
Ivana Simić

Kvalitet vode Palićkog jezera

Usled dugogodišnjeg ispuštanja otpadnih voda subotičkih industrija u Palić, jezeru je pre trideset godina počelo da preti izumiranje. 1974. godine izvršena je sanacija, kojom je postignuto značajno poboljšanje kvaliteta vode, i aktiviran je mehaničko-biološki prečistač u kojem se vrši obrada otpadnih industrijskih voda pre njihovog ispuštanja u jezero. U laboratoriji kod prečistača četiri puta godišnje se obavlja ispitivanje hemijskog sastava jezerske vode. Ovogodišnje istraživanje obuhvatiло je poređenje rezultata hemijskih analiza Palića iz 1982, 1992. i 2002. godine. Cilj istraživanja bilo je praćenje promene kvaliteta vode jezera tokom poslednjih dvadeset godina. Rezultati ispitivanja pokazali su da se u naznačenom periodu tip vode jezera nije promenio u odnosu na 1975. godinu, tako da ona i danas pripada tipu hidrokarbonatno-natrijumskih voda. Međutim, iako tokom godina dolazi do postepenog smanjivanja mineralizacije, kvalitet vode se neprekidno pogoršava usled konstantnog pada sadržaja rastvorenog kiseonika, jer on dovodi do izumiranja živog sveta u jezeru. U tom smislu, efekti sanacije, koja je omogućila "ozdravljenje" jezera kao ekosistema, praktično su već izgubljeni.

Uvod

Fizičko-geografske karakteristike istražnog područja

Palićko jezero se nalazi na severu Jugoslavije, u severnoj Bačkoj, 12 kilometara istočno od Subotice, tako da zauzima skoro centralni položaj u Panonskoj niziji. Jezero leži na najmanjoj nadmorskoj visini subotičke opštine (102 m) i sa svojom površinom od 5.76 km² predstavlja najveće jezero u Bačkoj. Na njegovoj severnoj obali nalazi se naselje Palić.

Klimatske karakteristike istražnog područja

Klima na Palićkom jezeru je kontinentalna. Srednja godišnja temperatura u poslednje dve decenije je 10.1°C. Najhladniji je januar sa srednjom mesečnom temperaturom -3.3°C, a najtoplijiji juli sa 22.8°C. Srednja letnja temperatura u istom periodu iznosi 21.1°C, a zimska 0.2°C. Jesen je nešto

*Ivana Simić (1984),
Subotica, Đure
Jakšića 5, učenica 4.
razreda Gimnazije
"Svetozar Marković"
u Subotici*

toplja od proleća. Vlažnost vazduha se kreće od 70 do 80%. Najčešći vjetar je severozapadni, brzine od 1.0 do 3.5 m/s (Bukurov 1983). Prema podacima hidrometeorološke stanice Palić, (za period od 1978. do 1998) ukupna količina padavina u toku jedne godine kreće se između 600 i 800 milimetara.

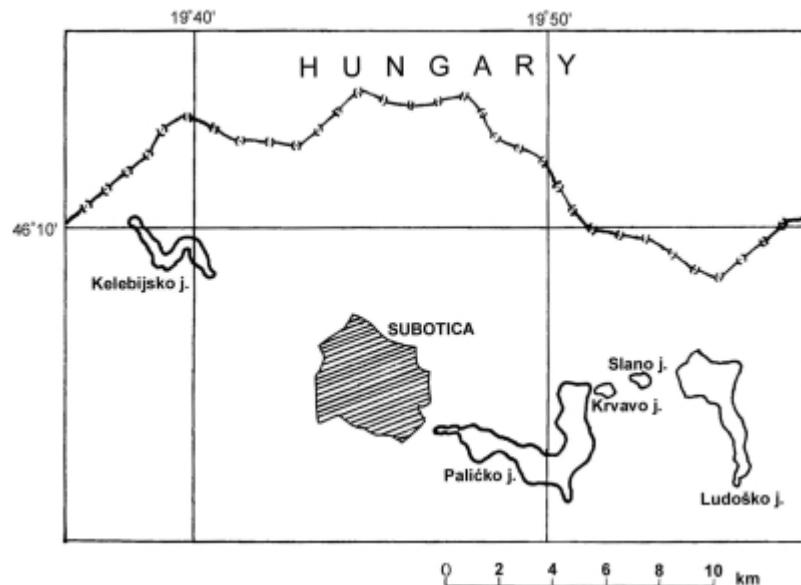
Geomorfološke karakteristike istražnog područja

Severno od Palićkog jezera nalazi se južni kraj Subotičko-bajske peščare. Peščara je nagnuta od severozapada ka jugoistoku. Suve dine, koje se mogu naći na ovom području, u prošlosti su se pomerale, ali sada više nisu pokretne i razdvojene su vlažnim udolinama.

Sa južne strane jezera se nalazi Srednja bačka lesna zaravan. Erozivno-akumulativnim radom vetrova stvoreni su brežuljci i manje depresije, u pravcu jugoistok-severozapad. Ovi brežuljci nisu pokretni, jer su na površini vezani debelim humusnim slojem i vegetacijom (Bukurov 1975).

Hidrološke karakteristike istražnog područja

Palićko jezero je najpoznatije eolsko jezero u severnoj Bačkoj. Polu-mesečastog je oblika. Razlikuju se meridijanski tzv. Veliki Palić i uporednički tzv. Mali Palić (slika 1). Dužina jezera iznosi 7 km, a širina varira između 350 i 825 m. Njegova najveća dubina je oko 2.5 m (u Velikom Paliću), zbog čega se ovo jezero svrstava u grupu najplićih. Obala je nerazuđena, ali je dejstvo talasa primetno. U jezeru postoje dva ostrva, tzv. "ptičja ostrva". Zimi se jezero, u zavisnosti od temperature vazduha, mrazne



Slika 1.
Karta okoline
Palićkog jezera

Figure 1.
The map of Palić
Lake surrounding

i tada je led debljine između 10 i 40 cm. Leti temperatura vode dostiže i 25°C. Na krajnjem zapadu Malog Palića nalazi se mala pritoka. Jedina otoka jezera je kanal do Ludoša, a iz njega ističe reka Kereš (Bukurov 1983). U užoj okolini jezera Palić nalaze se još i jezera: Ludoško, Kelebijsko, Krvavo i Slano jezero.

Geološke karakteristike istražnog područja

Između Palića i Subotice, gravimetrijskim i seizmičkim metodama i bušenjem u podini su otkrivene magmatske stene paleozojske starosti (riolit). Preko njih leže sedimenti, čija starost nije jasno definisana, a po izgledu i položaju mogli bi biti iz perma. Iznad njih mogu se naći silifikovani crveni peščari i konglomerati, najverovatnije mezozojske starosti. Preko njih leže neogeni glinovito-peskoviti sedimenti gornjeg miocena (Bukurov 1975). U glacijalu, pod dejstvom eolske erozije, dolazi do ogoličavanja izdani na dnu postojeće depresije i do formiranja jezersko-barske oblasti. Nakon toga je usledilo nanošenje lesnog materijala, što znači da je jezero prepeščarske starosti. Na to ukazuje i prisustvo žute ilovače na dnu jezera i peskovite, plave ilovače u njegovoj okolini (Mihajlović-Matić 1956). Pošto je nataložen les, u toku mlađeg pleistocena (dilenijuma) nastala je Subotička peščara (Bukurov 1983).

Hidrogeološke karakteristike istražnog područja

Usled odgovarajuće litološke građe terena, istražno područje karakteriše zbijeni tip izdani. U južnom delu istražnog područja, na Srednjoj bačkoj lesnoj zaravni, sreće se plitka izdan, dok se na Subotičkoj peščari, koja zauzima severni deo istražnog područja izdanska voda nalazi nešto dublje (i do 10m). Glavni snabdevač izdani je atmosferska voda, koja se sa Subotičke peščare i Srednje bačke lesne zaravni infiltrira kroz porozan peskoviti i lesni materijal (Bukurov 1975).

Sanacija jezera

Pre sanacije (1974. godine) otpadne vode grada su se bez prethodne obrade ispuštale u jezero, kojem je počelo da preti izumiranje. Sanacija je obuhvatila isušivanje i čišćenje dna jezera od nataloženog mulja. Isušivanje je izvršeno ispuštanjem vode u Ludoško jezero, pa, preko reke Kereš, u Tisu. Jezero je podeljeno na četiri sektora: na obali prvog sektora (laguna) je mehaničko-biološki prečistač koji vrši obradu otpadnih voda grada pre njihovog ispuštanja u jezero; drugi i treći sektor su poribljeni (ribnjak 1 i ribnjak 2); četvrti sektor služi u turističke svrhe (kao kupalište) (slika 2). Jezero se osvežava dovođenjem vode iz Tise preko kanala Tisa-Palić i odvođenjem jezerske vode kanalom u Ludoš.



Slika 2.
Skica jezera sa prikazom položaja industrija koje svoje otpadne vode ispuštaju u Palić

Figure 2.
The sketch of the lake with positions of industries that pour out their waste water into Palić

Ranija istraživanja

Branislav Bukurov je 1978. godine objavio rezultate ispitivanja hemijskog sastava vode Palićkog jezera. On je izvršio poređenje kvaliteta vode jezera pre i posle sanacije. Zaključio je da je voda pre isušivanja sadržala povećane koncentracije jona Na^+ i Mg^{+2} , dok je od anjona dominirao SO_4^{2-} . Neposredno nakon sanacije, voda je bila natrijum-bikarbonatno-hloridnog tipa (Bukurov 1983).

U laboratoriji kod prečistača, aktiviranog nakon sanacije jezera, četiri puta godišnje se vrši velika hemijska analiza vode iz sva četiri sektora. Na osnovu podataka analiza iz 1982. i 1992. godine, može se zaključiti da je voda, kao i neposredno posle sanacije, bila bikarbonatno-natrijumskog tipa.

Cilj istraživanja

Istraživanje je obuhvatilo poređenje rezultata hemijskih analiza vode Palića iz 1982., 1992. i 2002. godine u svim sektorima jezera. Pomenuti podaci, uzeti iz laboratorije kod mehaničko-biološkog prečistača na jezeru, omogućili su praćenje hidrohemijskih karakteristika Palića tokom poslednjih dvadeset godina. Istraživanje je realizovano sa ciljem da se utvrdi u kolikoj meri je kvalitet vode izmenjen za poslednjih 20 godina, da se otkriju eventualni uzroci hidrohemijskih promena u jezeru i da se dâ kratkoročna prognoza kvaliteta vode Palića.

Materijal i metode

Podaci o hidrohemijskim karakteristikama jezera Palić uzeti su iz laboratorije kod prečistača, gde se svake godine vrši velika hemijska analiza jezerske vode iz sva četiri sektora. Prilikom uzimanja uzoraka mereni su

temperatura vode i specifična provodljivost. Laboratorijskim analizama utvrđene su hemijske karakteristike vode. Koncentracije jona Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , hemijska potrošnja kiseonika HPKp, biološka potrošnja kiseonika BPK₅ i sadržaj rastvorenog O_2 određeni su standardnim volumetrijskim metodama, a koncentracije jona SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- i PO_4^{3-} standardnim kolorimetrijskim metodama. Koncentracija jona Na^+ određena je metodom plamene fotometrije, a sadržaj K^+ računski, na osnovu sadržaja ostalih jona. Standardnom spektrofotometrijskom metodom određivan je sadržaj hlorofila A u ispitivanoj vodi (Rekalić 1989).

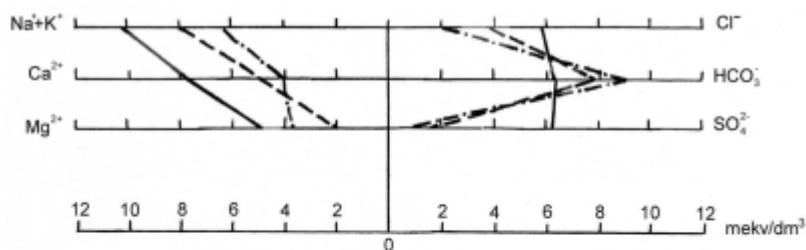
Rezultati i diskusija

Prosečna temperatura vode prilikom uzorkovanja iznosila je 23.3°C , što je u vezi sa poreklom vode, ali i godišnjim dobom, jer temperatura naših površinskih voda maksimum dostiže u julu i avgustu (Kristoforović-Ilić 1994). Elektroprovodljivost vode bila je, takođe, povišena zbog velike ukupne mineralizacije vode (u proseku je iznosila 944 S/cm), a u četvrtom sektoru jezera i zbog povećane pH vrednosti (10.25), jer OH^- joni pokazuju znatno veću provodljivost od drugih jona i tako menjaju pravu sliku specifične provodljivosti (Kristoforović-Ilić 1994).

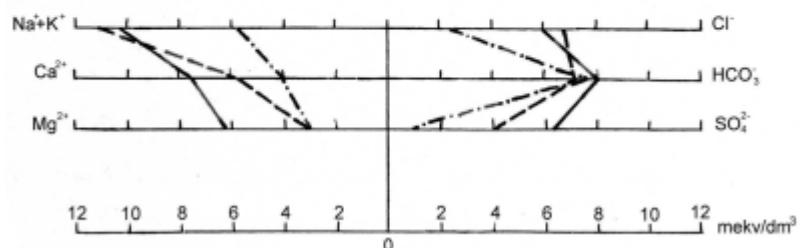
Osnovno obeležje vodi Paličkog jezera dale su geološke karakteristike terena. Pošto je istražno područje izgrađeno pretežno od glinovitih sedimenata, natrijum- i kalijum-alumosilikata, u jezerskoj vodi dominira jon Na^+ , kojeg u proseku ima 90.80 mg/dm^3 . Nešto manje ima jona kalcijuma – između 20 i 78 mg/dm^3 i jona magnezijuma – između 28 i 40 mg/dm^3 . Koncentracija kalijuma u proseku iznosi 20 mg/dm^3 . Sadržaj svih jona u Paličkom jezeru prikazan je u tabeli 1.

Na hemijski sastav vode utiču i okolne fabrike (slika 2): kako se na prečistaču kod prvog sektora vrši samo mehaničko-biološko prečiščavanje otpadnih industrijskih voda, one se bez prethodne hemijske obrade ispuštaju u jezero. Na taj način, sva jedinjenja rastvorena u otpadnim vodama grada dospevaju u jezero i utiču na povećanje koncentracije pojedinih jona i ukupne mineralizacije. Povećanje koncentracije jona Cl^- i SO_4^{2-} mogu izazvati otpadne vode kožare zato što se pri štavljenju kože obično koriste sumporna kiselina H_2SO_4 i hrom-trihlorid CrCl_3 (Trijić – lična komunikacija). Najveće koncentracije pomenutih jona zabeležene su u četvrtom sektoru, gde one redom iznose 96.2 i 86.6 mg/dm^3 . Značajne fluktacije zapažene su kod amonijum jona: najmanja koncentracija zabeležena je u četvrtom sektoru i iznosi 0.15 mg/dm^3 , a najveća u prvom sektoru gde iznosi 31.11 mg/dm^3 . Povećanje koncentracije ovog jona izazvano je otpadnim vodama skrobare, koje su bogate proteinima.

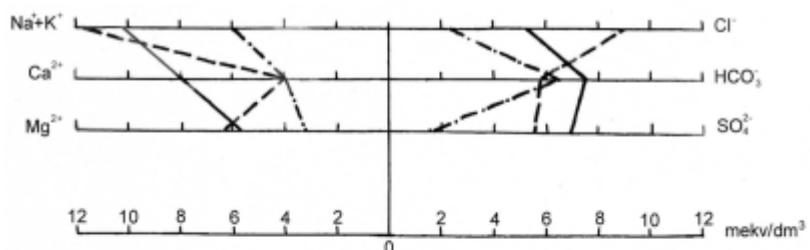
SEKTOR 1



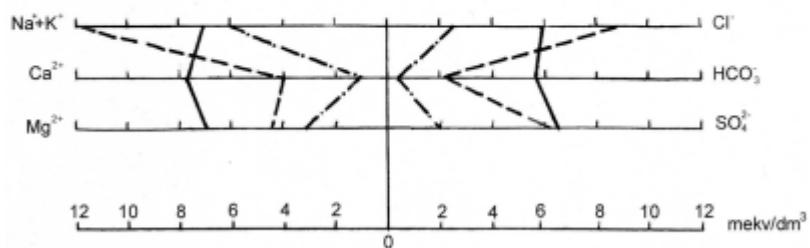
SEKTOR 2



SEKTOR 3



SEKTOR 4



Legenda:

- stanje iz 1982.
- stanje iz 1992.
- stanje iz 2002.

Slika 3.
Prikaz hemijskog
sastava vode u
različitim sektorima
Palićkog jezera
graficima
ortogonalnih
koordinata

Figure 3.
Chemical parameters
of the explored water

Kod drugih anjona ne postoje značajnije razlike u njihovom sadržaju između pojedinačnih sektora, pa su srednje koncentracije nitritnih, nitratnih i fosfatnih jona redom 0.99, 2.33 i 6.08 mg/dm³. Ipak, zapaženo je da ukupna mineralizacija vode, pa samim tim i koncentracije svih jona tokom godina opadaju (slika 3), zahvaljujući stalnom osvežavanju Palića odvođenjem jezerske vode u Ludoš i dovodenjem vode iz Tise. Tako je 1982. godine ukupna mineralizacija Palićkog jezera u proseku iznosila 1225 mg/dm³, 1992. godine 980 mg/dm³, a 2002. godine samo 603 mg/dm³. Međutim, osvežavanjem jezera se samo delimično uklanjaju negativni efekti okolnih industrija, zato što otpadne vode grada u mnogo većoj meri indirektno deluju na hemijski sastav vode Palićkog jezera.

Nije zanemarljiv ni uticaj inače bujne flore na hemijski sastav Palićkog jezera. U periodu od 1982. do 1992. godine zabeležen je značajan porast koncentracije hlorofila A sa 45 na 106 mg/m³. Najveće bogatstvo biljnog sveta karakteriše prvi sektor jezera, gde je sadržaj hlorofila A najveći i iznosi 256 mg/m³. Velika koncentracija hlorofila uslovila je i veliku biološku potrošnju kiseonika i ona ovde iznosi 37.4 mg/dm³. Analogno tome, sadržaj rastvorenog kiseonika je ovde najmanji i iznosi 1.2 mg/dm³. Takođe, i četvrti sektor jezera, za koji je karakteristična pojava tzv. "cvetanja vode", ima visok sadržaj hlorofila A – 150 mg/m³ i veliku biološku potrošnju kiseonika – 33.1 mg/dm³. Kako biljke u procesu fotosinteze koriste ugljen-dioksid, smanjenje njegove koncentracije dovodi do porasta pH vrednosti i smanjenja sadržaja hidrokarbonata. Na to ukazuju i rezultati istraživanja: srednja vrednost pH je u periodu od 1982. do 2002. godine porasla sa 8.39 na 8.75, a to je za posledicu imalo pad koncentracije hidrokarbonata sa 435 na 370 mg/dm³ i porast sadržaja karbonatnih jona (u četvrtom sektoru i do 153 mg/dm³). Bogata flora uzrok je i velike hemijske potrošnje kiseonika, koja ukazuje na visok sadržaj organskih materija. Naime, usled intenzivnog raspadanja organskog (biljnog) materijala, raste i koncentracija organskih jedinjenja, pa hemijska potrošnja kiseonika u prvom sektoru iznosi 37.3 mg/dm³, a u četvrtom 38 mg/dm³. Prvi sektor jezera je naročito bogat makroflorom, pa prilikom stalnog razlaganja biljnog materijala dolazi do oslobođanja amonijaka i povećanja koncentracije amonijum jona, koja se samo neznatno umanjuje osvežavanjem jezera. Tako je 1982. godine sadržaj amonijum jona u prvom sektoru Palićkog jezera iznosio 39.3 mg/dm³, 1992. godine 48.6 mg/dm³, a 2002. – 31.1 mg/dm³. Pošto oksidacijom amonijum jona nastaju nitriti, povećana koncentracija NH₄⁺ izaziva povećanje sadržaja NO₂⁻, koji se dalje oksiduju u nitrate. Azot je biljkama najdostupniji u obliku nitrata i zato u ispitivanoj vodi postoji nizak sadržaj ovih jona, a u vodama prvog i četvrtog sektora oni u potpunosti odsustvuju. To znači da i već pomenuta skrobara indirektno utiče na povećanje sadržaja organskih materija tako što izaziva povećanje koncentracije amonijum jona.

(Trungel Mešter – lična komunikacija). Međutim, raspadanjem organskih materija se ne oslobođa samo amonijak, već i drugi gasovi poput vodonik-sulfida, metana i dr, usled čega dolazi do promene životne akvatične sredine i kiseoničnog bilansa voda (Kristoforović-Ilić 1994). U tom smislu, kvalitet vode jezera Palić je u procesu neprekidnog pogoršanja.

Po Klutu, vode drugog i trećeg sektora se svrstavaju u klasu tvrdih voda, voda prvog sektora u klasu dosta tvrdih, a voda četvrtog sektora u klasu umereno tvrdih voda. Vode prvog i drugog sektora su, po Alekinu, hidrokarbonatno-natrijumskog tipa, sa povišenom mineralizacijom i vrlo malom oksidacijom, dok voda trećeg sektora ima srednju oksidaciju. četvrti sektor karakteriše karbonatno-natrijumski tip vode sa povišenom mineralizacijom i višom oksidacijom.

Zaključak

Ispitivanje hemijskog sastava vode iz sva četiri sektora Palićkog jezera potvrđuje rezultate Bukurovih istraživanja iz 1975. godine (Bukurov 1983), kao i rezultate istraživanja iz 1982. i 1992. godine: u ispitivanim vodama dominira hidrokarbonatni jon, odnosno jon natrijuma, pa se one, po Alekinu, svrstavaju u hidrokarbonatne, tj. karbonatne vode natrijumskog tipa. Po Klutu, vode drugog i trećeg sektora su tvrde, voda prvog sektora je dosta tvrda, dok voda četvrtog sektora spada u klasu umereno tvrdih voda.

Po hemijskim svojstvima, voda se ne može koristiti za navodnjavanje, niti za vodosnabdevanje. Prema Uredbi o klasifikaciji voda međurepubličkih vodotokova, međudržavnih voda i voda obalnog mora Jugoslavije, Paličko jezero pripada III klasi. Iz tog razloga, jezero se koristi samo za ribolov i u turističke svrhe. Iako je zapaženo da ukupna mineralizacija vode tokom godina opada, kvalitet vode se ne poboljšava zbog neprekidnog rasta koncentracije organskih materija. Ova pojava vodi ubrzanoj eutrofizaciji (Kristoforović-Ilić 1994), što smanjuje vek trajanja jezera i značajno ograničava njegovu primenu. Kako je sanacija 1974. godine imala za cilj da obezbedi uslove za opstanak flore i faune Palića, očigledno je da su njeni efekti praktično već izgubljeni, jer jezeru ponovo počinje da preti opasnost od izumiranja.

Zahvalnost. Milenku Trijiću i Editi Trungel Mešter za pružene informacije.

Literatura

Bukurov B. 1975. *Fizičko-geografski problemi Bačke*. Novi Sad: Matica srpska

Bukurov B. 1983. *Subotica i njena okolina*. Novi Sad: Vojvođanska akademija nauka i umetnosti

Mihajlović-Matić D. 1956. Palićko jezero. *Izveštaj o radu IV kongresa geografa FNR Jugoslavije održanog u Beogradu i NR Srbiji od 28.IX-5.XI1955.* Beograd: Savet geografskih društava FNR Jugoslavije

Kristoforović-Ilić M. 1994. *Komunalna higijena.* Novi Sad: Biblioteka Matice srpske

Rekalić V. 1989. *Analiza zagadivača vazduha i vode.* Beograd: Tehnološko-metalurški fakultet

Ivana Simić

Quality of Palić Lake Water

As a result of a long period of draining wastewater from industries in Subotica into the Palić lake, the lake had become endangered thirty years ago. In 1974 sanation was performed, which significantly improved the water quality. Besides this, a mechanical-biological filter that processes industrial wastewater before it is drained into the lake was activated. The chemical content of the lake water is tested four times a year in the laboratory near the filter. This year's research was based on the comparison of Palić chemical analysis results from 1982, 1992 and 2002. The aim of the research was monitoring the change of lake water quality during the last twenty years. Results of this research showed that the type of lake water hasn't changed in the given period in comparison with 1975, so it is still classified under the hidrocarbonate-natrium type. However, even though a gradual decrease of mineralisation occurred during the years, the water quality continually drops, due to the constant reduction of dissolved oxygen content which causes the extinction of life in the lake. In this sense, the effects of sanation which enabled the lake to become "healthy" as an ecosystem are practically already lost.

Translated by Jelena Gledić

Tabela 1. Koncentracije svih analiziranih jona u Palickom jezeru (mg/L)

Mesto uzorko- vanja	Godina	pH	Parametar														
			rastv. O ₂	HPK _p	BPK _s	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Laguna	1982	8.47	5.4	27.1	19.40	39.34	2.08	1.02	12.07	54	134	143	54	57	448	216	302
	1992	7.66	1.27	18.3	5.24	48.6	0.57	0.65	12.50	23	75	101	22.8	0	522	142	100
	2002	7.76	1.2	37.3	37.40	31.11	0.00	0.00	9.65	14	78.2	76.1	28	0	561	71.3	46.6
Ribnjak 1	1982	8.27	2.42	18.2	4.60	33.17	0.59	0.88	13.85	55	154	141	71	66	494	216	328
	1992	8.05	5.7	16.6	10.50	36.64	4.27	2.03	12.53	29.5	108	109	35.7	0	448	255	216
	2002	8.68	1.89	26.3	21.70	18.77	0.79	1.61	10.60	19	90.3	78.5	36.2	31.1	478	85.5	58
Ribnjak 2	1982	8.36	4.83	13.4	4.00	14.4	1.97	7.62	4.05	52	152	150	65	63	482	204	336
	1992	8.08	10.4	17.1	5.51	24.3	2.17	3.31	7.91	32.5	118	74.3	73.5	0	372	326	271
	2002	8.32	8.75	22.4	5.00	3.54	0.70	7.71	3.83	21	92.7	78.5	35.7	53.8	412	92.6	60.6
Palic	1982	8.47	4.54	18.2	4.10	6.17	0.30	0.00	2.88	56	147	107	81	84	317	207	336
	1992	8.26	5.65	31.3	6.09	0.00	0.24	0.00	1.35	40	133	81.3	58.1	72	153	319	321
	2002	10.25	15.2	38.0	33.10	0.15	0.03	0.00	0.24	25	102	20	39.6	153	23	96.2	86.6