

UTICAJ REKA NA KVALITET VODE U LITORALNOJ ZONI PRESPANSKOG JEZERA (R.S. MAKEDONIJA)

Elizabeta Veljanoska Sarafiloska, Orhideja Tasevska,
Lenče Lokoska, Suzana Patčeva, Jovica Lešoski

* *JNU Hidrobiološki Institut, Ohrid, Naum Ohridski 50, 6000 Ohrid*
elizabetasarafiloska@yahoo.com, ORCID: 0009-0003-1630-3321
orhidejat@hio.edu.mk, ORCID: 0000-0003-3976-0616

REZIME

Cilj ovog rada je da se prikaže trofičko stanje i nutrijentno opterećenje vode u litoralnoj zoni Prespanskog jezera u blizini reka, kako i kvalitet same rečne vode, na osnovu dobivenih rezultata za pojedine definirane parametre fizičko hemijskog i biološkog aspekta. Dobiveni rezultati ukazuju na izrazit antropogeni uticaj u istraživanim mernim mestima, sa posebnim akcentom na lokalitet Golema Reka i litoral gde se ona uliva u jezero. Numeričke vrednosti dobivene za indeks trofičkog stanja (TSI) na bazi koncentracije ukupnog fosfora i hlorofila *a*, voda u litoralnoj zoni Prespanskog jezera je u mezotrofnom stanju.

KLJUČNE REČI: nutrijenti, litoral, antropogeni uticaj, trofičko stanje

INFLUENCE OF RIVERS ON WATER QUALITY IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE PRESPA (R.MACEDONIA)

ABSTRACT

The aim of this work is to present the trophic state of water and nutrient loading at the littoral zone of Lake Prespa near the rivers and water quality of the rivers, reviewing the results of defined physical, chemical and biological parameters. The obtained results indicate an intense anthropogenic influence in the researched measuring points, with a special emphasis on the River Golema and the littoral where it flows into the lake. According to the numerical values for the trophic state index (TSI) based on the concentration of total phosphorus and chlorophyll *a*, the water in the littoral zone of Lake Prespa belongs to a mesotrophic state.

KEY WORDS: nutrients, littoral, anthropogenic influence, trophic state

UVOD

Akvatični ekosistemi su podložni promenama, ne samo onih prirodnih kao što je geološko starenje nego i onih koji nastaju kao uzrok čovekovih aktivnosti (Reynolds 1978). Intenzivan proces urbanizacije, savremen način života, brzi razvoj industrijske proizvodnje, korišćenje savremene tehnike i sredstava u poljoprivredi, čija je primena neizbežna zbog zadovoljavanje potrebe humane populacije, dovode u velikoj meri do izrazitog poremećaja prirodne ravnoteže vodenih ekosistema.

Jezerski ekosistemi, posebno priobalni region jezera, u velikoj meri zavise od svog okruženja, odnosno od fizičkih, hemijskih i bioloških varijabla u slivnom području. Dosadašnja dugogodišnja istraživanja Prespanskog jezera, drugo prirodno jezero po veličini u Makedoniji, kako i njegovog rečnog sliva, ukazuju da je antropogeni uticaj izrazit u većem delu litoralne zone, sa posebnim akcentom na one regione gde se reke ulivaju u jezero (Lokoska 2005; Patčeva 2006; Sarafiloska 2012; Sarafiloska 2019; Vasileska 2019).

Cilj ovog rada je praćenje sezonskih promjena kvaliteta vode u rekama i litoralnoj zoni Prespanskog jezera, na osnovi nutrijentnog i organskog opterećenja, mikrobioloških analiza (ukupan broj heterotrofnih i koliformnih bakterija), vrste zooplanktona i koncentracija hlorofila *a* kao direktan indikator fitoplanktonske biomase.

MATERIJAL I METOD RADA

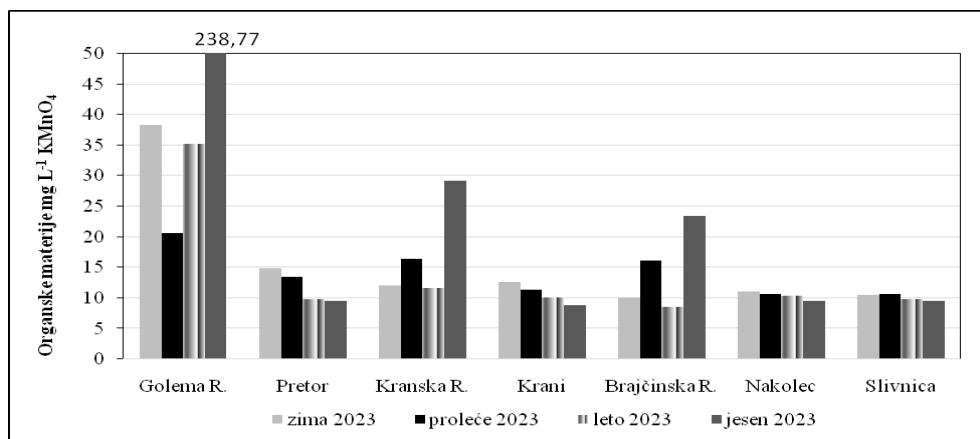
Uzorkovanje materijala sa sezonskom dinamikom tokom 2023 izvedeno je na sedam mernih mesta (četiri u litoralnoj zoni jezera: Pretor, Slivnica, Krani i Nakolec i tri najuticajnijih reka u slivu Prespanskog jezera: Golema, Kranska i Brajčnska).

Kolekcioniranje i skladiranje uzoraka vode za fizičko-hemijske i biološke analize vrši se standardnim limnološkim metodama (Wetzel & Likens 1978; APHA-AWWA-WPCF 2005), Ruttnerovom flašom i dređom za zooplankton. Prema standardnim metodama, ukupan azot i ukupan fosfor očitavaju se spektrofotometrijski, dok organske materije izražene kao potrošnja permanganata, rade se titrimetrijskom metodom Kubel-Tieman (Beter 1957; APHA-AWWA-WPCF 2005, Strickland & Parsons 1972; Solarzano 1969).

Klasifikacija vode urađena je prema Uredbi za klasifikacije voda Republike Makedonije (Sl. vesnik, 1999). Trofičko stanje vode određeno je primenom multidimenzionalnog trofičkog koncepta - Karlsonov indeks za trofičko stanje (TSI), koji je u funkciji fizičkih, hemijskih i bioloških parametara (Carlson 1977), a čije se numeričke vrednosti dobijaju na bazi koncentracije ukupnog fosfora i hlorofila *a*. Za klasifikaciju ekosistema koristi se skala (Aizaki 1981). Mikrobiološka procena kvaliteta vode urađena je prema Poetch & Kafka (2002) i Kohl (1975) klasifikaciji. Koncentracija hlorofila *a*, meri se spektrofotometrijski, nakon ekstrakcijom sa 90%-og etanola (ISO 10260 1992). Stepem saprobnosti na osnovi bioindikatora određen je prema Pantle i Bucku (1955).

REZULTATI I DISKUSIJA

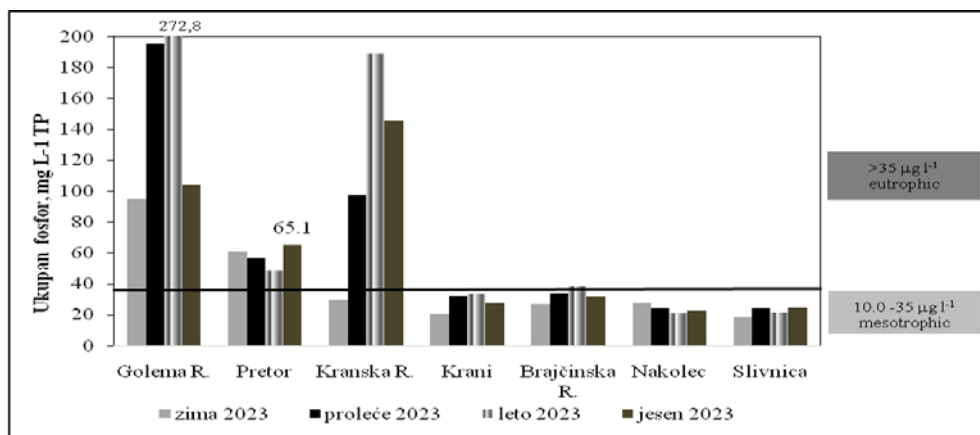
Organske materije u akvatičnim ekosistemima predstavljaju proizvodi biljnog i životinjskog porekla u različitim fazama njihovog raspadanja. Procesi mineralizacije organskih materija su najvažniji u oslobađanju biogenih elemenata u vodnoj sredini, čineći ih biološki dostupnim za živi svjet. Na slici 1, dat je grafički prikaz sadržaja organske materije u definiranim lokalitetima.



Slika 1. Organske materija, potrošnja KMnO_4
Figure 1. Organic matter, KMnO_4 consumption

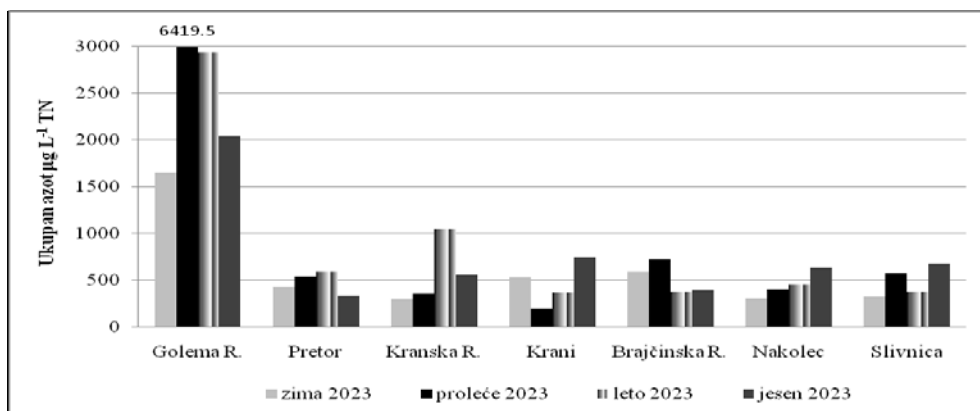
Možemo konstatirati da tokom svih sezona, najvarijabilnije i maksimalne vrednosti za ovog parametra su registrovane u Golemoj reci. Maksimalna vrednost iznosi $238,77 \text{ mg L}^{-1}$, evidentirana tokom jeseni 2023. Vrednosti u uzorcima kolekcioniranih iz reka su znatno veći od onih u litoralnoj zoni. U lokalitetu Pretor koji je u blizini ušća reke Goleme beleže se najveće vrednosti organskih materija. Ovaj fakat ukazuje na veliki uticaj reke na litoralnoj zoni jezera.

Nutrijentno opterećenje vode praćeno je određivanjem ukupne koncentracije dva najznačajnija biogena elementa, fosfora i azota. Na slici 2, dat je grafički prikaz sezonske vrednosti ukupnog fosfora, dok je na slici 3 prikaz ukupnog azota. Kao esencijalni element za rast organizama, fosfor može da bude biogeni element koji ograničava primarnu produkciju vodnih ekosistema. Njegova uloga u biološkom metabolizmu je razlog za ekološki interes o njemu. Dobiveni rezultati za ukupan fosfor ukazuju da uzorci iz reka imaju veće vrednosti koncentracije ukupnog fosfora u odnosu na litoral. Maksimalna vrednost je evidentirana u Golemoj reci i iznosi $272,8 \mu\text{g L}^{-1}$ tokom leta 2023, dok maksimalna vrednost u litoralu Pretor iznosi $65,1 \mu\text{g L}^{-1}$, što je još jedna potvrda na uticaj Goleme reke na kvalitet vode litorala Prespanskog jezera. Suglasno Uredbi o klasifikaciji voda, na osnovu ukupnog fosfora, voda u litoralnoj zoni kreće se od II do IV klase, dok u rekama voda pripada V klasi.



Slika 2. Koncentracije ukupnog fosfora
Figure 2. Concentration of total phosphorus

Primarni antropogeni izvor fosfora u akvatičnim ekosistemima predstavljaju otpadne vode iz urbanih sredina (iz domaćinstava pre svega deterdenti i sredstava za ličnu higijenu), industrijske otpadne vode kako i najznačajniji izvor za ovog područja, sa ogleđom da je ovo poljoprivredno područje, drenažne vode iz poljoprivrednjih površina. Intenzivna upotreba veštačkih đubriva koji kao aktivnu komponentu sadrže azot i fosfor, značajno doprinose za obogaćenje vodnih ekosistema organski materijama.

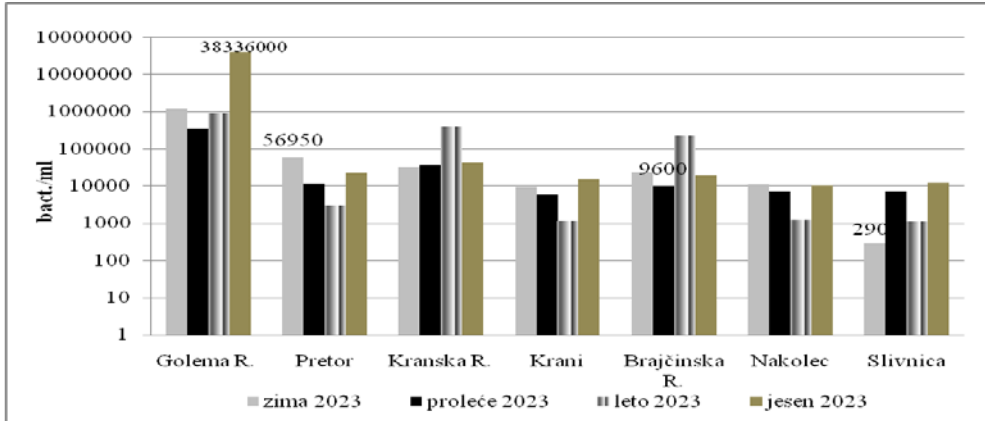


Slika 3. Koncentracije ukupnog azota
Figure 3. Concentration of total nitrogen

Maksimalne vrednosti za azot su evidentirane u Golemoj reci i to tokom celog istraživačkog perioda (Sl. 3). Kategorizacija vode u litoralnoj zoni Prespanskog jezera je sezonski jako varijabilna i kreće se u granicama od I - III klase.

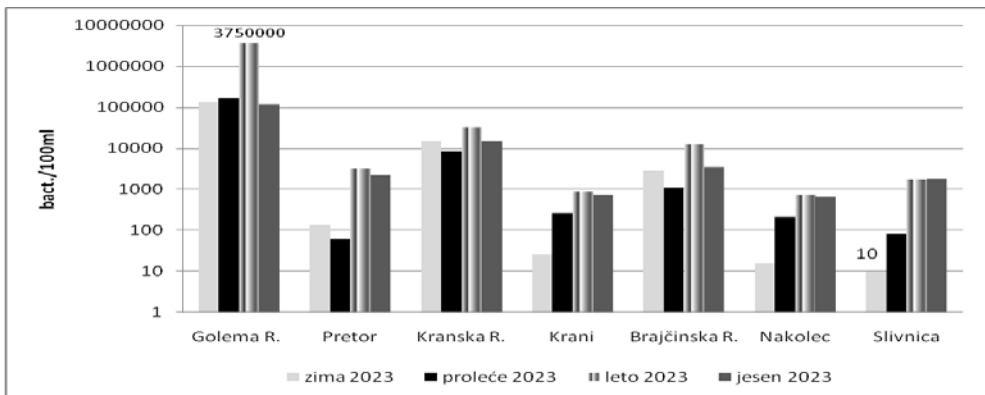
U kompleksnoj proceni trofičkog stanja i kvalitet vode u akvatičnim ekosistemima, mikrobiološki parametri zauzimaju vrlo značajno mesto. Bakterije su idealan senzor za

indikacije mikrobnih zagađenja površinskih voda i prve odgovaraju na promene uslova u životnoj sredini i su u korelaciji za fizičko-hemijskim parametrima. Heterotrofne bakterije su nađene u svim uzorcima vode. U odnosu na njihovu brojnost vide se velike prostorne i sezonske varijabilnosti (Sl. 4).



Slika 4. Ukupan broj heterotrofnih bakterija
Figure 4. Total heterotrophic bacteria

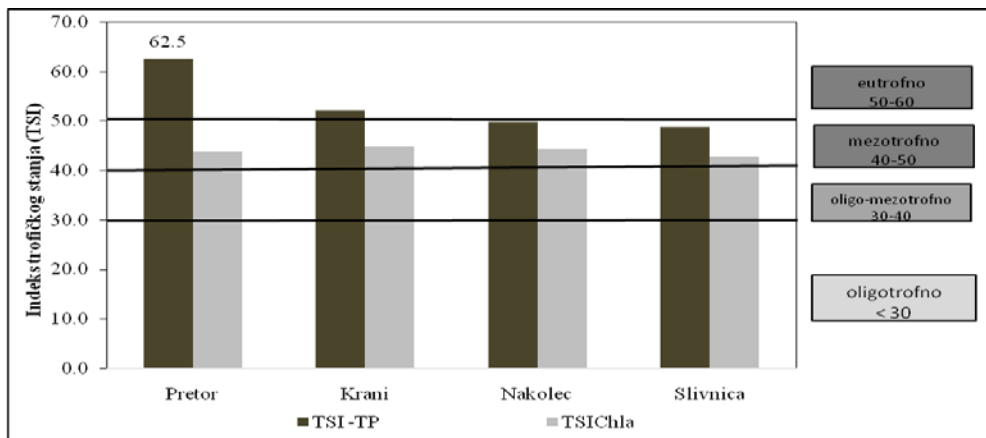
Vrednosti u uzorcima reke kreću se od 9600 (Brajčinska reka) do 3833600 bakt./ml (Golema reka), a u vodi litorala od 290 (lokalitet Slivnica) do 56950 bakt./ml (Pretor). Velika brojnost heterotrofnih bakterija u litoralu Pretor je rezultat negativnog uticaja Goleme reke, koja je zagađena komunalnim, drenažnim i industrijskim otpadnim vodama. Prema klasifikaciji voda na bazi brojnosti heterotrofnih bakterija (Kohl 1975; Kavka & Poetsch 2002), voda litorala jezera pripada u granicama od II do III klase, a voda Kranske i Brajčinske reke pripada III-IV klasi. Tokom istraživanja Golema reka se karakterizira sa najvećim brojem heterotrofnih bakterija i pripada generalno IV-V klasi.



Slika 5. Ukupan broj koliformnih bakterija
Figure 5. Total coliformn bacteria

Koliformne bakterije, kao pokazatelj fekalnog zagađenja, su prisutne tokom celog istraživačkog perioda i to u svim lokalitetima, sa najvećom evidentiranom brojnošću tokom letnjeg perioda. Njihova zastupljenost je veća u rečnim uzorcima, sa maksimalnom vrednošću u Golemoj reci (3750000 bact./100ml) (Sl. 5). Prema brojnosti koliformnih bakterija voda litorala Prespanskog jezera pripada uglavnom granicama I - II klase (Kavka & Poetsh 2002), dok spored Kohl (1975) kvalitet vode reke Brajčinske i Kranske pripada u granicama III-IV klase, dok Golema reka pripada u granicama od IV-V klase.

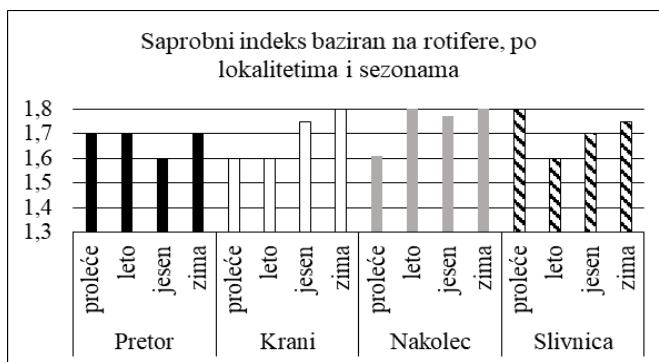
U svim uzorcima iz litorala Prespanskog jezera, prosečna vrednost koncentracije hlorofila *a* je bila niža od $5 \mu\text{g L}^{-1}$. Maksimalna prosečna vrednost hlorofila *a* evidentirana je u litoralu Nakolec i iznosi $4,78 \mu\text{g L}^{-1}$, dok minimalna prosečna vrednost je u Pretor ($3,21 \mu\text{g L}^{-1}$), što govori da u litoralu Prespanskog jezera postoji vidljivo opterećenje nutrijentima, posebno fosforom. Za razliku od litorala, prosečne vrednosti za hlorofil *a* u rekama, su znatno niže i kreću se od 1,43 u Brajčinskoj do $1,73 \mu\text{g L}^{-1}$ u Kranskoj reci, srazmerno gustini fitoplanktona, što ukazuje na nisku produkciju fitoplanktona u rekama.



Slika 6. Indeks trfičkog stanja u odnosu na ukupnog fosfora i hlorofila *a*
 Figure 6. Trophic state index based on total phosphorus and chlorophyll *a*

Numeričke vrednosti indeksa trofičkog stanja (TSI), dobivene na osnovu koncentracije ukupnog fosfora i hlorofila *a*, tokom 2023, ukazuju na mezotrofno stanje jezerske vode u litoralu Prespanskog jezera (Sl. 6). Izuzetak pretstavlja vrednost TSI indeksa izračunata na osnovu ukupnog fosfora za Pretor koja iznosi 62,5, i ukazuje na prelaz u eutrofno stanje.

Prema sastavu rotifera i vrednostima saprobnog indeksa koji se kreće u granicama 1.6 do 1.8, voda iz priobalja Prespanskog jezera uglavnom ima b-mesosaprobn karakter (Sl. 7).



Slika 7 Saprobni indeks
Figure 7 Index of saprobity

Osetljivost rotifera na niz fizičko-hemijskih indikatora omogućava njihovu upotrebu kao bioloških indikatora saprobnosti vodenih ekosistema (Tasevska et al. 2004; Fowler & Duggan 2008). Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice litoralnih rotifera varira u zavisnosti od godišnjeg doba i lokaliteta. U Prespanskom jezeru najveći broj taksona registrovan je u proleće i leto. Tip staništa, odnosno lokalitet, u velikoj meri utiče na sastav i gustinu populacije rotifera. Najveći broj vrsta pronađen je na lokalitetima obraslim vodenom vegetacijom, gde je moguće naslagati muljeviti materijal i detritus, koji uglavnom potiče od razloženih delova uginulih biljaka. Analiza kvalitativnog sastava rotifera u litoralu pokazuje da preovlađuju fitofilne i epifitske vrste prisutne u oblasti vodene vegetacije, delimično bentoske, dok je manji broj tipično planktonski. Analiza prikupljenog materijala iz reka pokazuje kvalitativno i kvantitativno siromaštvo vrsta, pre svega zbog nestabilnosti staništa (Ricci & Balsamo 2001). Registrovane vrste su uglavnom bentosne i perifitonske.

ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati iz fizičko-hemijskog i biološkog aspekta, ukazuju na izrazit antropogeni uticaj u rekama i litoralnoj zoni Prespanskog jezera, posebno u regionima gde se reke ulivaju u jezero. Najalarmantnije stanje na bazi svih analiza je registrovano u Golemoj reci i litoral Pretor, ispred njenog ušća.

Rezultati TSI indeksa na bazi ukupnog fosfora i hlorofila a, ukazuju na mezotrofno stanje vode litorala Prespanskog jezera.

Imajući u vidu veliku naučnu važnost Prespanskog jezera, njegovu multifunkcionalnost kao rezervoar za vodu za piće, ribolov, sport i rekreaciju, nameće se potreba o permanentnom praćenju kvaliteta jezerske vode.

Zahvalnica

Velika zahvalnost fondaciji PONT (Prespa Ohrid Nature Trust) koja je finansirala sve aktivnosti projekta "Identifikacija antropogenog uticaja na Prespansko jezero" 2021-2024, u čijem okviru su sprovedena ova istraživanja.

LITERATURA:

- APHA-AWWA-WPCF, (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed – Washington DC.
- Aizaki, M., Otsuki, A., Fukusima, T., Hosomi, M., Muraoka, K., Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationship between the index and other parameters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21 (1981) 675-678
- Bether, G., (1953) Praktikum za hemisko ispitivanje voda. Hig. Inst. Srbije br 3. Beograd. Str.79.
- Carlson, R.E. A Trophic State Index for Lakes. *Limn. and Oceanog* 22 (1977) 363– 369
- Elizabeta M. Veljanoska-Sarafiloska, Lence S. Lokoska & Suzana B. Patceva — Water Quality of Lakes Ohrid and Prespa Based on Physical-chemical and Biological Parameters in 2013-2014. *Acta zool. bulg., Suppl.* 13 (2019) 25-32
- Elizabeta V. Sarafiloska, Suzana Patceva., Trophic Status of Lakes Ohrid and Prespa during 2004-2006. *Journal of International Environmental Application & Science* 7(2) (2012) 291-299
- Göbel, C. Dierkes, W.G. Coldewey, Storm water runoff concentration matrix for urban areas, *Journal of Contaminant Hydrology* 91 (2007) 26–42
- Kavka G, Poetsch E, (2002) Microbiology. In: Joint Danube Survey – Technical report of the International Commission for the Protection of the Danube River. 138-150.
- Kohl, W., Über die Bedeutung Bakteriologischer Untersuchungen für die Beurteilung von Fließgewässern, Dargestellt am Beispiel der Österreich. Donau. *Arch. Hydrobiol.* 44 (1975) 4: 392 - 461.
- ISO 10260, (1992). Water quality - measurement of biochemical parameters - spectrometric determination of the chlorophyll *a* concentration, ISO, Geneva.
- Локоска, Л., М. Јорданоски, Е.В. Сарафилошка, Квалитет воде Преспанског језера са биолошког и физичко-хемијског аспекта. Зборник радова. Југословенско друштво за заштиту вода и Друштво за заштиту вода Србије, 7-10 јуни Копаоник. Вода 2005
- Pantle, R. and Buck, H., (1955). Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach* 96, 604.
- Reynolds, C.S., (1978) Phosphorus and the eutrophication of lakes - a personal view. In Phosphorus in the Environment: its chemistry and biochemistry. Ciba foundation Symposium 57 201-228
- Vasilevska, S. P., E. M. Veljanoska-Sarafiloska & L. S. Lokoska, Water Quality of the Rivers in the Prespa Region in 2014. *Acta zool. bulg., Suppl.* 13 (2019) 11-18
- Solorzano, L., Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.* 14 (1969) 799-801.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T. R., (1972): A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. - Bull. Fish. Res. Bd. Canada: 167pp.
- Patceva, S., V. Mitik, M. Jordanoski, E. Veljanoska-Sarafiloska, Trophic state of Lake Prespa, Conference on water observation and information system for decision support. Ohrid, Macedonia 23-26 May (2006). CD- publikacija. www.balwois.net.
- Uredba o klasifikaciji površinskih voda R. Makedonija 1999, Služben vesnik Rmakedonije (18/99) 1165-1179
- Westerlund C., Viklander M., Particles and associated metals in road runoff during snowmelt and rainfall, *Science of the Total Environment* 362 (2006) 143– 156
- Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R. and Shaffer, P. (2007) The SUDS Manual: Updated Guidance on Technical Design and Construction. Report 697. CIRIA, London
- Wetzel, R. G., Likens, G. (1979) *Limnological analyses*. W. B. Saunders Comp. Philadelphia, London, Toronto 357.