

## ЕЛЕМЕНТИ ОДРЖИВОСТИ И КВАЛИТЕТА ВОДЕ КОТЛАНИЧКОГ ЈЕЗЕРА

Слободан Гњато<sup>1\*</sup>, Радослав Декић<sup>1</sup>, Свјетлана Лолић<sup>1</sup>,  
Обрен Гњато<sup>2</sup> и Марко Иванишевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

<sup>2</sup>Висока школа за туризам и хотелијерство, Требиње, Република Српска

**Сажетак:** Током љета 2016. године обављена су теренска и лабораторијска испитивања квалитета воде Котланичког језера на Зеленгори, извора којим се језеро напаја водом, те језерске отоке. Утврђени су физичко-хемијски, санитарно-микробиолошки и сапробиолошки параметри узоркованих вода. Резултати анализа показали су висок еколошки статус и одсуство значајнијих параметара еутрофикације. Језерска вода је хиперсатурисана фотосинтетском активношћу макрофита подводне ливаде, а сапробиолошка анализа показује олигосапробна својства. На основу квалитативног и квантитативног састава алги и цијанобактерија у језерској води израчунат је индекс сапробности (1.32) према коме вода Котланичког језера одговара првој класи квалитета површинских вода, односно олиготрофним водама високог еколошког статуса. Вода извора којим се језеро напаја, као и вода језерске отоке, изврсног је квалитета.

**Кључне ријечи:** Котланичко језеро, Зеленгора, физичко-хемијска и бактериолошка анализа, квалитет воде.

Original scientific paper

## ELEMENTS OF SUSTAINABILITY AND WATER QUALITY OF KOTLANIČKO LAKE

Slobodan Gnjato<sup>1\*</sup>, Radoslav Dekić<sup>1</sup>, Svjetlana Lolić<sup>1</sup>,  
Obren Gnjato<sup>2</sup> and Marko Ivanišević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

<sup>2</sup>College of Tourism and Hotel Management, Trebinje, Republic of Srpska

**Abstract:** During the summer of 2016, field and laboratory examinations were carried out on the quality of the Kotlaničko Lake water, the source by which the lake is supplied with water and on the lake distributary. The physical-chemical, sanitary-microbiological and saprobiological parameters of the sampled waters were determined. The research results showed a high ecological status and the absence of significant parameters of eutrophication. The lake water is hypersaturated by photosynthetic activity of the macrophyte of the submersed meadow, whereas saprobiological analysis determined oligosaprobic characteristics. Based on the qualitative and quantitative composition of algae and cyanobacteria in the lake water, the saprobity index of 1.32 was calculated which suggests that Kotlaničko Lake corresponds to Class I of surface water quality of, i.e. it is characterized by oligotrophic waters of high ecological status. The water of the source that supplies the lake, as well as the water of the lake's distributary, is of an excellent quality.

**Key words:** Kotlaničko Lake, Zelengora Mountain, physical-chemical and sanitary-microbiological analysis, water quality.

\* Аутор за кореспонденцију: Слободан Гњато, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина; E-mail: slobodan.gnjato@pmf.unibl.org

\* Corresponding author: Slobodan 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: slobodan.gnjato@pmf.unibl.org

## УВОД

Планина Зеленгора, на којој се налази Котланичко језеро, припада планинском ланцу Унутрашњих Динарида. Смјештена је у југоисточном дијелу Босне и Херцеговине. Њена највиша тачка је Брегоч, и налази се на 2014 m надморске висине. Посебну љепоту овој планини дају бројна ледничка језера у народу позната као „горске очи“. Најпознатија су Котланичко, Штиринско, Орловачко, Црно и Бијело језеро, у централном, те Горње Баре и Доње Баре на југоисточној страни ове планине.

Котланичко језеро најнеприступачније је од свих језера Зеленгоре, па је из тих разлога најмање изложено непосредном антропогеном утицају. У неким дијеловима језера дошло је до интензивног развоја емерзних и субмерзних макрофита које формирају читаве подводне ливаде, што доводи до убрзаног процеса старења воденог екосистема услед повећавања количине органске материје. Томе нарочито доприносе емерзне биљке трска и шаш. Оне усвајају (апсорбују) угљеник из ваздуха и предају га у виду органске материје воденом екосистему (Ћирковић, Јовановић, & Малетин, 2002). Након угибања макрофита таложи се знатна количина органске материје, што доводи до смањења дубине језера и раста слоја муља (Petrović, Gajin, Matavulj, Radnović, & Svirčev, 1998). На овај начин долази до процеса еутрофизације при чему, услед повећане примарне продукције, језеро прелази из олиготрофног у мезотрофно, а затим у еутрофно стање. Процесу еутрофизације доприноси и спирање околног земљишта, као и вјетар који доноси честице прашине и ситног пијеска у језерски базен. На тај начин, слој муља постепено се повећава, што води коначном нестанку воденог екосистема (Sigeo, 2004).

## INTRODUCTION

The Zelengora Mountain, where Kotlaničko Lake is located, is a part of the Dinarides mountain range. It is located in the southeastern part of Bosnia and Herzegovina. The highest peak Bregoč is located at 2014 m above the sea level. Specific beauty to this mountain is given by numerous glacial lakes known to the people as „mountain eyes“. The most famous are Kotlaničko, Štirinsko, Orlovačko, Crno and Bijelo Lakes, in the central part, and Gornje Bare and Donje Bare Lakes in the southeastern part of the mountain.

Kotlaničko Lake is the most unapproachable of all Zelengora lakes, and for this reasons is least exposed to a direct anthropogenic impact. In some parts of the lake, there has been an intensive development of emergent and submerged macrophytes that form submersed meadows, which entirely cover the area. This leads to the accelerated process of the aquatic ecosystem aging due to the increase in the amount of organic matter. In addition, eutrophication is particularly fastened by the semiaquatic vegetation, such as reed and sedge. They adopt carbon from the air and transfer it in the form of organic matter to the aquatic ecosystem (Ћирковић, Јовановић, & Малетин, 2002). After macrophytes die, a considerable amount of organic matter decomposes in the decay phase, which leads to the lake depth reduction and to increasing sludge layer (Petrović, Gajin, Matavulj, Radnović, & Svirčev, 1998). This leads to the eutrophication process whereby, due to increased primary production, lake transitions from oligotrophic to mezotrophic and then to eutrophic states. The eutrophication process is also contributed by the erosion of the surrounding land, as well as by the wind that carries particles of dust and fine sand into the lake watershed. Thereby, the sludge layer is gradually increasing, which leads to the final disappearance of the aquatic ecosystem (Sigeo, 2004).

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

## MATERIALS AND METHODS

Котланичко језеро (Сл. 1) налази се у централном дијелу планине Зеленгоре, на 1514 m надморске висине, на 43°21'41.70'' с. г. ш. и 18°29'2'' и. г. д., и припада групи циркних језера. Окружено је планинским врховима: Клек, Домош, Прутача и Зимовица. Језеро је дуго око 400 m, а широко око 200 m. Оно је најдубље језеро на Зеленгори, а највећа измјерена дубина износи 10 m. Напаја се водом из неколико извора укључујући и падавинске воде. Језеро губи воду испаравањем и отоком која понире (Gafić & Džeko, 2008).

Kotlaničko Lake (Fig. 1) is located in the central part of the Zelengora Mountain at 1514 m above sea level, at 43°21'41.70'' N and 18°29'2'' E. It belongs to a group of cirque lakes. It is surrounded by the Klek, Domoš, Prutača and Zimovica mountain peaks. It is about 400 m long and about 200 m wide. This is the deepest lake at the Zelengora Mountain – the greatest measured depth is 10 m. It is supplied with water from several sources and by precipitation. The water loss is due to evaporation and the distributary that flows to subterranean (Gafić & Džeko, 2008).



Сл. 1. Котланичко језеро (Фото: Декић, 2016. г.)

Fig. 1. Kotlaničko Lake (Photo: Dekić, 2016)

Узорци воде за физичко-хемијску и бактериолошку анализу узети су 20. августа 2016. године. Узорковање је извршено употребом стерилних стаклених бочица запремине 500 ml у асептичним условима, из слоја 10–15 cm испод површине, као и из слоја 30–50 cm изнад дна језера. Узорци језерске воде узети су на четири различита

Water samples for physical-chemical and bacteriological analysis were taken on August 20, 2016. Sampling was performed using sterile glass bottles of 500 ml in aseptic conditions, from a layer of 10–15 cm below the surface, and from a layer 30–50 cm above the lake bottom. Lake water samples were collected from four different sites (sites A, B, C and D),

локалитета (А, В, С и D), те са извора којим се језеро напаја водом, као и из језерске отоке. За анализу фитопланктона профилирано је 20 l воде кроз планктонску мрежицу пречника 20  $\mu\text{m}$ . Концентровани узорак је фиксиран киселим луголовим раствором. Дубина воде и њена провидност утврђени су помоћу Secchi диска. Такође, извршено је и мјерење температуре воде, а одређене су и вриједности рН, електропроводљивости, концентрације раствореног кисеоника, те сатурација и турбидитет. Сакупљени узорци транспортовани су у ручном фрижидеру на леду, на температури до +4°C. Анализа осталих параметара извршена је у лабораторији Природно-математичког факултета Универзитета у Бањој Луци. Употребом спектрофотометра HACH DREL Complete Water Lab DR2800, према прописаним процедурама (HACH LANGE, 2008), одређене су концентрације раствореног амонијачног, нитратног и нитритног азота, ортофосфата и сулфата, као и укупне суспендоване материје.

Бројност бактерија одређена је индиректним одгајивачким методама (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Wistreich, 2003). Одређена је бројност укупних аеробних хетеротрофа, укупних колиформних бактерија, колиформних бактерија фекалног поријекла и бројност фекалних стрептокока (Petrović et al., 1998; Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001), при чему су кориштене хранјиве подлоге произвођача BioMérieux и Torlak.

Идентификација алги извршена је помоћу кључева: Hindak (1978, 2005, 2008), John, Whitton, & Brook (2005), Kannan & Lenca (2013), Lange-Bertalot, Hofmann, Werum, & Cantonati (2017) и Lazar (1960). Степен сапробности одређен је на основу релативне бројности индикаторских организама, при чему је кориштена мађарска модификација Pantle-Buck методе (Pál, 1998).

Коначна оцјена квалитета воде дата је на основу релевантне законске регулативе Републике Српске из области квалитета површинских вода (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).

as well as from the source which supplies the lake with water and from the lake's distributary. For phytoplankton analysis, 20 l of water were filtered through plankton net of 20  $\mu\text{m}$  diameter mesh. The concentrated sample was fixed with acidic Lugol's solution. The water depth and transparency were determined using the Secchi disk. In addition, water temperature was measured, and pH values, electroconductivity, dissolved oxygen concentration, saturation and turbidity were also determined. Collected samples were transported in a hand cooler with ice on temperature up to 4°C. Analysis of other parameters was performed in the laboratory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics in Banja Luka. Using the spectrophotometer HACH DREL Complete Water Lab DR2800, following-up user manual (HACH LANGE, 2008), concentrations of dissolved ammonia, nitrate and nitrite nitrogen, orthophosphate and sulphate, as well as the total suspended matter were determined.

The amount of bacteria was determined by using indirect breeding methods (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Wistreich, 2003). Quantity of total aerobic heterotrophs, total coliform bacteria, coliform bacteria of faecal origin and the number of faecal streptococci were determined (Petrović et al., 1998; Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001) using BioMérieux and Torlak nutrient bases.

Identification of algae was carried out using the following keys: Hindak (1978, 2005, 2008), John, Whitton, & Brook (2005), Kannan & Lenca (2013), Lange-Bertalot, Hofmann, Werum, & Cantonati (2017) and Lazar (1960). The degree of saprobity was determined based on relative number of indicator organisms and using the Hungarian modification of the Pantle-Buck method (Pál, 1998).

The final water quality assessment is given based on the relevant legislation of the Republic of Srpska in the field of surface water quality (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).



## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Вода извора којим се Котланичко језеро напаја изврсног је квалитета и високог еколошког статуса (Таб. 1). Иако је узорковање извршено у августу, температура воде износила је свега 13.9°C. Вода је била богата раствореним кисеоником, што показује вриједност сатурације од 94.5 %. Биолошка потрошња кисеоника, од свега 0.57 mgO<sub>2</sub>/l, показатељ је ниске концентрације органских материја у језерској води. Вода је била благо алкална (pH 7.81), и није била оптерећена суспендованим материјама органског и минералног поријекла. Концентрације основних нутријената у језерској води биле су ниске, а присуство амонијачног азота и сулфата није забиљежено.

На основу праћених општих физичко-хемијских параметара, параметара кисеоничног режима те концентрације присутних нутријената, изворска вода којом се језеро храни припада првој класи површинских вода (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).

На висок еколошки статус изворске воде указују и резултати санитарно-микробиолошких анализа. Укупан број аеробних хетеротрофних бактерија износио је 550 CFU/ml, што је показатељ ниске концентрације органске материје. Наиме, хетеротрофне бактерије хране се органском материјом и њихова бројност директно зависи од присуства овог типа материја у води (Ђukić, Gajin, Matavulj, & Mandić, 2000). У малом броју изоловане су и укупне колиформне бактерије (10 CFU/100 ml), али међу њима није забиљежено присуство фекалних колиформа нити фекалних стрептокока које су индикатор оптерећења воде фекалним материјама. На основу извршених анализа изводи се закључак да изворска вода којом се Котланичко језеро напаја припада првој класи површинских вода.

Мјерења су показала да је температура језерске воде виша у односу на температуру

## RESULTS AND DISCUSSION

Water of source, which supplies Kotlaničko Lake with water, is excellent and has a high ecological status (Tab. 1). Although the sampling was carried out in August, the water temperature was only 13.9°C. Saturation value of 94.5 % suggests that it is rich with dissolved oxygen. Biological consumption of oxygen of only 0.57 mgO<sub>2</sub>/l is an indicator of low concentration of organic matter in water. The water is slightly alkaline (pH 7.81) and is not loaded with suspended organic and mineral substances. Concentrations of basic nutrients in water were low, and the presence of ammonium nitrogen and sulphate was not recorded in water at all.

Based on all observed general physical-chemical parameters, parameters of the oxygen regime, as well as the concentration of the present nutrients, water of the source corresponds to Class I of surface water quality (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).

The high ecological status of the source is also indicated by the results of sanitary-microbiological analyzes. The total number of aerobic heterotrophic bacteria was 550 CFU/ml, indicating a low concentration of organic matter in water. As a matter of fact, heterotrophic bacteria feed on organic matter and their number depends directly on the presence of this type of matter in water (Ђukić, Gajin, Matavulj, & Mandić, 2000). Total coliform bacteria were isolated in a low number (10 CFU/100 ml). However, among them presence of faecal coliforms or faecal streptococci, which are indicators of water loading with faecal matter, was not determined. Coliforms get into the water with municipal waste materials in larger numbers, but they are also natural inhabitants of surface waters. Based on the performed analysis, it can be concluded that the water of the source which supplies Kotlaničko Lake corresponds

изворске воде, што је и очекивано, јер се ради о стајаћој води чија се површина брже загријава. Измјерене вриједности кретале су се у распону од 18.7°C, колико је измјерено на дну локалитета В, до 20.7°C у површинском слоју на локалитету D. Приликом мјерења није забиљежена велика разлика у температури воде површинског слоја у односу на приземни слој. Ова констатација важи за све локалитете на којима су вршена мјерења, што значи да не постоји температурна стратификација.

Анализе су показале да је језерска вода богата раствореним кисеоником. Концентрација кисеоника на свим локалитетима била је већа од 8 mg/l, изузев отоке гдје је утврђена мања вриједност. Међутим, на локалитету А утврђена је виша концентрација кисеоника у површинском слоју у односу на приземни слој, док је на осталим локалитетима стање обрнуто. Разлог томе су макрофите подводних ливада. Оне интензивно врше процес фотосинтезе при чему се ослобађа кисеоник, што доприноси хиперсатурацији. Повишена вриједност сатурације воде кисеоником сврстава Котланичко језеро у другу класу површинских вода. Мјерења на свим локалитетима показала су да је биолошка потрошња кисеоника релативно ниска. Ипак, нешто више вриједности овог параметра, због интензивнијег процеса микробиолошке разградње органске материје, утврђене су при дну језера, и то на локалитетима А и D, што указује на другу класу квалитета површинских вода.

Котланичко језеро има благо алкалну воду чија се рН вриједност креће у интервалу од 8.22 до 8.48. Анализе су показале да је концентрација јона у води изразито ниска, јер се вриједност електропроводљивости кретала од 122.6 до 253.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Нешто више вриједности овог параметра утврђене су на свим мјерним локалитетима при дну језера. Концентрације суспендованих материја и вриједности турбидитета указују на бистру воду, неоптерећену органским и минералним

to Class I of surface water quality.

The temperature of lake water is higher compared to the temperature of the source water, which is expected, since it is a stagnant water whose surface is being heated faster. The measured values ranged between 18.7°C, measured at the bottom of site B, and 20.7°C at the surface layer of site D. During the measurements, no substantial differences in the temperature of the surface layer and the bottom layer were determined. The stated was found at all sites where measurements were performed, which suggests that there is no temperature stratification.

Analyzes showed that lake water is rich in dissolved oxygen. The concentration of oxygen at all sites was higher than 8 mg/l, except at the distributary where a lower value was determined. However, at site A, a higher concentration of oxygen in the surface layer compared to the bottom layer was determined, whereas at other locations the situation was reversed. Macrophytes of the submersed meadows are reason for this. They intensively perform the process of photosynthesis, whereby oxygen is released, which contributes to hypersaturation. Higher value of water oxygen saturation ranks Kotlaničko Lake in Class II of surface water quality. Analysis showed that biological consumption of oxygen is relatively low at all sites. However, slightly higher values of this parameter were determined for bottom layer at sites A and D, due to more intense process of microbiological degradation of organic matter, indicating Class II of surface water quality.

Kotlaničko Lake has mildly alkaline water, with pH in the range of 8.22–8.48. Analyzes showed that concentration of ions in water is extremely low – the electrical conductivity value ranged from 122.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 253  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Slightly higher values of this parameter were measured at the lake bottom layer at all sites. The concentration of suspended matter

Таб. 1. Физичко-хемијске карактеристике воде Котланичког језера  
 Tab. 1. Physical-chemical characteristics of Kotlaničko Lake

| Параметар / Parameter                                                                                                                    | Извор / Source | Локација А<br>површински слој / Site<br>A surface layer | Локација А дно /<br>Site A bottom layer | Локација В<br>површински слој / Site<br>B surface layer | Локација В дно /<br>Site B bottom layer | Локација С<br>површински слој / Site<br>C surface layer | Локација С дно /<br>Site C bottom layer | Локација Д<br>површински слој / Site<br>D surface layer | Локација Д дно /<br>Site D bottom layer | Отока /<br>Distributary |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| температура воде (°C) /<br>water temperature (°C)                                                                                        | 13.9           | 19.0                                                    | 19.0                                    | 19.2                                                    | 18.7                                    | 20.4                                                    | 19.8                                    | 20.7                                                    | 19.3                                    | 20.0                    |
| концентрација<br>раствореног O <sub>2</sub> (mg<br>O <sub>2</sub> /l) / dissolved O <sub>2</sub><br>concentration (mg O <sub>2</sub> /l) | 8.10           | 8.83                                                    | 8.73                                    | 8.38                                                    | 8.68                                    | 8.66                                                    | 9.05                                    | 8.22                                                    | 8.88                                    | 6.24*                   |
| сатурација (%) /<br>saturation (%)                                                                                                       | 94.5           | 114.6*                                                  | 113.5*                                  | 109.3                                                   | 112.1*                                  | 115.9*                                                  | 119.6*                                  | 110.6*                                                  | 116.3*                                  | 82.7                    |
| БПК <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l) / BOD <sub>5</sub><br>(mg O <sub>2</sub> /l)                                                     | 0.57           | 1.74                                                    | 2.31*                                   | 0.77                                                    | 1.38                                    | 1.13                                                    | 1.68                                    | 0.64                                                    | 2.26*                                   | 1.48                    |
| класа воде / water class                                                                                                                 | I              | II                                                      | II                                      | I                                                       | II                                      | II                                                      | II                                      | II                                                      | II                                      | II                      |
| pH                                                                                                                                       | 7.81           | 8.38                                                    | 8.22                                    | 8.42                                                    | 8.38                                    | 8.39                                                    | 8.29                                    | 8.39                                                    | 8.48                                    | —                       |
| електропроводљивост<br>(μS/cm) /<br>electroconductivity (μS/<br>cm)                                                                      | 306.1          | 135.2                                                   | 253.0                                   | 127.4                                                   | 141.9                                   | 122.6                                                   | 142.5                                   | 128.2                                                   | 138.6                                   | 125.2                   |
| турбидитет (NTU) /<br>turbidity (NTU)                                                                                                    | 0.80           | 1.59                                                    | 1.04                                    | 1.23                                                    | 1.47                                    | 0.61                                                    | 1.06                                    | 0.84                                                    | 0.96                                    | 0.00                    |
| суспендоване материје<br>(mg/l) / suspended matter<br>(mg/l)                                                                             | <0.01          | 1                                                       | 1                                       | 1                                                       | 1                                       | <0.01                                                   | 1                                       | <0.01                                                   | 1                                       | 1                       |
| класа воде / water class                                                                                                                 | I              | I                                                       | I                                       | I                                                       | I                                       | I                                                       | I                                       | I                                                       | I                                       | I                       |
| амонијачни азот (mg/l) /<br>ammonia nitrogen (mg/l)                                                                                      | <0.01          | <0.01                                                   | <0.01                                   | <0.01                                                   | <0.01                                   | <0.01                                                   | <0.01                                   | <0.01                                                   | <0.01                                   | <0.01                   |
| нитратни азот (mg/l) /<br>nitrate nitrogen (mg/l)                                                                                        | 0.5            | 0.4                                                     | 0.7                                     | 0.4                                                     | 0.5                                     | 0.4                                                     | 0.4                                     | 0.4                                                     | 0.4                                     | 0.4                     |
| нитритни азот (mg/l) /<br>nitrite nitrogen (mg/l)                                                                                        | 0.009          | 0.005                                                   | 0.005                                   | 0.005                                                   | 0.007                                   | 0.004                                                   | 0.005                                   | 0.005                                                   | 0.006                                   | 0.006                   |
| сулфати (mg/l) / sulphate<br>(mg/l)                                                                                                      | <0.1           | <0.1                                                    | <0.1                                    | <0.1                                                    | <0.1                                    | <0.1                                                    | <0.1                                    | <0.1                                                    | <0.1                                    | <0.1                    |
| ортофосфати (mg/l) /<br>orthophosphate (mg/l)                                                                                            | 0.05           | 0.08                                                    | 0.07                                    | 0.08                                                    | 0.09                                    | 0.07                                                    | 0.08                                    | 0.06                                                    | 0.07                                    | 0.09                    |
| класа воде / water class                                                                                                                 | I              | I                                                       | I                                       | I                                                       | I                                       | I                                                       | I                                       | I                                                       | I                                       | I                       |
| провидност (m) /<br>transparency (m)                                                                                                     |                | 1.35                                                    |                                         | 3.3                                                     |                                         | 7.0                                                     |                                         | 6.5                                                     |                                         |                         |
| дубина (m) /<br>depth (m)                                                                                                                |                | 1.35                                                    |                                         | 3.3                                                     |                                         | 9.5                                                     |                                         | 6.5                                                     |                                         |                         |
| класа воде / water class                                                                                                                 |                |                                                         |                                         |                                                         |                                         | I                                                       |                                         | I                                                       |                                         |                         |

Напомена: \* означава вриједности које одговарају другој класи квалитета површинских вода

Note: \* indicates the values that correspond to the second class of surface water quality

материјама. Из тих разлога провидност на свим мјерним локалитетима била је потпуна, до дна језера. Изузетак представља локалитет С, на ком је измјерена највећа дубина, од 9.5 m, а провидност је била 7 m. Висока провидност воде Котланичког језера указује да она у читавом воденом стубу није оптерећена угинулом органском материјом нити фитопланктоном чије повећање бројности спречава продирање свјетлости и смањује провидност (Dalmacija & Ivančev-Tumbas, 2004).

Концентрације основних нутријената у језерској води биле су изразито ниске, а анализе су показале да нема већих разлика између површинског и приземног слоја воде. Анализом није утврђено присуство амонијачног азота и сулфата.

На основу утврђених параметара изводи се закључак да вода Котланичког језера при дну припада другој, а у површинском слоју првој класи квалитета површинских вода.

Санитарно-микробиолошка анализа показала је да Котланичко језеро има воду одличног квалитета, те да је у мањој мјери оптерећена органском материјом (Таб. 2). У површинском слоју воде, једино на локалитету А, изолован је нешто већи укупан број аеробних хетеротрофних бактерија (1,100 CFU/ml), па је квалитет одговарао другој класи. Локалитет А уједно је и најплићи у језеру, свега 1.35 m, што доприноси повећаној концентрацији органске материје, а самим тим и већем броју бактерија у воденом стубу. На осталим локалитетима укупна бројност бактериопланктона у површинском слоју одговарала је првој класи површинских вода. Повишена бројност ове групе бактерија забиљежена је при дну, и то на свим локалитетима, што је и очекивано. Наше анализе потврдиле су претходна сазнања да муљ садржи знатно већи број бактерија од слободне воде (Sigeo, 2004). Такође, бројност аеробних психрофилних и мезофилних бактерија у свим узорцима указује на доминацију аутохтоне водене бактериофлоре.

and turbidity values indicate a clear water which is not loaded with organic or mineral substances. Given the stated, at all measuring sites water transparency was complete, till the bottom of the lake. The exception was the site C where the maximum water depth was 9.5 m, whereas the water transparency was 7 m. The high transparency indicates that water over the entire water column was not loaded with dead organic matter or phytoplankton, whose increase in number prevents the penetration of light and diminishes the value of this parameter (Dalmacija & Ivančev-Tumbas, 2004).

The concentrations of basic nutrients in water are extremely low. Moreover, analyzes showed that there is no significant difference between the surface layer and the bottom layer. The analysis did not found presence of ammonium nitrogen and sulfate.

Based on the determined parameters, it can be concluded that the water of Kotlaničko Lake at the bottom layer corresponds to Class II, whereas at the surface layer corresponds to Class I of surface water quality.

Sanitary-microbiological water analysis showed that Kotlaničko Lake has an excellent quality of water which is less loaded with organic matter (Tab. 2). At the surface layer, only at site A, a slightly larger number of total aerobic heterotrophic bacteria (1100 CFU/ml) was isolated, which corresponds to Class II of surface water quality. It should be noted that this is the most shallow site with a depth of 1.35 m, which certainly contributes to the increased concentration of organic matter, and therefore to the higher number of bacteria over the entire water column. At other sites, the total number of bacterioplankton in the surface layer corresponds to Class I of surface water quality. The increased number of this group of bacteria was recorded at the lake bottom at all sites, which was expected. Our analyzes confirmed previous findings that sludge contains a significantly higher number



Укупни колиформи изоловани су у свим узорцима и њихова бројност у већини узорака била је показатељ друге класе квалитета површинских вода.

Међу укупним колиформима, у површинском слоју на локалитетима В и D, у мањем броју изоловани су фекални колиформи, док су фекалне стрептококе изоловане на локалитетима А и В. Међутим, у оба случаја ради се о малој бројности наведених група бактерија, што указује да вода није оптерећена фекалним материјама.

of bacteria than free water (Sigeo, 2004). Also, the number of aerobic psychophilic and mesophilic bacteria in all samples indicates the dominance of autochthonous aquatic bacteriophore.

Among the total coliforms, at the surface layer of sites B and D, faecal coliforms were isolated in lower numbers, whereas faecal streptococci were isolated at sites A and B. Total coliforms were isolated in all samples and their number in most samples corresponded to Class II of surface water quality.

Таб. 2. Микробиолошке карактеристике воде Котланичког језера  
Tab. 2. Microbiological characteristics of Kotlaničko Lake

| Карактеристика /<br>Characteristic                                                                                         | Извор /<br>Source | Локација А<br>површински слој /<br>Site A surface layer | Локација А дно /<br>Site A bottom layer | Локација В<br>површински слој /<br>Site B surface layer | Локација В дно /<br>Site B bottom layer | Локација С<br>површински слој /<br>Site C surface layer | Локација С дно /<br>Site C bottom layer | Локација D<br>површински слој /<br>Site D surface layer | Локација D дно /<br>Site D bottom layer | Отока /<br>Distributary |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| аеробне хетеротрофне<br>психрофилне<br>бактерије (CFU/ml) /<br>aerobic heterotrophic<br>psychrophilic bacteria<br>(CFU/ml) | 550               | 1100*                                                   | 3200*                                   | 800                                                     | 2500*                                   | 840                                                     | 1400*                                   | 760                                                     | 2833*                                   | 800                     |
| аеробне мезофилне<br>бактерије (CFU/ml) /<br>aerobic mesophilic<br>bacteria (CFU/ml)                                       | 333               | 433                                                     | 1500                                    | 350                                                     | 500                                     | 500                                                     | 980                                     | 120                                                     | 666                                     | 485                     |
| укупне колиформне<br>бактерије (CFU/100 ml)<br>/ total coliform bacteria<br>(CFU/100 ml)                                   | 10                | 200*                                                    | 500*                                    | 150*                                                    | 600*                                    | 30                                                      | 60*                                     | 45                                                      | 50*                                     | 50*                     |
| фекалне колиформне<br>бактерије (CFU/100 ml)<br>/ faecal coliform bacteria<br>(CFU/100 ml)                                 | <1                | <1                                                      | <1                                      | 15                                                      | <1                                      | <1                                                      | <1                                      | 10                                                      | <1                                      | <1                      |
| фекалне стрептококе<br>(CFU/100 ml) / faecal<br>streptococcus (CFU/100<br>ml)                                              | <1                | 10                                                      | 10                                      | 15                                                      | 10                                      | <1                                                      | <1                                      | <1                                                      | <1                                      | 10                      |
| класа воде / water class                                                                                                   | I                 | II                                                      | II                                      | II                                                      | II                                      | I                                                       | II                                      | I                                                       | II                                      | II                      |

Напомена: \* означава вриједности које одговарају другој класи квалитета површинских вода

Note: \* indicates the values that correspond to the second class of surface water quality

Температура воде отоке Котланичког језера износила је 20.0°C. Вода је била бистра и неоптерећена суспендованим материјама органског и минералног поријекла. Вриједности електропроводљивости и концентрације нутријената биле су ниске, а присуство амонијачног азота и сулфата није забиљежено. Међутим, концентрација раствореног кисеоника, од 6.24 mgO<sub>2</sub>/l, била је знатно нижа у односу на његову концентрацију у језерској води. За разлику од језерске воде, која је хиперсатурисана, у отоци Котланичког језера утврђено је засићење овим гасом од 82.7 %.

На основу праћених физичко-хемијских параметара и концентрације нутријената, утврђено је да вода отоке Котланичког језера припада првој класи површинских вода, док на основу параметара кисеоничног режима одговара другој класи. Интересантно је поменути да су слични резултати добијени приликом испитивања квалитета воде Црног језера на Зеленгори, укључујући и његову отоку. У ствари, концентрација раствореног кисеоника у језерској води одговарала је првој класи површинских вода, док је вода отоке, по овом параметру, одговарала другој класи (Dekić, Lolić, Gnjado, Gnjado, & Stanojević, 2016).

Санитарно-микробиолошком анализом утврђено је да вода отоке Котланичког језера има изврстан квалитет. Ипак, бројност укупних колиформа била је на граници између прве и друге класе квалитета површинских вода. Вриједности осталих параметара указују на прву класу квалитета. Међу укупним колиформима фекални нису изоловани. Бројност фекалних стрептокока износила је 10 CFU/100 ml.

У оквиру четири раздјела, у води Котланичког језера идентификовано је свега 8 различитих таксона алги заједно са цијанобактеријама (Таб. 3).

Water temperature of Kotlaničko Lake distributary was 20.0°C. The water was clear, not loaded with suspended organic and mineral matters. Value of electroconductivity and concentration of nutrients in the water were low, whereas the presence of ammonium nitrogen and sulphate was not recorded. However, the concentration of dissolved oxygen of 6.24 mgO<sub>2</sub>/l is considerably lower than its concentration in the lake water. Unlike the hypersaturated lake, the distributary water saturation with this gas was 82.7 %.

Based on all the observed general physical-chemical parameters and concentrations of nutrients, the water of the distributary corresponds to Class I of surface water quality, whereas based on parameters of the oxygen regime it corresponds to Class II. It is interesting to note that similar results were obtained when examining the water quality of the Black Lake at Zelengora Mountain, including its distributary. In fact, the concentration of dissolved oxygen in the lake water corresponded to Class I of surface water quality, whereas the water of the distributary, based on the value of this parameter, corresponded to Class II (Dekić, Lolić, Gnjado, Gnjado, & Stanojević, 2016).

Sanitary-microbiological analysis determined that the distributary water was of excellent quality. Still, the number of total coliforms was borderline between Class I and Class II of surface water quality. The values of other parameters corresponded to Class I of surface water quality. Among the total coliforms, faecal coliforms were not isolated. Number of faecal streptococci was 10 CFU/100 ml.

In the water of Kotlaničko Lake, within 4 divisions, only 8 different algae taxa together with cyanobacteria were found (Tab. 3).

Таб. 3. Квалитативни састав алги Котланичког језера  
 Tab. 3. Qualitative composition of the algae of Kotlaničko Lake

| Таксон / Taxon                             | s    | G | h    |
|--------------------------------------------|------|---|------|
| Cynobacteria                               |      |   |      |
| <i>Anabaena solitaria</i> Klebs            | 1.60 | 3 | 3    |
| <i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.        | 1.40 | 3 | 1    |
| <i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.        | 1.40 | 3 | 1    |
| Bacillariophyta                            |      |   |      |
| <i>Asterionella gracillima</i> Heiberg     | 1.20 | 4 | 7    |
| <i>Cymbella affinis</i> Kütz.              | 1.30 | 4 | 1    |
| Chlorophyta                                |      |   |      |
| <i>Mougeotia</i> sp.                       | 1.40 | 3 | 1    |
| Pyrophyta                                  |      |   |      |
| <i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.M.) Duj. | 1.30 | 4 | 7    |
| <i>Peridinium bipes</i> F.Stein            | 1.40 | 4 | 3    |
| ИНДЕКС САПРОБНОСТИ / SAPROBITY INDEX       |      |   | 1.32 |

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

Идентификоване су три врсте цијанобактерија, по двије силикатне и ватрене алге и само један таксон зелених алги. Доминирају врсте *Asterionella gracillima* (Сл. 2) и *Ceratium hirundinella* (Сл. 3), које су индикатор чистих олигосапробних вода. Генерално, ради се о веома малом броју таксона, чак и у односу на остала ледничка језера на Зеленгори. У води Црног језера идентификована су 32 различита таксона фитопланктона (Dekić et al., 2016). У води језера Горње Баре идентификовано је укупно 24, а у води језера Доње Баре укупно 26 таксона фитопланктона (Gnjato, Dekić, Trbić, Lolić, Gnjato, & Попов, 2018), при чему нити у једном од њих нису идентификоване *Asterionella* и *Ceratium*, које доминирају у води Котланичког језера.

На основу квалитативног и квантитативног састава алги и цијанобактерија у језерској води израчунат је индекс сапробности (1.32). На основу вриједности овог параметра, вода Котланичког језера одговара првој класи, односно олиготрофним водама високог еколошког статуса (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).

Three types of cyanobacteria, two silicate and fire algae, and only one green algae taxon were identified. Dominate species are *Asterionella gracillima* (Fig. 2) and *Ceratium hirundinella* (Fig. 3), which are indicators of pure oligosaprobic waters. Generally, this is a very small number of taxa, even compared to the other lakes of this type at the Zelengora Mountain. In the water of Black Lake, 32 different phytoplankton taxa were identified (Dekić et al., 2016). In the water of Gornje Bare Lake, a total of 24 phytoplankton taxa were identified, whereas in the waters of the Donje Bare Lake there were a total of 26 phytoplankton taxa (Gnjato, Dekić, Trbić, Lolić, Gnjato, & Попов, 2018). However, *Asterionella* and *Ceratium*, which dominate in the water of Kotlaničko Lake, were not identified in any of these lakes.

Based on the qualitative and quantitative composition of algae and cyanobacteria, a saprobity index of 1.32 was calculated. Based on the this parameter value, the water of Kotlaničko Lake corresponds to Class I of surface water quality, i.e. to oligotrophic waters of high ecological status (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).



Сл. 2. *Asterionella gracillima*  
Fig. 2. *Asterionella gracillima*



Сл. 3. *Ceratium hirundinella*  
Fig. 3. *Ceratium hirundinella*

Истраживања квалитета воде Котланичког језера показала су да оно у односу на остала језера на Зеленгори има највиши квалитет, те да је његова вода у најмањој мјери оптерећена органским материјама. То потврђује и дистрибуција фитопланктона, јер се неке врсте алги могу наћи у планктону искључиво у хладнијем, а неке искључиво у топлијем дијелу године (Sigee, 2004). За потпунији увид у састав фитопланктона неопходно је узорковање током читаве године.

### ЗАКЉУЧАК

Анализа физичко-хемијских, микро-биолошких и сапробиолошких параметара воде Котланичког језера показала је висок еколошки статус и слабе знаке еутрофизације. Утврђене вриједности праћених физичко-хемијских параметара одговарале су првој класи квалитета површинских вода, изузев хиперсатурације кисеоником. Сапробиолошке анализе показале су да језерска вода није оптерећена фитопланктоном. Висока концентрација кисеоника последица је развијених подводних ливада које чине макрофите. Укупан број бактерија у површинском слоју једино на локалитету А одговарао је другој класи површинских вода. Повећана бројност бактерија у слоју изнад дна је

The performed analysis showed that of all the studied lakes at the Zelengora Mountain, Kotlaničko Lake has the water of the highest quality, which is least loaded with organic matter. This is confirmed by the distribution of phytoplankton due to the fact that some types of algae can be found solely during the colder part of the year, and some during the warmer part of the year (Sigee, 2004). For complete insight into the phytoplankton composition, sampling should be performed throughout the year.

### CONCLUSION

Analysis of the physical-chemical, microbiological and saprobiological parameters of the Kotlaničko Lake water showed a high ecological status and poor signs of the eutrophication. Determined values of all analyzed physical-chemical parameters correspond to Class I of surface water quality, except oxygen hypersaturation. Saprobiological analysis showed that lake water is not loaded with phytoplankton. The high concentration of oxygen in water is the result of development of submersed meadows formed by macrophytes. The total number of bacteria at the surface layer only at site A corresponded to Class II of surface water quality. The increased number of bacteria at the bottom layer is expected. It is a result of hydrobionates death and deposition and a greater number of



очекивана. Последица је угибања и таложења хидробионата и већег броја бактерија при дну у односу на слободну воду. Укупни колиформи присутни су у свим узорцима, али бројност фекалних колиформа и фекалних стрептокока указује да вода није оптерећена овим типом отпадних материја. Вриједности сапробног индекса, добијене на основу квалитативног и квантитативног састава фитопланктона, указују на олигосапробну воду. Вода извора којим се Котланичко језеро напаја, као и вода отоке, изврсног су квалитета. Сви параметри квалитета изворске воде су одговарали првој класи површинских вода. Језерска отока имала је нешто мање раствореног кисеоника и повишен број укупних колиформних бактерија.

bacteria at the bottom layer compared to the free water. Total coliforms are present in all samples, but the number of faecal coliforms and faecal streptococci indicates that water is not loaded with this type of waste matter. The value of the saprobity index, obtained based on the qualitative and quantitative composition of phytoplankton, indicates the oligosaprobic water. The water of the Kotlaničko Lake source, as well as the water of its distributary, is also of excellent quality. All parameters of the water quality correspond to Class I of surface water quality. Water of the lake's distributary contained a slightly less dissolved oxygen and had higher number total coliform bacteria.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Benson, H. J. (1998). *Microbiological Applications*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Тирковић, М., Јовановић, Б., & Малетин, С. (2002). *Рибарство*. Нови Сад, Србија: Пољопривредни факултет.
- Dalmacija, B., & Ivančev-Tumbas, I. (2004). *Analiza vode – kontrola kvaliteta, tumačenje rezultata*. Novi Sad, Srbija: Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu i Budućnost.
- Dekić, R., Lolić, S., Gnјato, O., Gnјato, S., & Stanojević, M. (2016). Black Lake of the Zelengora Mountain – Sustainability Problems. *Herald*, 20, 97–110. doi:10.7251/HER2016097D
- Ђukić, D., Gajin, S., Matavulj, M., & Mandić, L. (2000). *Mikrobiologija voda*. Beograd, Srbija: Prosveta.
- Gafić, F., & Džeko, Š. (2008). *Maglić, Volujak, Zelengora*. Sarajevo, Bosna i Hercegovina: Turistička zajednica Kantona.
- Gnјato, R., Dekić, R., Trbić, G., Lolić, S., Gnјato, O., & Popov, T. (2018). Gornje Bare and Donje Bare Lakes – Some Elements of Sustainability and Lake Water Quality. *Herald*, 22, 61–77. doi:10.7251/HER2218061G
- HACH LANGE. (2008). *DR 2800 eco – User Manual* (Second Edition). Düsseldorf, Germany: HACH LANGE GMBH.
- Hindák, F. (1978). *Sladkovodné riasy*. Bratislava, Slovakia: Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- Hindák, F. (2005). *Zelene kokálne riasy (Chlorococcales, Chlorophyta)*. Bratislava, Slovakia: Botanický ústav SAV.
- Hindák, F. (2008). *Colour Atlas of Cyanophytes*. Bratislava, Slovakia: 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, United Kingdom: Natural History Museum.

- Kannan, M. S., & Lenca, N. (2013). *Field Guide to Algae and Other „Scums“ in Ponds, Lakes, Streams and Rivers*. Burlington, KY: Northern Kentucky University.
- Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., & Cantonati, M. (2017). *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment*. Schmitten-Oberreifenberg, Germany: Koeltz Scientific Books.
- Lazar, J. (1960). *Alge Slovenije, Seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje*. Ljubljana, Slovenija: Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- McKane, L., & Kandel, J. (1996). *Microbiology, Essentials and Applications*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Pál, G. (1998). Szaprobiological indikatorfajok jegyzéke. *Vízi természet-es környezetvédelem*, 6, 1–96.
- Petrović, O., Gajin, S., Matavulj, M., Radnović, D., & Svirčev, Z. (1998). *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*. Novi Sad, Srbija: Institut za biologiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- Sigee, D. (2004). *Freshwater Microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, Службени гласник Републике Српске бр. 42 (2001).
- Wistreich, G. A. (2003). *Microbiology Laboratory, Fundamentals and Applications*. New Jersey, NJ: Prentice Hall.