

ОРЛОВАЧКО ЈЕЗЕРО – КВАЛИТЕТ ВОДЕ И ПРОБЛЕМ ОДРЖИВОСТИ

Радослав Декић^{1*}, Марко Станојевић¹, Свјетлана Лолић¹,
Биљана Наранчић^{2,3}, Слободан Гњато¹ и Обрен Гњато⁴

¹Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

²Хелмхолц центар за поларна и морска истраживања Института Алфред Вегенер,
Истраживачка јединица Потсдам, Потсдам, Њемачка

³Универзитет Лавал, Центар за студије сјевера, Лабораторија за водену палеоекологију, Лавал, Канада

⁴Висока школа за туризам и хотелијерство, Требиње, Република Српска

Сажетак: Током љета 2016. године урађене су анализе физичко-хемијских, санитарно-микробиолошких и сапробиолошких параметара квалитета воде Орловачког језера, једног од бројних глацијалних језера Зеленгоре. Утврђен је квалитет воде два извора којима се језеро напаја водом, укључујући и његову “отоку”. Истраживање је показало да је језерска вода хиперсатурисана, те да има повишену рН вриједност. Измјерене вриједности ових параметара одговарале су водама лошег еколошког статуса, односно еутрофним водама. Вриједности осталих праћених параметара биле су у очекиваним границама. До хиперсатурације је дошло усљед фотосинтетске активности макрофита на површини језера, која формира и подводне ливаде. Сапробиолошка анализа квалитативног и квантитативног састава фитопланктона указује на воду друге класе. Вода извора којим се језеро напаја изврсног је квалитета, а језерске “отоке” је мутна и оптерећена суспендованим материјама.

Кључне ријечи: Орловачко језеро, планина Зеленгора, квалитет воде.

Original scientific paper

ORLOVAČKO LAKE – WATER QUALITY AND SUSTAINABILITY ISSUES

Radoslav Dekić^{1*}, Marko Stanojević¹, Svjetlana Lolić¹,
Biljana Narančić^{2,3}, Slobodan Gnjato¹ and Obren Gnjato⁴

¹University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

²Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research,
Research Unit Potsdam, Potsdam, Germany

³Université Laval, Centre d'études nordiques, Laboratoire de Paléocéologie Aquatique, Laval, Canada

⁴College of Tourism and Hotel Management, Trebinje, Republic of Srpska

Abstract: During the summer of 2016, analyses of physical-chemical, sanitary-microbiological and saprobiological parameters of water quality of Orlovačko Lake, one of the many glacial lakes of Zelengora Mountain, were performed. Water quality of the two sources that supplies the lake, including the water of the lake's distributary, were determined. The study results showed that the lake water is hypersaturated and has higher pH value. The measured values of these parameters corresponded to the waters of poor ecological status, i.e. eutrophic waters. Values of the other analyzed parameters were within the expected range. Hypersaturation occurred due to the photosynthetic activity of macrophytes on the surface of the lake, which also forms submersed meadows. Saprobiological analysis of the qualitative and quantitative composition of phytoplankton corresponds to Class II of surface water quality. The water of the source that supplies the lake is of an excellent quality, whilst water of the distributary is turbid and loaded with suspended matter.

Key words: Orlovačko Lake, Zelengora Mountain, water quality.

* Аутор за кореспонденцију: Радослав Декић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: radoslav.dekic@pmf.unibl.org

Corresponding author: Radoslav Dekić, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: radoslav.dekic@pmf.unibl.org

УВОД

Планина Зеленгора налази се у југоисточном дијелу Босне и Херцеговине и припада планинском ланцу Динарида. Позната је по великом броју ледничких језера смјештених на линији која дијели субалпински и горски појас. Најпознатија су: Црно, Бијело, Орловачко, Котланичко, Штиринско, те Доње баре (Гњато et al., 2019). Поред наведених на Зеленгори је смјештено и вјештачко Бориловачко језеро (Kulijer & Miljević, 2017). Језера су плитка, дубине мање од 10 m. Одликује их бистра и релативно хладна вода, чија температура само у љетним мјесецима прелази 20°C у површинском слоју. С обзиром на чињеницу да свјетлост продире до дна језера, у њима је добро развијена флотантна и субмерзна, а у ободима и емерзна вегетација. У топлијим љетним мјесецима вегетација покрива укупну површину језера и формира подводне ливаде (Сл. 1), што доводи до убрзаних процеса еутрофизације и постепеног забаривања. Праћењем физичко-хемијских параметара и њихове интеракције са осталим параметрима може се утврдити квалитет воде и евентуалне промјене (Dekić et al., 2011). Стандардне физичко-хемијске анализе рефлектују тренутно стање, док биолошки параметри пружају бољу процјену промјена животне средине и дају потпунију слику.

Еутрофизација је природан процес старења водног еко-система у ком се, усљед повећаног развоја примарних продуцентата – алги и биљака, количина органске материје постепено повећава (Greeson, 1969). На крају вегетационе сезоне долази до таложења органске материје, што утиче на раст муља и смањење дубине (Sigeo, 2004). Представља биолошки одговор акватичног система на прекомјерни унос нутријената (Leleš & Nikolić, 2015), а доводи не само до промјене квалитета воде, већ и до промјене метаболизма читавог еко-система, односно промјене самог еко-система (Bogdanović, 2006). Додатни фактори еутрофизације тичу се ерозије и спирања околног земљишта, вјетра који доноси честице

INTRODUCTION

The Zelengora Mountain is located in the southeastern part of Bosnia and Herzegovina. It is a part of the Dinarides mountain range. It is known for its large number of glacial lakes located along and above the tree line. The most famous are Crno, Bijelo, Orlovačko, Kotlaničko, Štirinsko and Donje Bare Lakes (Гњато et al., 2019). In addition to the stated above, the artificial Borilovac Lake is also located at the Zelengora Mountain (Kulijer & Miljević, 2017). The lakes are shallow with depths lower than 10 m. They are characterized by clear and relatively cold water, whose temperature exceeds 20°C in the surface layer only in summer. Due to the fact that light penetrates to the bottom of the lake, they have well developed floating and submerged vegetation, and in the edge of the lake, emergent vegetation. In the warmer summer months, vegetation covers the total surface of the lake and forms submersed meadows (Fig. 1), leading to accelerated eutrophication and gradual turning into swamp processes. Monitoring the physical-chemical parameters and their interaction with other parameters, water quality and its possible changes can be determined (Dekić et al., 2011). Standard physical-chemical analyzes reflect the current condition, whereas biological parameters provide a better assessment of environmental changes and give a more comprehensive insight.

Eutrophication is a natural aging process of an aquatic ecosystem in which, due to the increased development of primary producers – algae and plants, the amount of organic matter gradually increases (Greeson, 1969). At the end of the growing season, organic matter decomposes, which results in growth of the sludge layer and decrease in depth (Sigeo, 2004). It represents the biological response of the aquatic system to excessive nutrient intake (Leleš & Nikolić, 2015), and leads not only to changes in water quality, but also to changes in the metabolism of the entire ecosystem, ie. to changes in the ecosystem itself (Bogdanović, 2006). Additional eutrophication factors include erosion of the surrounding land, wind which brings dust and fine sand particles as

прашине и ситног пијеска, те ерозивног рада језерске воде и притока. На овај начин, језеро постепено прелази из олиготрофног у мезотрофно, а затим у еутрофно стање, да би напосљетку дошло до забаривања и нестанка водног еко-система (Petrović et al., 1998).

well as erosion of the water from a lake and its tributary. Thereby, the lake gradually transforms from oligotrophic to mesotrophic and then to eutrophic state, eventually resulting in lake turning into swamp and disappearance of the aquatic ecosystem (Petrović et al., 1998).



Сл. 1. Орловачко језеро (Фото: Декић, 2016)
Fig. 1. Orlovačko Lake (Photo: Dekić, 2016)

Повратак језера из еутрофног у мезотрофно стање тешко је остварив, јер се из наталоженог муља постепено ослобађају азотна и фосфорна једињења, која омогућују даљи развој вегетације. Ипак, успоравање процеса забаривања могуће је постићи одмуљивањем језерског дна и уклањањем прекомјерне вегетације током вегетационог периода (тзв. кошење водног еко-система). Да би се спријечило убрзано старење плитких водних еко-система, неопходан је њихов континуиран мониторинг те примјена адекватних мјера заштите.

Испитивање физичко-хемијских, микробиолошких и сапробиолошких

The return of the lake from eutrophic to mesotrophic state is difficult to achieve because nitrogen and phosphorus compounds are gradually released from the deposited sludge, which allows further vegetation development. However, slowing down the lake turning into swamp can be achieved by removing sludge from the lake bottom and excess vegetation during the growing season (the so-called mowing of the aquatic ecosystem). In order to prevent the accelerated aging of shallow aquatic ecosystems, their continuous monitoring and application of adequate protection measures is necessary.

In order to determine the quality of lake water as a basic factor of the lake ecosystem and

параметара воде Орловачког језера, вршено је током 2016. године у циљу утврђивања квалитета језерске воде као основног фактора језерског еко-система и могућег утицаја на развој макрофита, што се у крајњем доводи у везу са одрживошћу језерског басена.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Орловачко језеро смјештено је на централном дијелу Зеленгоре на 43°22'35'' с. г. ш. и 18°32'59'' и. г. д., на надморској висини од 1438 m. Југоисточно од језера издиже се највиши врх Зеленгоре – Брегоч (2014 m н. в.). Источно од језера су врхови Орловац и Орловача, на југу Стог, а на сјеверу је Љељен. Површина језера износи око 3.5 хектара. Језеро је издуженог облика, дужине око 350 m и ширине око 100 m. Највећа измјерена дубина износи око 5.5 m. Језеро се напаја изворишним и падавинским водама, а воду губи испаравањем и “отоком”. У ствари, у ово вријеме, отока у класичном поимању и не постоји. Морфологија непосредног простора језерског басена упућује на закључак да је отока постојала на источној страни језера у вријеме кад је оно имало већи ниво, па је вода кратким површинским током лагано отицала у нижи околни водопрпусни, односно кречњачки простор. Данас је отока, у ствари, мањи замочварени дио у источном дијелу језерског басена, из којег се вода губи испаравањем и успореном филтрацијом кроз муљевите седименте ка нижем околном земљишту.

Сакупљање узорака воде за анализу извршено је у јулу 2016. године, са чамца на одређеној удаљености од обале. Узорци воде узети су на три локалитета (А, В и С), и то из површинског слоја до 15 cm, испод површинског слоја, те из слоја 30-ак cm изнад дна. Осим узорака језерске воде, узети су и узорци воде са два извора којим се оно напаја водом (Извор 1 и Извор 2), као и отоке посредством које губи воду. За физичко-хемијску и санитарно-микробиолошку анализу

the possible impact on macrophyte development, which is ultimately related to the sustainability of the lake basin examination of physical-chemical, microbiological and saprobiological parameters of Orlovačko Lake water was performed in 2016.

MATERIALS AND METHODS

Orlovačko Lake is located in the central part of the Zelengora Mountain at 43°22'35'' N and 18°32'59' E, at 1,438 m above sea level. Southeast of the lake rises the highest peak of Zelengora – Bregoč (2,014 m above sea level). East from the lake are the Orlovac and Orlovača peaks, towards south the Stog peak and to the north is the Ljeljen peak. The lake area is about 3.5 hectares. The lake is elongated, about 350 m long and about 100 m wide. The greatest measured depth is about 5.5 m. The lake is supplied by source waters and precipitation while the water loss is due to evaporation and distributary. In fact, in the present time, distributary in the classical sense does not exist. The morphology of the immediate area of the lake basin points to the conclusion that the distributary existed on the eastern side of the lake at the time when the lake was on a higher level, so the water flowed slowly into the lower surrounding water permeable or limestone area. Today, the distributary is actually a smaller swampy portion of the eastern part of the lake basin, from which water loss is due to the evaporation and slow infiltration through muddy sediments to the lower surrounding land.

Water sampling for analysis was performed in July 2016, from a boat at a certain distance from the lakeshore. Lake water samples were taken from three sites (sites A, B and C) – from the surface layer, up to 15 cm, below the surface layer, and from the layer about 30 cm above the bottom. In addition, water samples were also taken from two sources that feed the lake water (Source 1 and Source 2), as well as from the distributary that drains water from the lake. For

узорци су сакупљени у стерилне стаклене боце запремине 500 ml, у асептичним условима према прописаној процедури (APHA-AWWA-WPCF, 1999; Petrović et al., 1998). За анализу фитопланктона профилирано је 20 литара воде кроз планктонску мрежицу пречника окаца 20 μm . Концентровани узорак је фиксиран киселим луголовим раствором. Непосредно након прикупљања узорака помоћу Секијевог котура измјерена је дубина воде и одређена њена провидност. На мјерним локалитетима утврђена је температуре воде, рН вриједност, електропроводљивост, концентрација раствореног кисеоника, сатурација и турбидитет. Након тога, узорци су транспортовани на леду на температури до +4°C и у року од 24 часа извршена је њихова анализа.

У лабораторијама Природно-математичког факултета у Бањој Луци, помоћу спектрофотометра HACH DR2800, одређене су концентрације раствореног амонијака, нитрата, нитрита, ортофосфата, сулфата, као и укупне суспендоване материје. Бројност бактерија одређена је индиректним одгајивачким методама на храњивим подлогама произвођача *BioMérieux*. 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). Идентификација алги извршена је помоћу неколико кључева (Hindak, 2005, 2008; John et al., 2005; Lange-Bertalot et al., 2017). Степен сапробности одређен је на основу релативне бројности индикаторских организама, при чему је кориштена мађарска модификација *Pantle-Buck* методе (MSZ-12749, 1993 како је наведено у Nemeš, 2005; 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).

physical-chemical and sanitary-microbiological analyses, the samples were collected in sterile glass bottles of 500 ml volume in aseptic conditions following-up prescribed procedure (APHA-AWWA-WPCF, 1999; Petrović et al., 1998). For phytoplankton analysis, 20 liters of water were filtered through plankton net of 20 μm diameter mesh. The concentrated sample was fixed with acidic Lugol's solution. Immediately after collecting the samples, water depth and transparency were determined using the Secchi disk. At the sites, water temperature, pH value, electrical conductivity, dissolved oxygen concentration, saturation and turbidity were determined. Afterwards, collected samples were transported in a hand cooler with ice on temperature up to 4°C. Their analysis was performed within 24 hours.

Concentrations of dissolved ammonia, nitrate, nitrite, orthophosphate, sulfate, as well as total suspended matter were determined using the HACH DR2800 spectrophotometer in the laboratories of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics in Banja Luka. The amount of bacteria was determined by using indirect breeding methods using *BioMérieux* nutrient bases. Amount of total aerobic heterotrophs total coliform bacteria, coliform bacteria of fecal origin and the number of fecal streptococci were determined (Petrović et al., 1998; Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001). Identification of algae was carried out using several keys (Hindak, 2005, 2008; John et al., 2005; Lange-Bertalot et al., 2017). The saprobity index was determined based on relative number of indicator organisms and using the Hungarian modification of the *Pantle-Buck* method (MSZ-12749, 1993 as cited in Nemeš, 2005; Pál, 1998). The final water quality assessment is given based on the relevant legislation of the Republic of Srpska regarding surface water quality (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Орловачко језеро напаја се водом са два извора. Извор 1 има воду изврсног квалитета, која, на основу праћених физичко-хемијских и санитарно-микробиолошких параметара, одговара водама високог еколошког статуса (Таб. 1 и Таб. 2). Вода је богата раствореним кисеоником чија је концентрација у моменту мјерења износила 7.70 mg O₂/l, што је при тренутној температури воде од 20.3°C одговарало сатурацији од 101.8 %. Вода је бистра (1.05 NTU), благо алкална (pH 8.17) и садржи ниску концентрацију јона. Измјерена вриједност електропроводљивости износила је 221 μS/cm. Концентрације свих праћених облика анорганског азота и фосфора, од којих зависи примарна продукција водног еко-система, биле су веома ниске и одговарале су првој класи површинских вода. Присуство нитритног азота и сулфата у води уопште није констатовано. Биолошка потрошња кисеоника од свега 0.28 mg O₂/l показатељ је ниске концентрације органских материја у води.

Вода Извора 1 није оптерећена органским материјама, на што указује бројност аеробних хетеротрофних бактерија од 270 CFU/ml. Наиме, њихова бројност директно зависи од концентрације органских једињења којим се хране. С обзиром на то да се веома брзо размножавају, одличан су показатељ тренутног оптерећења воде овим типом материја. Укупне колиформне бактерије и фекалне стрептококе присутне су у изворској води, али је њихова бројност ниска. Иако се ради о бактеријама које су показатељ оптерећења воде фекалним отпадним материјама, оне се у природи могу наћи свугдје гдје има органске материје у распадању (Sigg, 2004). С обзиром на то да су поменуте бактерије изоловане у малом броју, те да *Escherichia coli* уопште није изолована, може се закључити да вода Извора 1 којом се Орловачко језеро напаја није у контакту са материјама фекалног поријекла.

RESULTS AND DISCUSSION

Orlovačko lake is supplied by two sources. Based on the determined physical-chemical and sanitary-microbiological parameters, Source 1 has water of excellent quality and corresponds to waters of high ecological status (Tab. 1 and Tab. 2). The water is rich in dissolved oxygen. Its concentration at the time of measurement was 7.70 mg O₂/l, which corresponds to a saturation of 101.8 % when measured water temperature was 20.3°C. The water is clear (1.05 NTU), slightly alkaline (pH 8.17) and contains a low concentration of ions. The electrical conductivity value was 221 μS/cm. Concentrations of all determined forms of inorganic nitrogen and phosphorus, on which the primary production of the aquatic ecosystem depends, were very low and corresponded to Class I of surface water quality. The presence of nitrites and sulfates in water was not determined. Biological oxygen consumption was only 0.28 mg O₂/l which is an indicator of low concentration of organic matter in water.

The number of aerobic heterotrophic bacteria of 270 CFU/ml indicates that the Source 1 water is not loaded with organic matter. In fact, their abundance depends directly on the concentration of the organic compounds they use as a food. Given that they reproduce very quickly, they are an excellent indicator of the current water loading of this type of matter. Total coliforms and fecal streptococci are present in spring water, but their abundance is low. Although these bacteria are an indicator of water loading in fecal matter, they can be found in nature wherever organic matter decays (Sigg, 2004). Given that these bacteria are isolated in low numbers, and that *Escherichia coli* is not isolated at all, it can be concluded that the water of Source 1 which feeds Orlovačko Lake is not in contact with substances of fecal origin.

Таб. 1. Физичко-хемијске карактеристике воде Орловачког језера
 Tab. 1. Physical-chemical characteristics of Orlovačko Lake water

Параметар / Parameter	Извор 1 / Source 1	Извор 2 / Source 2	Локација А / Site A	Локација А дно / Site A bottom layer	Локација В / Site B	Локација В дно / Site B bottom layer	Локација С / Site C	Локација С дно / Site C bottom layer	Орока Д / Distributary D
температура воде (°C) / water temperature (°C)	20.3	18.6	23.3	22.5	22.6	21.9	23.1	23.1	25.3
концентрација раствореног O ₂ (mg O ₂ /l) / dissolved O ₂ concentration O ₂ (mg O ₂ /l)	7.70	8.24	9.89	7.53	10.43	10.29	9.71	9.54	7.21
сатурација (%) / saturation (%)	101.8	105.1	138.2	103.5	143.7	140.0	135.6	133.0	104.9
ВПК ₅ (mg O ₂ /l) / BODs ₅ (mg O ₂ /l)	0.28	0.69	1.11	1.70	<u>2.78</u>	<u>3.86</u>	<u>2.76</u>	<u>2.56</u>	<u>2.41</u>
класа воде / water class	I	I	IV	I	IV	IV	IV	IV	II
pH	8.17	7.86	9.03	8.32	9.10	<i>8.94</i>	9.10	9.17	8.41
електропроводљивост (μS/cm) / electroconductivity (μS/cm)	221.0	220.0	117.2	110.2	105.1	90.2	102.6	106.0	152.5
турбидитет (NTU) / turbidity (NTU)	1.05	2.60	0.84	5.26	1.54	5.56	1.39	3.08	7.83
суспендоване материје (mg/l) / suspended matter (mg/l)	1	<u>2</u>	1	<u>2</u>	1	<u>2</u>	1	1	8
класа воде / water class	I	II	I	II	IV	III	IV	IV	III
амонијачни азот (mg/l) / ammonia nitrogen (mg/l)	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
нитратни азот (mg/l) / nitrate nitrogen (mg/l)	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4
нитритни азот (mg/l) / nitrite nitrogen (mg/l)	0.000	0.002	0.004	0.005	0.006	0.006	0.004	0.005	0.004
сулфати (mg/l) / sulphate (mg/l)	<0.1	<0.1	2	1	2	2	1	2	1
ортофосфати (mg/l) / orthophosphate (mg/l)	0.05	0.33	0.15	0.15	0.13	0.10	0.03	0.05	0.24
класа воде / water class	I	I	I	I	I	I	I	I	I
презасићење епилимниона / epilimnion oversaturation			138.2		143.7		135.6		
провидност (m) / transparency (m)			2.8		2.8		2.6		
дубина (m) / depth (m)			2.8		4.2		3.5		
трофички статус / trophical state			еутрофан / eutrophic		еутрофан / eutrophic		еутрофан / eutrophic		

Напомена: подвучено означава вриједности које одговарају другој класи квалитета површинских вода, италики трећој класи квалитета површинских вода, а болд четвртој класи квалитета површинских вода.

Note: underline indicates the values that correspond to the second class of surface water quality; italic to the third class of surface water quality and bold to the fourth class of surface water quality

На основу свих праћених општих физичко-хемијских параметара, параметара кисеоничног режима, као и на основу концентрације присутних нутријената и санитарно-микробиолошких параметара, вода Извора 1, према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001), припада првој класи површинских вода.

Други извор којим се Орловачко језеро напаја водом има нешто хладнију воду, чија је температура у моменту мјерења износила 18.6°C. Вода је благо алкална и потпуно zasiћена раствореним кисеоником. Измјерена вриједност електропроводљивости од 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ показатељ је ниске концентрације јона у води. Међутим, вода Извора 2 је мутнија (3.60 NTU) и садржи 2 mg/l суспендованих материја, што је гранична вриједност између прве и друге класе површинских вода. Концентрације анорганских облика азотних једињења у води су веома ниске, а присуство амонијачног азота и сулфата уопште није детектовано. Измјерена је нешто виша концентрација ортофосфата (0.33 mg/l) који у воду доспијевају углавном спирањем околног земљишта.

Међу суспендованим материјама доминирају материје органског поријекла, што показује бројност аеробних хетеротрофних бактерија од 1250 CFU/ml. Због повишене вриједности овог параметра, као и због бројности укупних колиформа, 75 CFU/100 ml, вода Извора 2, на основу санитарно-микробиолошких параметара, одговара другој класи површинских вода. Како ни у води Извора 2 нису изоловани фекални колиформи, може се закључити да не постоји контакт са материјама фекалног поријекла.

Температура воде језера на сва три мјерна локалитета, како у површинском слоју тако и на дну, виша је у односу на температуру воде извора којима се напаја, што је и очекивано. Температура се кретала у распону од 21.9°C, колико је измјерено на локалитету В на дубини од 4.2 m, до 23.3°C у површинском слоју на локалитету А. Притом, разлика у температури површинског слоја у односу на дно језерског

Based on all observed general physical-chemical parameters, oxygen regime parameters, as well as the concentrations of present nutrients and sanitary-microbiological parameters, water of the Source 1 corresponds to Class I of surface water quality according to the *Regulation on water classification and categorization of watercourses* (Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, 2001).

The Source 2 that supplies Orlovačko Lake with water has a slightly colder water, whose temperature at the time of measurement was 18.6°C. The water is slightly alkaline and completely saturated with dissolved oxygen. The measured value of electrical conductivity of 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ is an indicator of low ion concentration in the water. However, the water from the Source 2 is more turbid (3.60 NTU) and contains 2 mg/l of suspended solids, which is the border value between Class I and Class II of surface water quality. Concentrations of inorganic forms of nitrogen compounds in water are very low, and the presence of ammonia nitrogen and sulfate was not detected. A slightly higher concentration of orthophosphate (that reaches the water mainly due to the erosion of surrounding land) in the range of 0.33 mg/l was measured.

The number of aerobic heterotrophic bacteria of 1,250 CFU/ml indicates that the suspended substances are dominated by those of organic origin. Due to the increased value of this parameter, as well as due to the number of total coliforms, 75 CFU/100 ml, the water of Source 2, based on sanitary-microbiological parameters, corresponds to Class II of surface water quality. Given that fecal coliforms were not isolated in the water of Source 2, it can be concluded that there is no contact with substances of fecal origin.

The water temperature of the lake at all three measuring sites, both in the surface layer and at the bottom, is higher compared to the water temperature of the source that feeds the lake, which is expected. The temperature ranged from 21.9°C measured at site B at a depth of 4.2 m to 23.3°C in the surface layer at site A. Thereby, the difference in the temperature of the surface layer in relation to

базена на свим локалитетима била је испод 1°C, што значи да не постоји температурна стратификација.

На свим локалитетима је измјерена ниска вриједност електропроводљивости, и одговарала је првој класи површинских вода. Вода Орловачког језера изразито је богата раствореним кисеоником. Изузев у воденом стубу изнад дна на локалитету А, утврђене су концентрације раствореног кисеоника изнад 9.5 mg/l, што при температури воде изнад 22°C указује на изразиту презасићеност овим гасом. У површинском слоју на свим локалитетима вода је хиперсатурисана. Презасићење износи од 35.6 % на локалитету С до 43.7 % на локалитету В. Такође, на дну језера, гдје су иначе интензивни процеси бактериолошке оксидације угинуле органске материје, при чему се троши кисеоник и гдје су чести анаеробни услови (Heinonen, 2000; Sigeo, 2004), забиљежена је изразито висока хиперсатурација. До овако високих концентрација кисеоника у води долази усљед интензивног процеса фотосинтезе, коју врше макрофите и фитопланктон. Наиме, макрофите су развијене по читавој површини језера. Поред флотантних облика, развијене су и подводне ливаде, као и субмерзна вегетација. Оне интензивно врше процес фотосинтезе, при чему се током дана ослобађа кисеоник, па је вода на свим локалитетима хиперсатурисана. Осим што овако висока примарна продукција доводи до убрзавања еутрофизације и старења водног еко-система (Sigeo, 2004), хиперсатурација није добра ни по хидробионте. У ствари, хиперсатурација повећава осјетљивост риба на изазиваче болести, а може доћи и до њихове омамљености па чак и до гасне емболије (Qu et al., 2011).

Из претходно утврђених разлога, вода Орловачког језера има повишену рН вриједност – на готово свим локалитетима била је изнад 9. Наиме, у току процеса фотосинтезе троши се угљен-диоксид, у води присутан као угљена киселина, што доводи до повећавања рН вриједности. Зато рН вриједност може бити нешто виша у току дана и у периоду интензивног раста макрофита и фитопланктона,

the bottom of the lake basin at all sites was below 1°C, which means that there is no temperature stratification.

The low value of electrical conductivity was measured at all sites, and it corresponded to the Class I of surface water quality. The water of Orlovačko Lake is especially rich in dissolved oxygen. Except for the water column above the bottom at site A, dissolved oxygen concentrations above 9.5 mg/l were determined, which at a water temperature above 22°C indicates a pronounced oversaturation with this gas. In the surface layer, water is hypersaturated at all sites. Oversaturation ranged from 35.6 % at site C to 43.7 % at site B. Also, especially high hypersaturation was observed at the bottom of the lake, where intensive processes of bacteriological oxidation of dead organic matter are present, whereby oxygen is consumed and where anaerobic conditions are frequent (Heinonen, 2000; Sigeo, 2004). Such high concentrations of oxygen in water occur due to the intensive process of photosynthesis, which is produced by macrophytes and phytoplankton. Macrophytes are developed over the entire surface of the lake. In addition to floating forms, submerged meadows as well as submerged vegetation are developed. They intensively participate in the process of photosynthesis, where oxygen is being released throughout the day, so water is hypersaturated at all sites. Apart from the fact that such a high primary production leads to the acceleration of eutrophication process and aging of the aquatic ecosystem (Sigeo, 2004), hypersaturation is not good for hydrobionts either. In fact, hypersaturation increases the sensitivity of fish to pathogens, and can lead to their intoxication and even gas embolism (Qu et al., 2011).

For previously determined reasons, the water of Orlovačko Lake has an elevated pH value – at almost all sites it was above 9. As a matter of fact, during the process of photosynthesis, carbon dioxide (present in water as carbonic acid) is consumed, which leads to an increase in pH. Therefore, the pH value may be slightly higher during the day and during the period of intensive growth of macrophytes and phytoplankton, when photosynthesis is at maximum level (Sigeo,

кад је фотосинтеза максимална (Sigeo, 2004). Повишена рН вриједност воде, уколико говоримо о утицају на рибли фонд, смањује пропустљивост вањског епитела за гасове и соли и смањује отпорност према болестима.

Вода Орловачког језера је бистра и није оптерећена суспендованим материјама. У површинском слоју вриједност турбидитета кретала се у интервалу од 0.84 до 1.56 NTU, док је концентрација суспендованих материја на сва три локалитета износила 1 mg/l. У слоју изнад језерског дна вода је очекивано била мутнија, па је вриједност турбидитета износила 5.56 NTU, а концентрација суспендованих материја 2 mg/l. Концентрације основних нутријената у води су изразито ниске и не постоје разлике између појединих слојева. Анализе су показале да амонијачног азота у води нема. Наиме, за вријеме цвјетања фитопланктона или интензивног развоја макрофита може доћи до потпуне потрошње нутријената у води (Sigeo, 2004), при чему најчешће долази до дефицита азотних једињења (Јолић, 2013).

Иако вода Орловачког језера није оптерећена суспендованим материјама, његова провидност није до дна, без обзира на то што је ријеч о плитком језеру. На локалитету В, при измјереној дубини од 4.2 m, провидност је износила 2.8 m. Како вриједности осталих параметара указују да вода није оптерећена раствореним органским и минералним материјама, оваква провидност, карактеристична за умјерено еутрофна језера, највјероватније је последица развоја фитопланктона у воденом стубу.

Санитарно-микробиолошке анализе указују да Орловачко језеро има воду високог еколошког статуса која није оптерећена органским материјама нити је у контакту са материјама фекалног поријекла. У површинском слоју бројност аеробних хетеротрофних бактерија је на сва три локалитета била испод 1000 CFU/ml, што одговара водама прве класе квалитета. Изузетак чини локалитет С, гдје је при дну забиљежена нешто већа бројност ове групе бактерија, што је и очекивано, јер се у муљу налази далеко већи број бактерија него у слободној води (Sigeo, 2004).

2004). When it comes to the impact on fish stocks, elevated pH value of water reduces the permeability of the outer epithelium to gases and salts and reduces resistance to diseases.

The water of Orlovačko Lake is clear and not loaded with suspended matter. At the surface layer, the value of turbidity ranged from 0.84 to 1.56 NTU, whereas the concentration of suspended solids at all three sites was 1 mg/l. At the layer above the lake bottom, the water was expectedly more turbid, so the value of turbidity was 5.56 NTU, and the concentration of suspended solids was 2 mg/l. Concentrations of basic nutrients in water are very low and there are no differences between individual layers. Analyses showed that there is no ammoniacal nitrogen in the water. During phytoplankton blossoming or intensive development of macrophytes, complete consumption of nutrients in water can occur (Sigeo, 2004) – nitrogen deficiency occurs most often (Јолић, 2013).

Although the water of Orlovačko Lake is not loaded with suspended matter, its transparency is not to the bottom, regardless it is a shallow lake. At site B, measured lake depth was 4.2 m and the water transparency was 2.8 m. Given that the values of other parameters indicate that the water is not loaded with dissolved organic and mineral substances, this transparency is characteristic for moderately eutrophic lakes and is most likely a consequence of the development of phytoplankton in the water column.

Sanitary-microbiological analysis indicate that Orlovačko Lake has water of high ecological status that is not loaded with organic matter neither is it in contact with substances of fecal origin. At the surface layer, the number of aerobic heterotrophic bacteria was below 1,000 CFU/ml at all three sites which corresponds to the Class I of surface water quality. The exception is site C where a slightly higher number of this group of bacteria was observed at the bottom, which is expected because the sludge contains a much higher number of bacteria than free water (Sigeo, 2004).

Укупни колиформи су изоловани у мањем броју у слоју изнад дна језера, док фекални уопште нису изоловани. На локалитетима А и В, у мањем броју, изоловане су фекалне стрептококе, и оне су, у малом броју, нормални становници средина са већом количином органске материје у распадању као што је муљ.

Total coliforms were isolated in lower numbers at the layer above the lake bottom, while fecal ones were not isolated. Fecal streptococci have been isolated in smaller numbers at sites A and B and they are, in small numbers, normal inhabitants of environments with a larger amount of decomposing organic matter, such as sludge.

Таб. 2. Микробиолошке карактеристике воде Орловачког језера
Tab. 2. Microbiological characteristics of Orlovačko Lake water

Карактеристика / Characteristic	Извор 1 / Source 1	Извор 2 / Source 2	Локација А / Site A	Локација А дно / Site A bottom layer	Локација В / Site B	Локација В дно / Site B bottom layer	Локација С / Site C	Локација С дно / Site C bottom layer	Отока Д / Distributary D
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (CFU/ml) / aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria (CFU/ml)	270	1250	363	650	295	750	850	1650	3600
укупне колиформне бактерије (CFU/100 ml) / total coliform bacteria (CFU/100 ml)	20	75	34	46	20	60	45	85	23
фекалне колиформне бактерије (CFU/100 ml) / fecal coliform bacteria (CFU/100 ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
фекалне стрептококе (CFU/100 ml) / fecal streptococcus (CFU/100 ml)	4	6	13	10	6	50	<1	<1	8
класа воде / water class	I	II	I	I	I	II	I	II	II

Напомена: бولد означава вриједности које одговарају другој класи квалитета површинских вода
Note: bold indicates the values that correspond to the second class of surface water quality

У води Орловачког језера идентификована су 23 различита таксона алги заједно са цијанобактеријама, у оквиру 4 раздјела (Таб. 3).

In the water of Orlovačko Lake, 23 different algal taxa were identified along with cyanobacteria, within 4 sections (Tab. 3).

Таб. 3. Квалитативни састав алги Орловачког језера
 Tab. 3. Qualitative composition of the algae of Orlovačko Lake

Таксон / Taxon	sap	s	G	h
Cyanobacteria				
<i>Anabaena solitaria</i> Klebs	b-o	1.60	3	3
<i>Chroococcus turgidus</i> Nägeli	o-b	1.30	4	3
<i>Microcystis</i> sp.		2.00	3	5
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	b-o	1.60	3	2
<i>Oscillatoria curviceps</i> C. Agardh	x-a	1.50	1	1
Bacillariophyta				
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	o-b	1.70	1	3
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	o-b	1.40	3	1
<i>Cyclotella</i> sp.		1.50	3	3
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	o-b	1.30	4	3
<i>Epithemia turgida</i> Kützing	o-b	1.40	3	3
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Schaar.	o-b	1.50	3	1
<i>Fragillaria crotonensis</i> Kitton	b-o	1.70	5	2
<i>Gomphonema</i> sp.		2.20	3	2
<i>Synedra ulna</i> Ehr.	b	2.00	5	3
Chlorophyta				
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn	b	2.00	4	3
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.	b-a	2.20	3	1
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	b-o	1.80	3	1
<i>Oocystis solitaria</i> Wittrock	b-o	1.80	4	7
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh	b-a	1.90	3	3
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	o-b	1.60	2	2
<i>Staurastrum subarcuatum</i> Wolle	b-o	1.70	3	1
<i>Tetraëdron trigonum</i> Nansgirg	o-a	2.00	3	3
Pyrrrophyta				
<i>Peridinium cinctum</i> Ehrb.	o-b	1.60	2	3
ИНДЕКС САПРОБНОСТИ / SAPROBITY INDEX				1.73

Напомена: sap – сапробна зона, s – сапробна вриједност таксона, G – индикаторска тежина врсте, h – релативна бројност таксона.

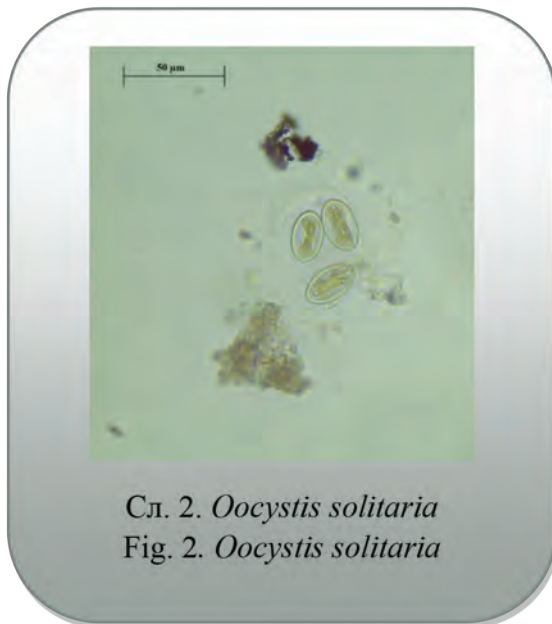
Note: sap – saprobity zone, s – taxon saprobic value, G – indicator weight, h – the relative abundance of taxa.

На основу квалитативног и квантитативног састава алги израчунат је индекс сапробности од 1.73, што је показатељ друге класе квалитета површинских вода. Квантитативно, у води Орловачког језера доминира зелена алга *Oocystis solitaria* (Сл. 2), која је индикатор

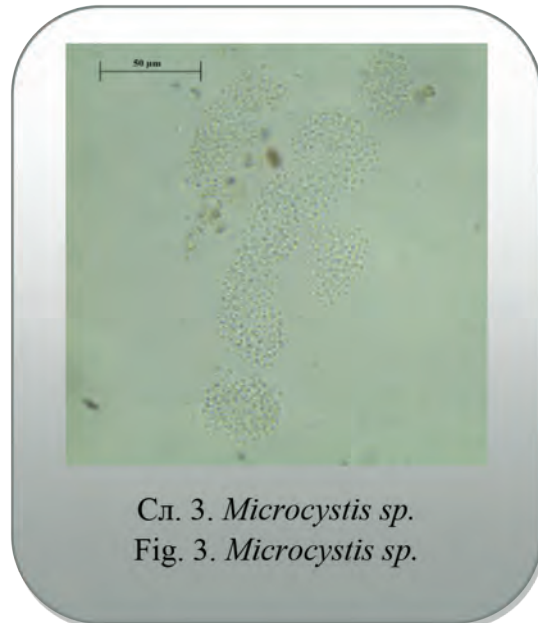
Based on the qualitative and quantitative composition of algae, the saprobity index of 1.73 was calculated, which is an indicator of the Class II of surface water quality. Quantitatively, the water of Orlovačko Lake is dominated by the green algae *Oocystis solitaria* (Fig. 2), which is an indicator

олигосапробних и β -мезосапробних вода. У знатном броју присутне су и цијанобактерије из рода *Microcystis* (Сл. 3), које продукују хепатотоксин микроцистин (Sivonen & Jones, 1999). Различита истраживања показују присуство микроцистина у води (Pavlova et al., 2010).

of oligosaprobic and β -mesosaprobic waters. Cyanobacteria of the genus *Microcystis* (Fig. 3), which produce the hepatotoxin microcystin (Sivonen & Jones, 1999) are also present in considerably high numbers. Various studies showed the presence of microcystins in water (Pavlova et al., 2010).



Сл. 2. *Oocystis solitaria*
Fig. 2. *Oocystis solitaria*



Сл. 3. *Microcystis sp.*
Fig. 3. *Microcystis sp.*

У води Орловачког језера најбројније су силикатне алге са 9 заступљених таксона и зелене са 8 врста. Идентификовано је пет таксона цијанобактерија и само једна врста ватрених алги. Слично Орловачком језеру, и у осталим језерима Зеленгоре утврђен је мали број таксона фитопланктона. Наиме, у води Црног језера идентификована су 32 различита таксона фитопланктона (Декић et al., 2016). У води језера Горње баре идентификована су 24 таксона, а у води језера Доње баре 26 таксона фитопланктона (Гњато et al., 2018).

Истраживања заједнице фитопланктона у водама планинских језера на другим планинама су, такође, указала на релативно малу бројност заступљених врста. Толоти је 2001. године у планктону језера Ђулиано у Италији, које је смјештено на Алпама на 1940 m н. в., пронашла 26 различитих таксона

In the water of Orlovačko Lake the most numerous are silicate algae with 9 and green algae with 8 species. Five cyanobacterial taxa and only one species of fire algae were identified. Similar to Orlovačko Lake, a low number of phytoplankton was identified in other lakes in Mount Zelengora. A 32 different phytoplankton taxa were also identified in the water of Black Lake (Декић et al., 2016). In the water of Gornje Bare Lake 24 taxa were identified, whereas 26 phytoplankton were identified in the water of Donje Bare Lake (Гњато et al., 2018).

Studies on the phytoplankton community in the waters of lakes in other mountains also indicate a relatively small number of represented species. Toloti found 26 different algae taxa in the plankton of Giuliano Lake in Italy which is located in the Alps at 1,940 m

алги (Tolleti, 2001). Крупа и сарадници су у августу 2015. године у Колсај језерима која су смјештена на 1830 m н. в. на Тјен Шан планини идентификовали 28 различитих таксона алги при чему су најбројније биле силикатне алге (Krupa & Varinova, 2016; Krupa et al., 2015).

Имајући у виду чињеницу да се језера Зеленгоре налазе у подручју наглашених годишњих доба, могуће је закључити да се ради и о сезонској динамици планктона (Sigeo, 2004). Неке врсте алги могу се наћи само у хладнијем дијелу године, што значи да се ради о много већем броју таксона него што је то истраживање показало. Из тих разлога, узорковање би требало вршити током читаве године.

Отока Орловачког језера има мутну воду оптерећену суспендованим материјама (Таб. 1). Измјерена вриједност турбидитета износила је 7.83, а концентрација суспендованих материја 8 mg/l, што одговара површинским водама треће класе квалитета. Ниска вриједност електропроводљивости, као и концентрације анорганских азотних и фосфорних једињења, указују да су растворене материје у води углавном органског поријекла. Ова тврдња почива на чињеници да је измјерена биолошка потрошња кисеоника од 2.41 mg O₂/l и да је бројност аеробних хетеротрофних бактерија (3600 CFU/ml) одговарала другој класи површинских вода. У ствари, вриједност ових параметара директан је показатељ количине органске материје у води (Petrović et al., 1998).

Укупни колиформи и фекалне стрептококе изоловани су у мањем броју, док *Escehrichia coli* уопште није изолована, па се може закључити да вода није контаминирана материјама фекалног поријекла. Вода отоке потпуно је засићена раствореним кисеоником, чија је концентрација износила 7.21 mg/l, што је при температури од 25.3°C одговарало хиперсатурацији од 104.9 %. На основу анализе свих праћених параметара може се закључити да је вода отоке умјерено оптерећена суспендованим материјама органског поријекла, што за посљедицу има повећан број бактерија.

above sea level (Tolleti, 2001). In August 2015, Krupa and co-workers identified 28 different algae taxa in the Kolsay Lakes located at 1,830 m above sea level on Tian Shan Mountains, with silicate algae being the most numerous (Krupa & Varinova, 2016; Krupa et al., 2015).

Having in mind the fact that the lakes in Mount Zelengora are located in the area of pronounced seasons, it is possible to conclude that it is also the seasonal dynamics of plankton (Sigeo, 2004). Some algae species can only be found in the colder part of the year, which means that there are many more taxa than this research showed. For these reasons, sampling should be performed throughout the year.

The tributary of Orlovačko Lake has turbid water loaded with suspended matter (Tab. 1). The observed value of turbidity was 7.83 and the concentration of suspended solids was 8 mg/l, which corresponds to the Class III of surface water quality. The low values of electrical conductivity as well as the concentrations of inorganic nitrogen and phosphorus compounds indicate that the solutes in water are mainly of organic origin. This is based on the measured biological oxygen consumption of 2.41 mg O₂/l and on the number of aerobic heterotrophic bacteria (3600 CFU/ml) corresponding to Class II of surface water quality. In fact, values of these parameters are a direct indicator of the amount of organic matter in water (Petrović et al., 1998).

Total coliforms and fecal streptococci were isolated in lower number, while *Escehrichia coli* was not isolated, so it can be concluded that water is not contaminated with substances of fecal origin. The water of the tributary was completely saturated with dissolved oxygen, which concentration was 7.21 mg/l – at a temperature of 25.3°C it corresponds to a hypersaturation of 104.9 %. Based on the analysis of all monitored parameters, it can be concluded that the water of the tributary is moderately loaded with suspended matter of organic origin which results in an increased number of bacteria.

ЗАКЉУЧАК

Због високих вриједности рН и сатурације воде кисеоником, узрокованих интензивним развојем макрофита, вода Орловачког језера на сва три мјерна локалитета одговара четвртој класи површинских вода, па се језеро сврстава у групу еутрофних. Вриједности осталих праћених физичко-хемијских и санитарно-микробиолошких параметара указују на воду прве класе. Састав фитопланктонске заједнице указује на воду задовољавајућег квалитета. Познајући природу физичко-хемијских и биохемијских процеса у језерској води, може се закључити да су лоше вриједности утврђених параметара краткотрајне, те да су последица интензивног развоја макрофита у вегетационом периоду. Изван вегетационог периода вриједности тих параметара далеко су ниже. Угибањем макрофита и фитопланктона и њиховим таложењем убрзава се стварање муља, што доводи до даље еутрофизације језера. Процес еутрофизације, у условима глобалног отопљавања и релативно брзог раста просјечних годишњих температура, озбиљно угрожава опстанак Орловачког језера, али и осталих језера на Зеленгори.

CONCLUSION

Due to high pH values and oxygen saturation of water, caused by intensive development of macrophytes, the water of Orlovačko Lake at all three sampling sites corresponds to Class IV of surface water quality, so the lake is classified as eutrophic. Values of other monitored physical-chemical and sanitary-microbiological parameters indicate Class I of surface water quality. The composition of the phytoplankton community indicates water of satisfactory quality. Knowing the nature of physical-chemical and biochemical processes in lake water, it can be concluded that the poor values of the determined parameters are temporary, and that they are a consequence of the intensive development of macrophytes in the growing season. During non-growing periods, the values of these parameters are far lower. Dead macrophytes and phytoplankton and their deposition accelerates the formation of sludge, which leads to further eutrophication of the lake. Eutrophication process in the terms of global warming and relatively fast growth of average annual temperatures, seriously endangers the survival of the Orlovačko Lake as well as survival of other lakes at Mount Zelengora.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- APHA-AWWA-WPCF. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22nd ed.). American Public Health Association.
- Bogdanović, D. (2006). The Role of Phosphorus in Eutrophication. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 110, 75–86.
- Декић, Р., Лолић, С., Гњато, О., Гњато, С., & Станојевић, М. (2016). Црно језеро на Зеленгори – проблеми одрживости. *Herald*, 20, 97–110. <https://doi.org/10.7251/HER2016097D>
- Dekić, R., Lolić, S., Gnjato, R., Trbić, G., Gnjato, O., & Ivanc, A. (2011). Indicators of the Environmental State of the Bilećko jezero Lake. *Archives of Biological Sciences*, 63(3), 775–783. <https://doi.org/10.2298/ABS1103775D>
- Гњато, Р., Декић, Р., Трбић, Г., Лолић, С., Гњато, О., & Попов, Т. (2018). Горње и Доње Баре – неки елементи одрживости и квалитета језерске воде. *Herald*, 22, 61–79. <https://doi.org/10.7251/HER2218061G>
- Гњато, С., Декић, Р., Лолић, С., Гњато, О., & Иванишевић, М. (2019). Елементи одрживости и квалитета воде Котланичког језера. *Herald*, 23, 59–72. <https://doi.org/10.7251/HER1923059G>
- Greeson, P. E. (1969). Lake Eutrophication? A Natural Process. *Journal of the American Water Resources*, 5(4), 16–30. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1969.tb04920.x>
- Heinonen, P. (2000). *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring*. John Wiley and Sons Ltd.

- Hindák, F. (2005). *Zelene kokalne riasy (Chlorococcales, Chlorophyta)*. Botanický ústav SAV.
- Hindák, F. (2008). *Colour Atlas of Cyanophytes*. 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*. Natural History Museum.
- Krupa, E., & Barinova, S. (2016). Environmental Variables Regulating the Phytoplankton Structure in High Mountain Lakes. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 1251–1261. <https://doi.org/10.9734/BJECC/2016/26496>
- Krupa, E., Barinova, S., Romanova, M., & Malybekov, A. (2016). Hydrobiological Assessment of the High Mountain Kolsay Lakes Ecosystems in Climatic Gradient. *British Journal of Environment & Climate Change*, 6(4), 259–278. <https://doi.org/10.9734/BJECC/2016/26496>
- Kulijer, D., & Miljević, I. (2017). Fauna vilinih konjica (Odonata) planine Zelengora i nacionalnog parka Sutjeska. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci*, 26, 23–39. <https://doi.org/10.7251/GSF1726023K>
- Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., & Cantonati, M. (2017). *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment*. Koeltz Scientific Books.
- Leleš, B., & Nikolić, T. (2015). Eutrofikacija i ekosistemske usluge akumulacije Zobnatica. *Vodoprivreda*, 47(273–275), 131–139. <http://www.vodoprivreda.net/wp-content/uploads/2016/04/12-Branislav-Leles-i-Tijana-Nikolic.pdf>
- Лолић, С. (2013). *Микробиолошка анализа стања и квалитета воде рибњака Бардача* [Необјављена докторска дисертација]. Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци.
- Nemeš, K. (2005). *Sezonska dinamika fitoplanktona hidrosistema Dunav–Tisa–Dunav u Banatu* [Neobjavljena magistarska teza]. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- Pál, G. (1998). Szaprobiologiai indikátorfajok jegyzéke. *Vizi természet-es környzetvedelem*, 6, 1–96.
- Petrović, O., Gajin, S., Matavulj, M., Radnović, D., & Svirčev, Z. (1998). *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju.
- Pavlova, V., Furnadzhieva, S., Rose, J., Andreeva, R., Bratanova, Z., & Nayak, A. (2010). Effect of Temperature and Light Intensity on the Growth, Chlorophyll a Concentration and Microcystin Production by *Microcystis aeruginosa*. *General and Applied Plant Physiology*, 36(3–4), 148–158.
- Qu, L., Li, R., Li, J., Li, K., & Wang, L. (2011). Experimental Study on Total Dissolved Gas Supersaturation in Water. *Water Science and Engineering*, 4(4), 396–404. <https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2011.04.004>
- Sigee, D. (2004). *Freshwater Microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*. John Wiley & Sons Ltd.
- Sivonen, K., & Jones, G. (1999). Cyanobacterial toxins. In I. Chorus & J. Bartram (Eds.), *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring, and Management* (pp. 41–111). E & FN Spon.
- Tolloti, M. (2001). Phytoplankton and Littoral Epilithic Diatoms in High Mountain Lakes of the Adamello-Brenta Regional Park (Trentino, Italy) and Their Relation to Trophic Status and Acidification Risk. *Journal of Limnology*, 60(2), 171–188. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2001.1.171>
- Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, Службени гласник Републике Српске бр. 42 (2001).