGE (2009). *DR2800 User Manual*. Düsseldorf: HACH Lange GMBH.
- Heinonen, P. (2000). *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- Hindák, F. (1978). *Sladkovodné riasy*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- Hindák, F. (2005). *Zelene kokalne riasy (Chlorococcales, Chlorophyta)*. Bratislava: Botanický ústav SAV.
- Hindák, F. (2008). *Colour Atlas of Cyanophytes*. Bratislava: VEDA, Publishing House of Slovak Academy of Science.
- John, D. M., Whitton, B. A. & Brook, A. J. (2002). *The Freshwater Algal Flora of the British Isles – An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge and London: Natural History Museum.
- Lazar, J. (1960). *Alge Slovenije. Seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje*. Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- McKane, L. & Kandel, J. (1996). *Microbiology, Essentials and Applications*. New York: McGraw-Hill.
- MZS 12749 (1993). Mađarski standardi kvaliteta vode. U Nemeš, K. (2005). Sezonska dinamika fitoplanktona hidrosistema Dunav–Tisa–Dunav u Banatu. Magistarska teza, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.
- Pál, G. (1998). Szaprobiological indikatorfajok jegyzeke. *Vizi természet-es kornyzetvedelem*, 6, 1–96.
- Petrović, O., Gajin, S., Matavulj, M., Radnović, D. & Svirčev, Z. (1998). *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*. Novi Sad: Institut za biologiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu.