

MIRJANA JANKOVIC

LIMNOLOGIE DES STAUSEES BADEVAC

EINFÜHRUNG

Innerhalb der Nachkriegsperiode erfolgte der Ausbau einer grossen Zahl von Stauseen in Jugoslawien, um den steigenden Wasserbedarf der Industrie und Landwirtschaft zu befriedigen. Wegen ihrer grossen Wissenschafts- und Wirtschaftsbedeutung wird diesen neuen Ökosystemen allseitige limnologische Forschungsarbeit gewidmet. Insbesondere wird der Prozess ihrer Bildung erforscht, wobei Rechnung getragen wird von allen Phasen ihrer Entstehung, die ein fliessendes Gewässer bis zur endgültigen Formierung eines neuen stehenden Wasserbeckens durchläuft. Bei dieser Gelegenheit wünschen wir einige Ergebnisse vielzähliger Studien von Gebirgsstauseen, die sich auf den See Badevac in der Periode seiner Füllung beziehen, darzulegen (J a n k o v i ć M., 1966a, 1966b, 1967, 1968, 1972, 1974, 1975a, 1975b).

MATERIAL UND METHODE

Die auf das See Badevac sich beziehenden Forschungen erfolgten im Verlauf der Jahre 1968 und 1969. Das Material wurde aus 3 Querprofilen gesammelt, wobei die Bodenfauna mit einer Eckman'schen Bodengreifer an drei Stellen längs jeden Querprofils entnommen wurde, während die Phyto- und Zooplanktonproben mittels der Friedinger-Flasche in vertikaler Serie und nur aus Zentralpunkten erfasst wurden. Parallel mit der Entnahme von Planktonproben fand die Temperaturmessung statt und erfolgte die Entnahme des Wassers zur chemischen Analyse.

BESCHREIBUNG DER STANDORTE

Badevac-See liegt auf 650 m ü. d. M., zwischen 42° geographischer Breite und 18,5° geographischer Länge. Er wurde im Jahr 1966 im Oberlauf des Gračanka-Flusses als Trinkwasserspeicher gebaut. Es war vorgesehen, dass der See im 7 Jahren sein maximales Niveau und

eine Länge von 7 km mit grösster Tiefe von ca. 40 m erreicht. Infolge des aus dem Einflussgebiet jedoch verringerten Zuflusses, konnte der Stausee im vierten Jahr nach dem Ausbau nur 4 km des Mutterflusses bei einer Tiefe von 30 m aufnehmen.

ANALYSE DER PHISIKALISCH-CHEMISCHEN FAKTOREN

Dank der geringfügigen Strömung des Seewassers wird ermöglicht, dass der Badevac-See noch während des Füllungs die Merkmale eines stehenden Wasserbeckens erhält. In thermischer Hinsicht durchläuft der Badevac-See alle vier Wärmeperioden, die Frühlings- und Herbstzirkulation sowie die Winter und Sommerstagnation (Abb. 1). Über den Winter ist der See durch zwei Monate zugefroren, während sich in den warmen Monaten zwei bis drei thermische Zonen, mit maximalen Temperaturen von 22—25°C in der Oberflächenschicht und minimalen Temperaturen von nur 6,5—7,5°C in der tiefsten Wasserschicht ausscheiden. Der isothermische Zustand dauert bis zum April

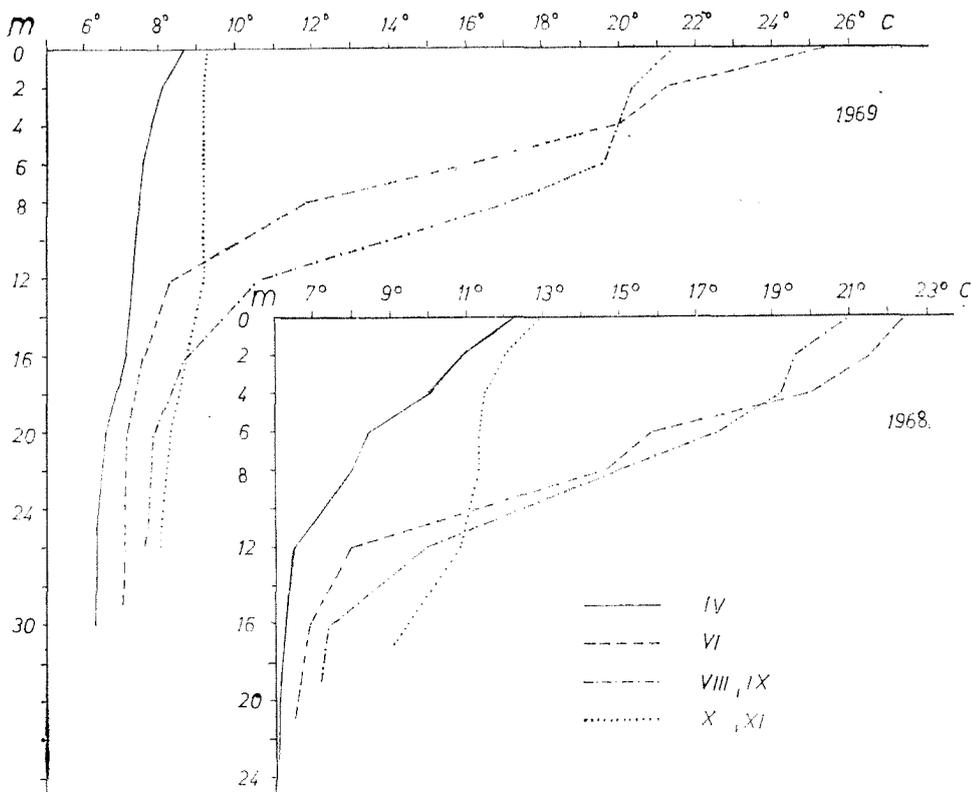


Abb. 1. — Temperaturmessungen im Badevac-See in Verlauf der Jahre 1968 und 1969.

Temperature vode Badevačkog jezera u toku 1968. i 1969.

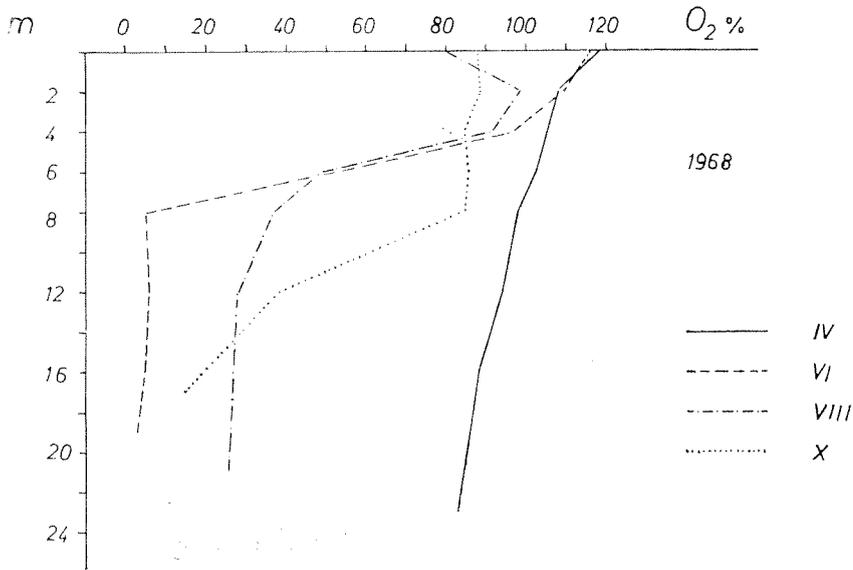


Abb. 2. — Gehalt des Sauerstoffs im Badevac-See während des Jahres 1968.
Sadržaj kiseonika u Badevačkom jezeru tokom 1968. godine.

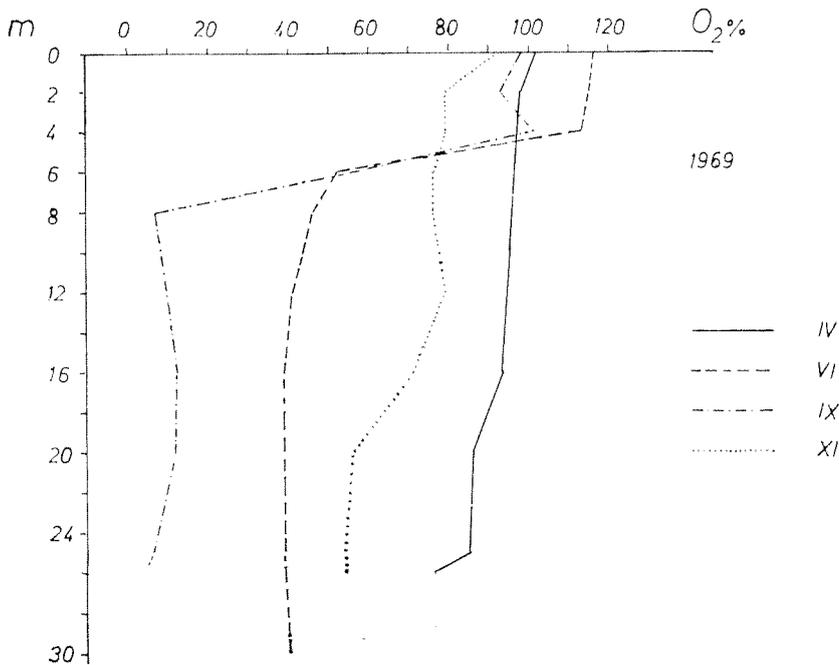


Abb. 3. — Gehalt des Sauerstoffs im Badevac-See während des Jahres 1969.
Sadržaj kiseonika u Badevačkom jezeru tokom 1969. godine.

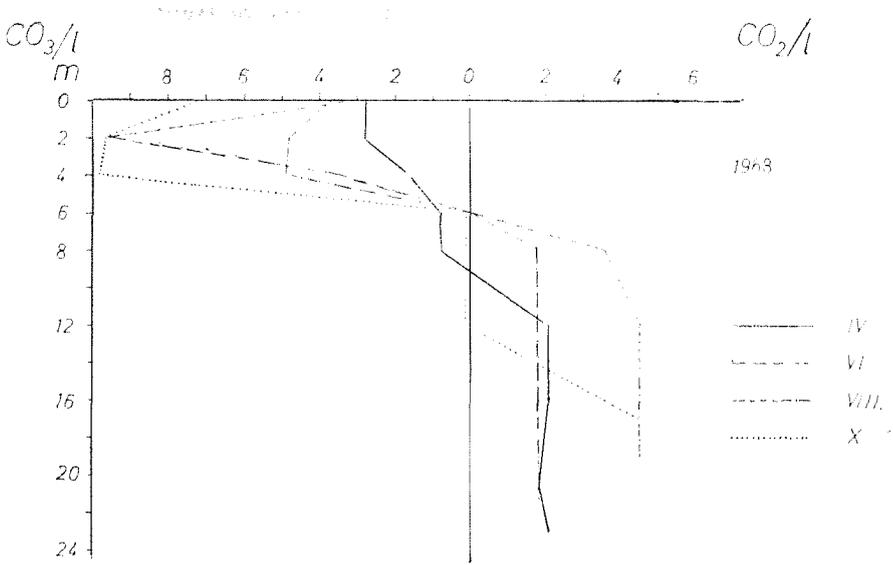


Abb. 4. — Menge von CO₂ im Badačac-See während des Jahres 1968.
Količina CO₂ u Badačaćkom jezeru tokom 1968. godine.

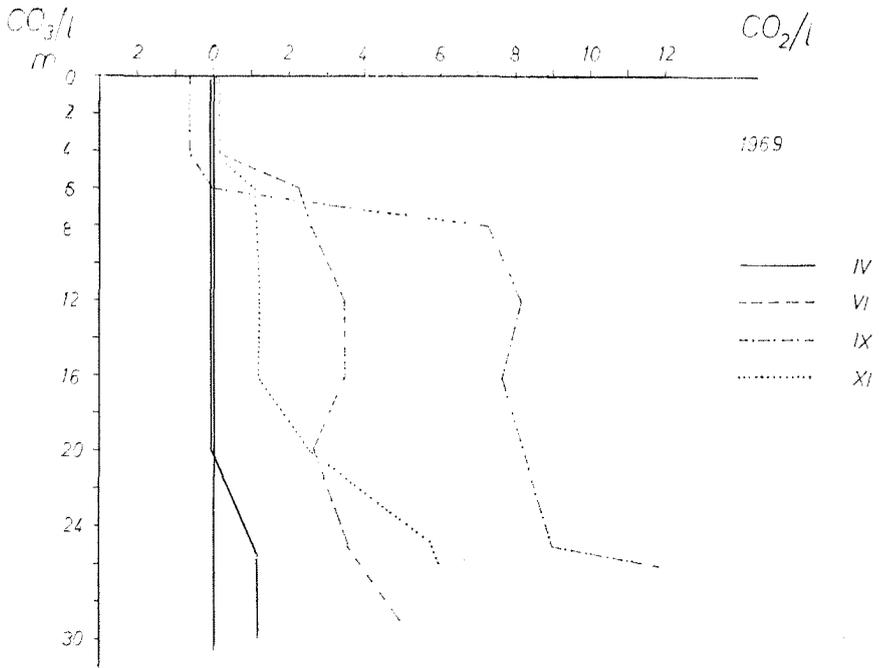


Abb. 5. — Menge von CO₂ im Badačac-See während des Jahres 1969.
Količina CO₂ u Badačaćkom jezeru tokom 1969. godine.

mit etwa 6°C, während im November die Herbstzirkulation bei 8—9°C wahrgenommen wird.

Im Verlauf des Sommers wird auch ein vertikaler Gradient in den oberen Schichten bis 4 m, manchmal bis 6 m Tiefe, produziert sich der Sauerstoff über den Sättigungspunkt, höchstens bis 119%, während CO₂ bis zur Erscheinung von Bikarbonaten oder sogar Karbonaten (1,5—10,0 mg/l CO₃) verbraucht wird (Abb. 2, 3). Unter 8 m erscheint jedoch ein ausgesprochenes Defizit in O₂ (26—40%) sowie eine Produktion von CO₂ von 2 bis 8 mg/l. Diese Erscheinung kommt am besten in der Kontaktschicht zum Ausdruck, wo der O₂ auf insgesamt nur 4% abfällt, während CO₂ bis 12 mg/l ansteigt (Abb. 4, 5).

In bezug auf seine chemische Zusammensetzung gehört der Badevac-See zum Ca-Mg-HCO₃ Typ, wobei zu berücksichtigen ist, dass im Mutterfluss und in seiner Zuflüssen Ionen Ca und Mg überwiegen.

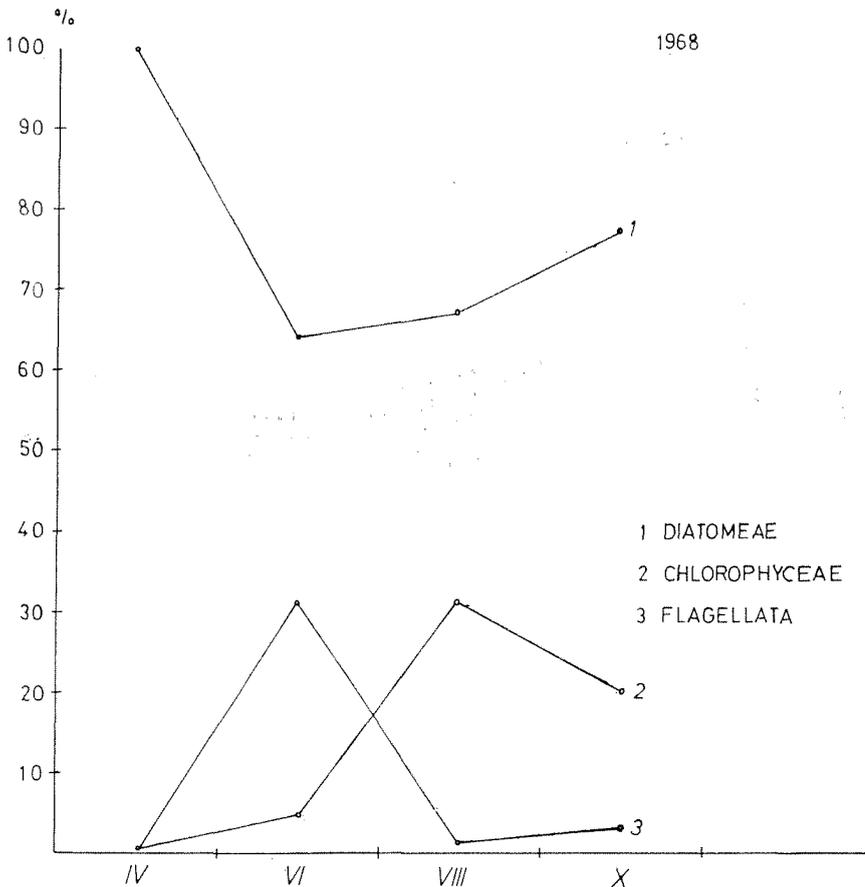


Abb. 6. — Jahresveränderungen des Phytoplanktons im Badevac-See im Verlauf des Jahres 1968.

Raspored fitoplanktona u Badevačkom jezeru tokom 1968. god.

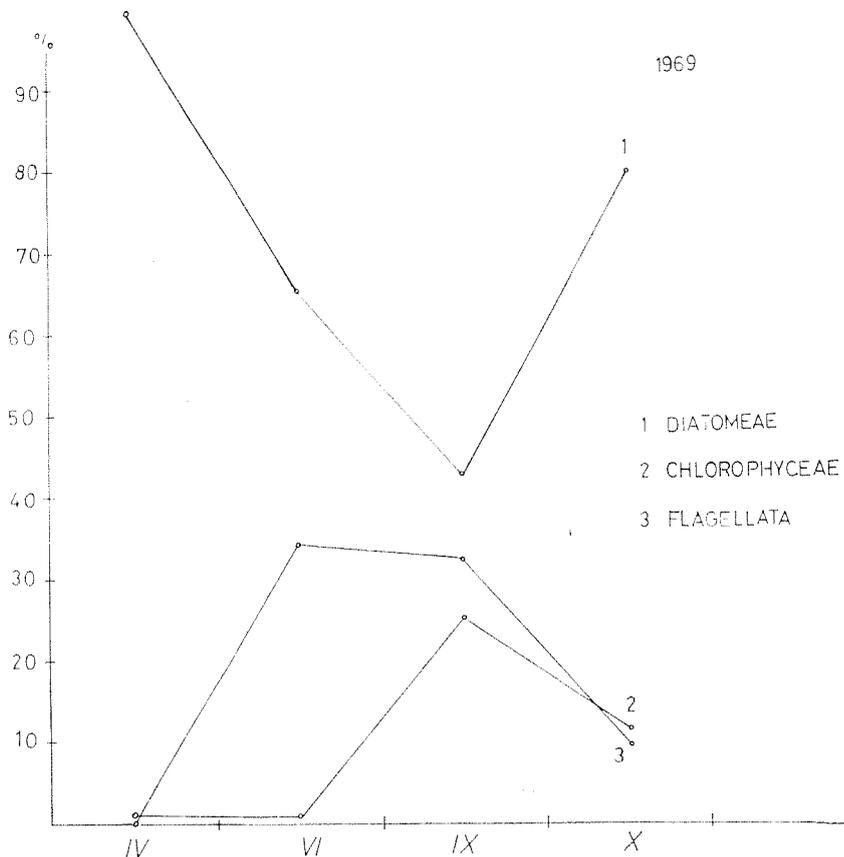


Abb. 7. — Jahresveränderungen des Phytoplanktons im Badevac-See im Verlauf des Jahres 1969.

Raspored fitoplanktona u Badevačkom jezeru tokom 1969. god.

Der Zufluss von Nährsalzen aus dem Einflussgebiet ist indessen geringfügig, so dass diese im See sehr schnell verbraucht wird. Hieraus wird erklärlich, dass Silizium sogar in Tiefenschichten unter defizitären Bedingungen des O_2 nicht festzustellen waren, während im Hypolimnium den Sommer über PO_4 , wahrscheinlich als Folge des Ionen-Austausches in der Kontaktzone Wasser-Schlamm, vermerkt wurde. Andererseits erscheinen Cl und SO_4 in beachtungswerten Mengen, ähnlich wie im Mutterfluss, was alles auf den Schluss hinweist, dass der Badevac-See sich mit Salzen, PO_4 ausgenommen, hauptsächlich allochtonisch versorgt.

ZUSAMMENSETZUNG UND PRODUKTION DER PHYTO- UND ZOOBESIEDLUNGEN

Das Phytoplankton des Badevac-Sees, ähnlich unserer anderen Gebirgstauseen, ist durch die Domination der Diatomeae charakteri-

siert, aber nur im Zahlenhinsicht, während für die Phisionomie des Planktons Chlorophyceae von grösster Bedeutung sind (Janković M., 1962—1964, 1973; Milovanović D., 1971, 1973).

Der Zahl der Arten nach (41) wirkt das Phytoplankton sehr monoton, insbesondere wenn man in Betracht zieht, dass in dichter Population nur 4 Gattungen: *Cyclotella*, *Scenedesmus*, *Dinobryon*, *Perridium*, und dass für einige Aspekte noch Gattungen *Synedra*, *Tetraëdron* und *Cosmarium* von Bedeutung sind.

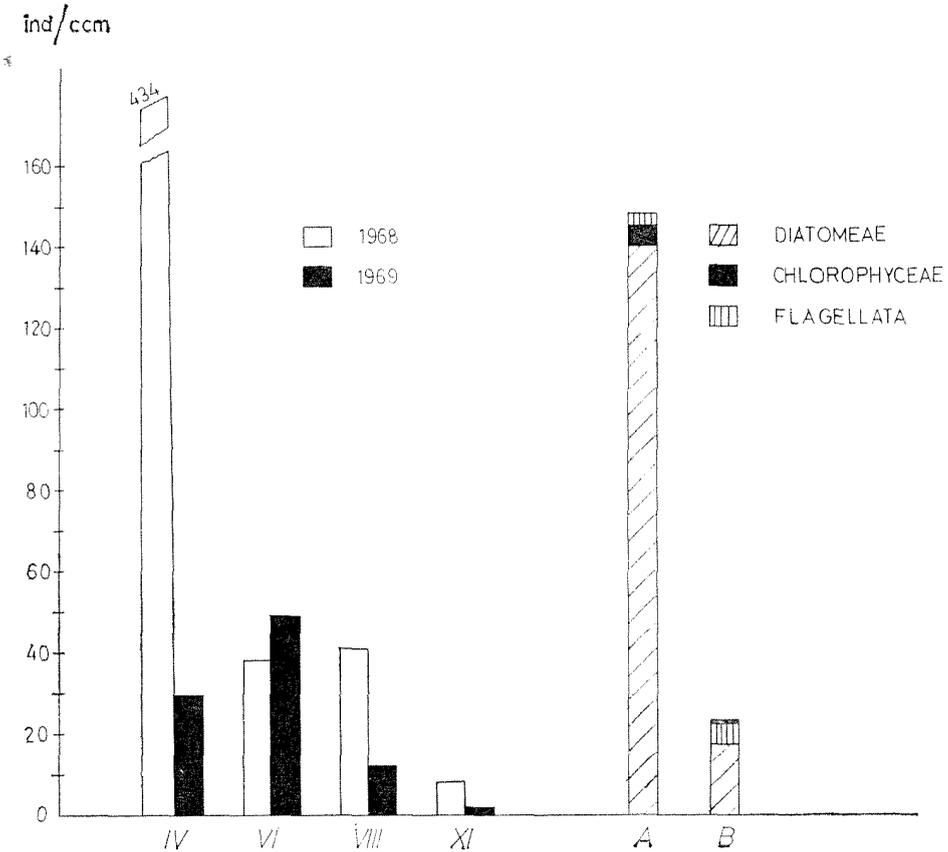


Abb. 8 — Durchschnittszahl des Phytoplanktons im Badesvac-See in Jahre 1968 (A) und 1969 (B).

Prosečna brojnost fitoplanktona Badesvačkog jezera u 1968. (A) i 1969. (B) godini.

Den grössten Teil der Algenpopulation bilden Diatomeae, insbesondere in ihrer intensivsten Entwicklungsperiode. Deshalb ist im Frühlingsaspekt, nebst einzelnen Chlorophytenzellen, die Population ausschliesslich von Silikatalgen, vorwiegend von der Gattung *Cyclotella* mit den Arten *C. compta* und *C. planktonika* gebildet wird (Abb. 6). Während des Sommers sinkt die Beteiligung der Diatomeen von 99%

auf 65% ab, nachdem zu Beginn dieser Periode Flagellata in dichterem Population vorkommt und am Ende der Periode auch Chlorophyta (Abb. 7).

Die zahlreiche Anwesenheit von Diatomeen im Verlauf des ganzen Jahres wird durch die saisonale Fluktuation der Populationsdichte des gesamten Phytoplanktons klar zum Ausdruck gebracht, so dass das zahlenmäßige Maximum, 434 und 50 Ind/ccm, im Frühling oder zu Beginn des Sommers und das Minimum von 3 bis 8 Ind/ccm im Herbst auftritt. Die Jahresdurchschnittszahl des Phytoplanktons von 24 und 148 Ind/ccm weist auf eine begrenzte Produktionsfähigkeit des Sees hin, was mit der geringen Nährsalzmenge in Zusammenhang gebracht werden kann (Abb. 8).

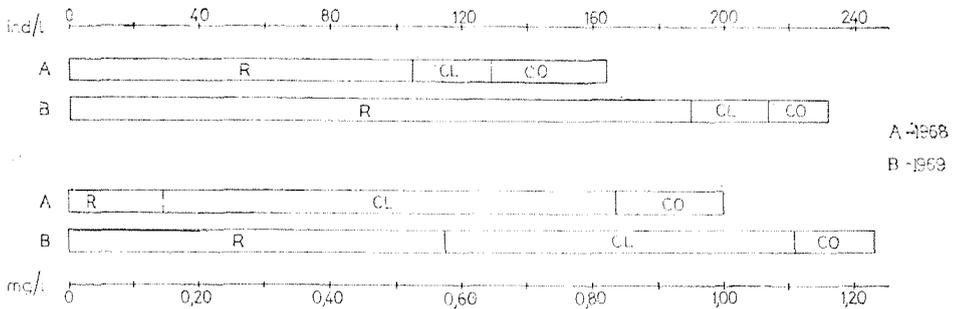


Abb. 9. — Jahresdurchschnittszahl und Gewicht des Zooplanktons im Badevac-See. Godišnji proseki brojnosti i težine zooplanktona u Badevačkom jezeru.

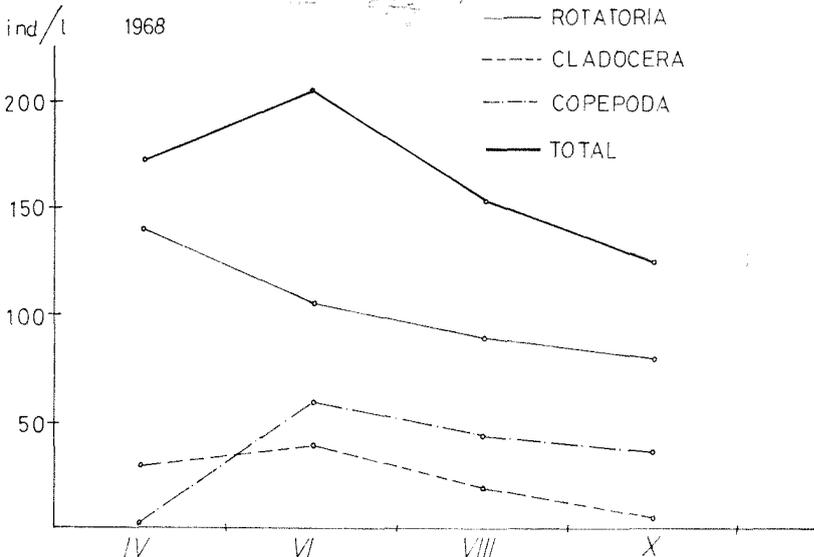


Abb. 10. — Saisonalveränderungen der Anzahl des Zooplanktons im Badevac-See während des Jahres 1968.

Sezonske promene brojnosti zooplanktona Badevačkog jezera u 1968. godini.

Im Gegensatz zum Phytoplankton ist das Zooplankton relativ gut entwickelt, worüber die Jahresdurchschnittszahl von 164 und 232 Ind./l ausreichenden Aufschluss erteilt. Die Gewichtswerte sind indes gering, 1,01 und 1,24 mg/l, was eine Folge der ungünstigen Struktur des Zooplanktons ist (Abb. 9).

Zur Zusammensetzung des Zooplanktons gehören 31 Arten, von denen viele sporadisch auftreten und von grösserer Bedeutung sind nur die zu 8 Gattungen: *Keratella*, *Polyarthra*, *Brachionus*, *Filinia*, *Synchaeta*, *Daphnia*, *Bosmina* und *Cyclops* gehörigen Arten.

Rotatoria besitzen die verschiedenartigste Zusammensetzung, die von planktonischen Formen, am häufigsten mit grösserer Vorbereitung, gebildet wird. In der Mehrzahl sind dies typische Seeformen, manchmal jedoch werden auch dichtere Populationen einiger heleo-planktonischer Arten angetroffen.

Das Hauptmerkmal für Rotatoria wird von *Keratella cochlearis* und *Polyarthra trigla*, die im ganzen Jahr vorkommen, gegeben, wobei die erste Art für den Sommeraspekt von grösserer Bedeutung ist, während die zweite Art ausnehmend zahlreich im Frühling vorkommt. Am Anfang des Jahres bemerkt sich auch eine dichtere Population von *Filinia longiseta* und *Synchaeta* sp., und im Herbst von *Pompholyx sulcata*.

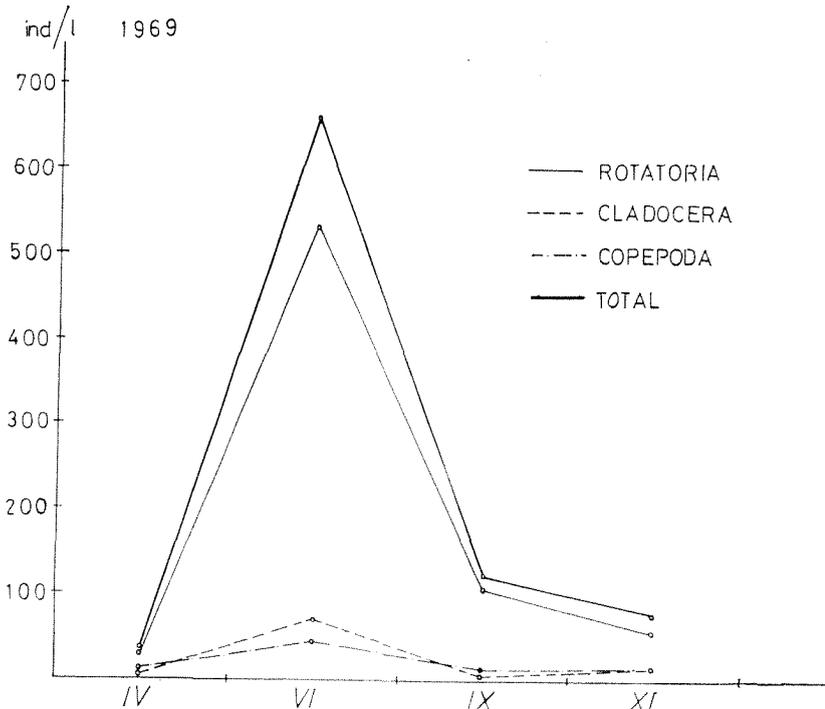
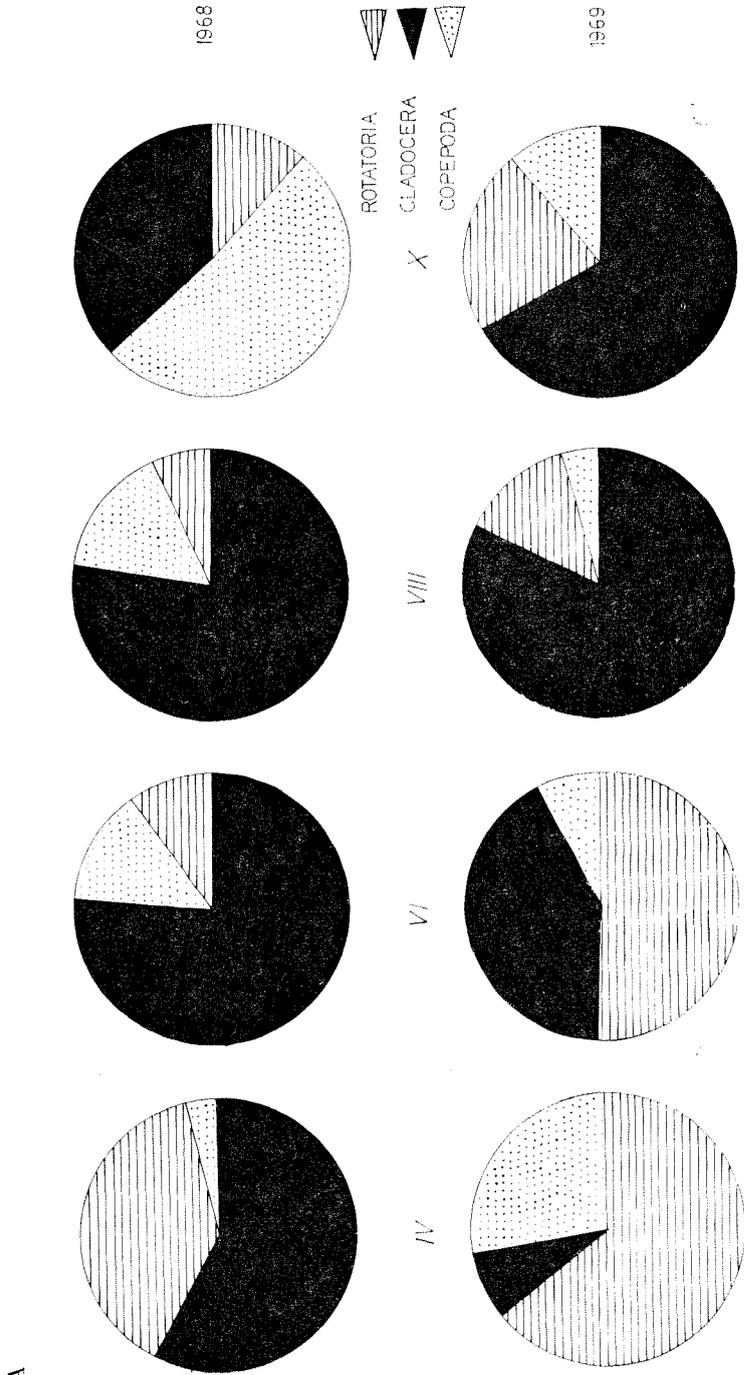


Abb. 11. — Saisonalveränderungen der Anzahl der Zooplanktons im Badesee während des Jahres 1969.

Sezonske promene brojnosti zooplanktona Badesee u 1969. godini.



A

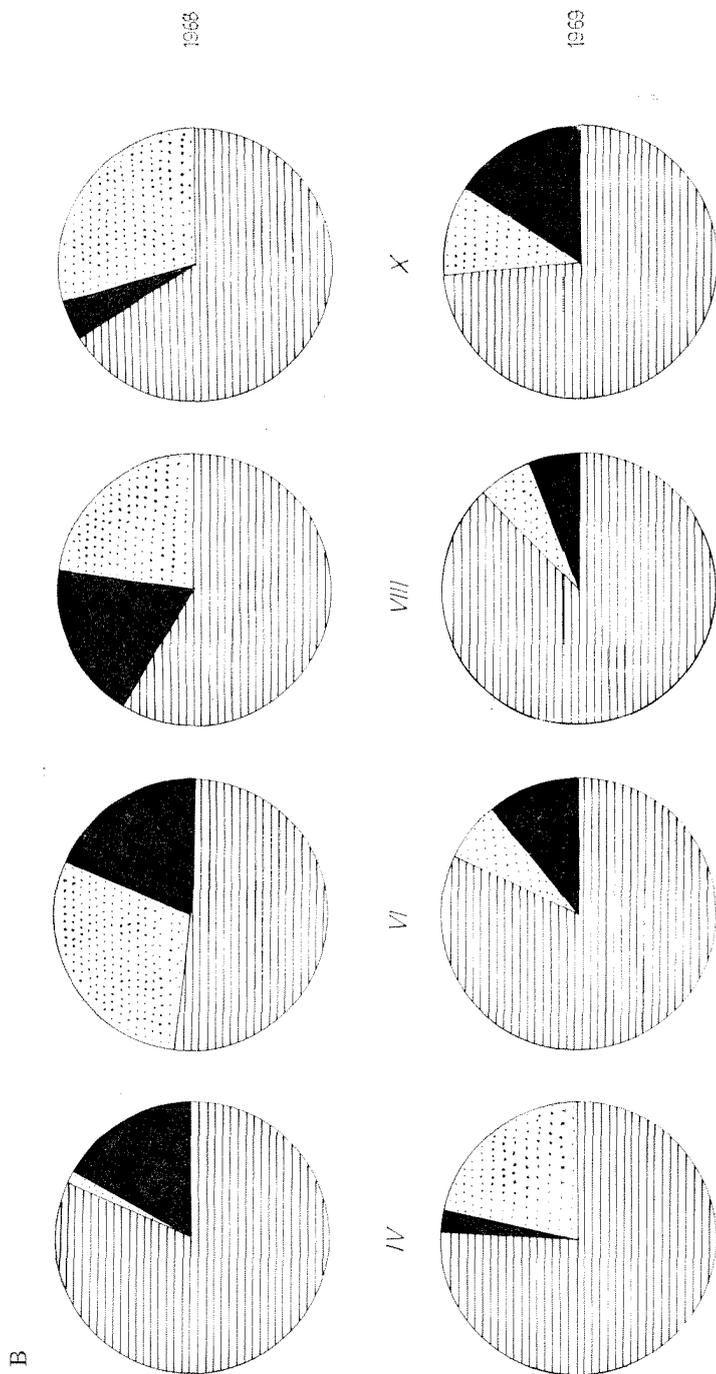


Abb. 12. — Beteiligung der Hauptgruppe des Zooplanktons im Bled-See im Gesamtgewicht (A) und in der Gesamtanzahl (B).
 Učesće glavnih grupa zooplanktona Bledvačkog jezera u ukupnoj brojnosti (B) i težini (A).

Rotatoria sind im Verlauf des ganzen Jahres bedeutend zahlreicher als die anderen Organismen, besonders im Frühlings, in dem das Maximum ihrer Entwicklung eintritt (Abb. 10). Daher wird von ihnen die zahlenmässige Jahresveränderung des gesamten Zooplanktons bestimmt. Im Verlauf des Sommers jedoch wird die Beteiligung planktonischer Krebse vergrössert, wobei Copepoda, besonders Nauplius-Stadium von *Cyclops vicinus* die Vertreter der Cladocera, die Arten *Daphnia longispina* oder *Bosmina longirostris*, ersetzt (Abb. 11).

In der Biomasse des Zooplanktons überwiegen jedoch die Krebse, vorwiegend Cladocera, beziehungsweise *Daphnia longispina*. Die

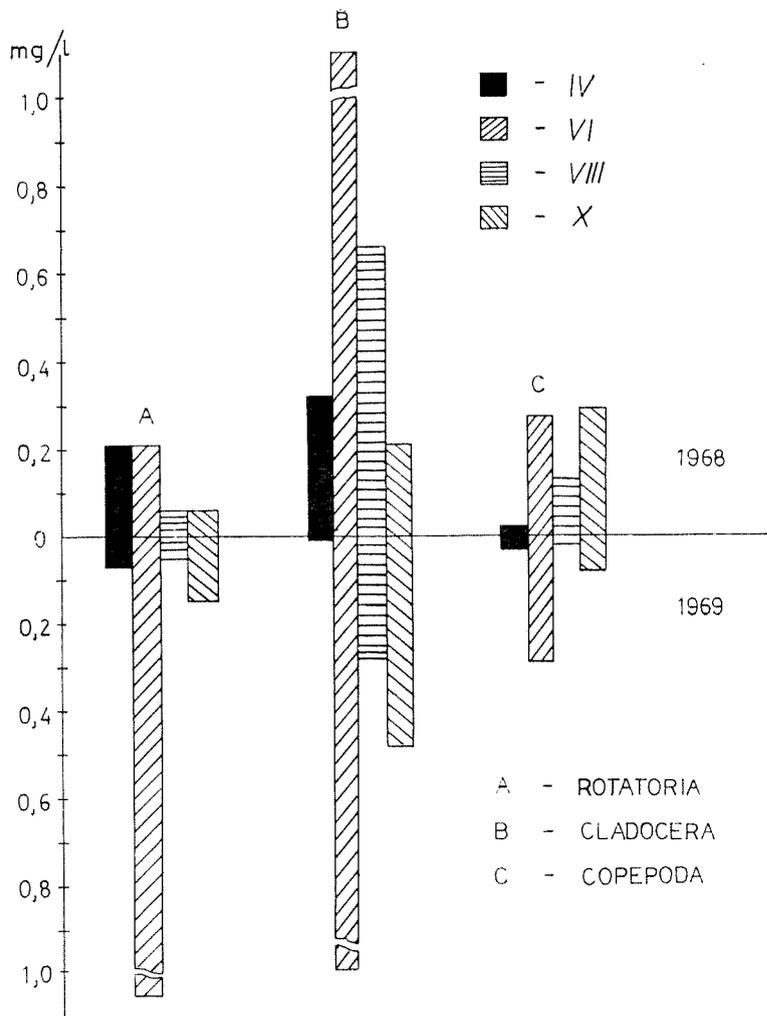


Abb. 13. — Gewichtsveränderungen des Zooplanktons im Badačac-See im Verlauf der Jahre 1968 und 1969.

Promene u težini zooplanktona Badačaćkog jezera tokom 1968. i 1969. godine.

Beteiligung den Rotatorien ist von grösserer Bedeutung nur zur Zeit des zahlenmässigen Maximum, in dem sie sich, in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Arten, dominieren können (Abb. 12). Hieraus geht hervor, dass sich die saisonalen Änderungen der Biomasse

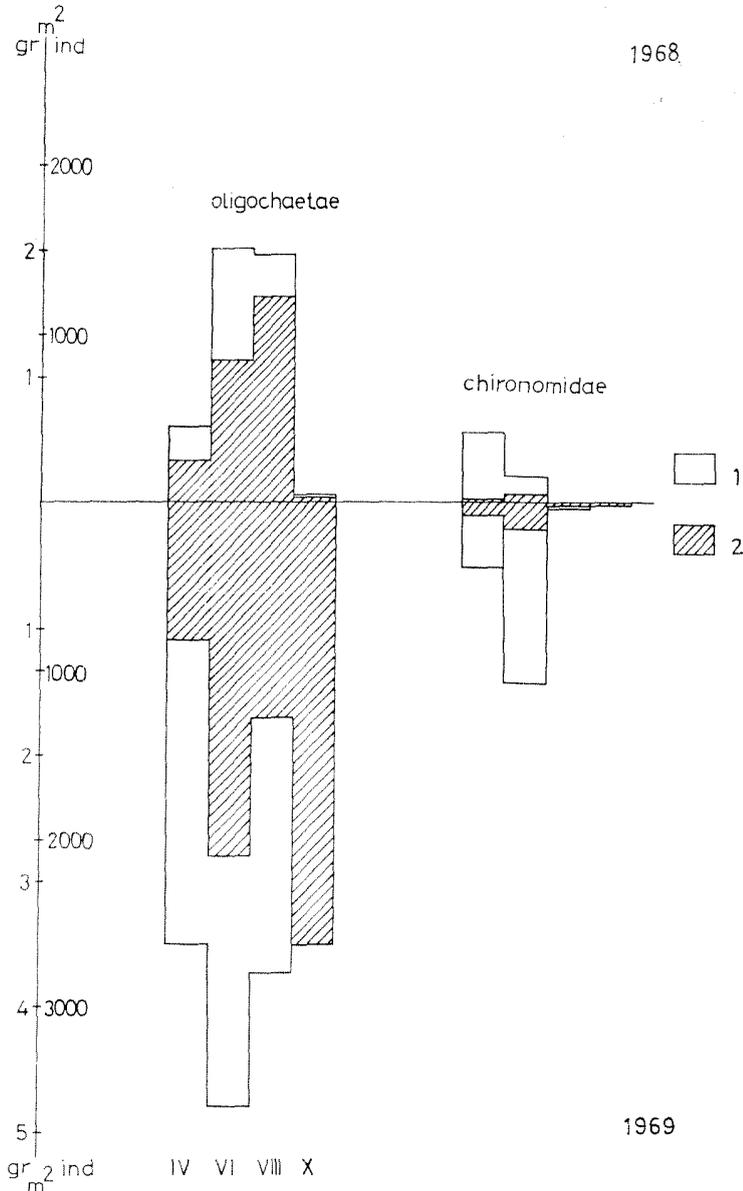


Abb. 14. — Gewicht (1) und Anzahl (2) der Bodenfauna im Badesvác-See während der Jahre 1968 und 1969.

Težina (1) i brojnost (2) faune dna Badesvácškog jezera u 1968. i 1969. godini.

mit den saisonalen Gewichtsänderungen von *Cladocera* decken, wobei sie ihren maximalen Wert zu Beginn des Sommers erreichen (Abb. 13).

Die Bodensiedlungen zeichnet sich durch äusserste Monotonie aus. Von zehn den Fluss Gračanka besiedelnden Gruppen treten im See nur zwei: Oligochaeta und Chironomidae; sie sind jedoch auch durch andere Formne ersetzt. Anstelle rheophiler Arten, werden im See stagnophile, in der Hauptsache pelophile Charakter angetroffen, nebst seltener Erscheinung psammo- und phytophiler Arten.

Die Chironomidenlarven besitzen die verschiedenartigste Zusammensetzung, obwohl auch sie nur mit neun Arten vertreten sind. Die wichtigste durch das ganze Jahr vorkommende Art ist *Chironomus f. l. plumosus*. Die maximale Produktion erreicht sie zu Beginn des Sommers, zu welcher Zeit sie, zusammen mit *Polypedilum gr. nubiculosum*, der Chironomidenfauna den Hauptstempel aufprägt, besonders in seichteren Regionen des Sees.

Für die Produktion der Bodenfauna jedoch sind Oligochaeta von grösster Bedeutung dank der dichten Population von *Limnodrilus hoffmeisteri*. Sie dominieren beinahe ständig, sowohl in bezug auf ihre Anzahl, als auch im Gewicht aller Bodenorganismen mit der Beteiligung von 55—100% (Abb. 14). Die führende Stelle jedoch wird von ihnen den Chironomiden nur am seichtesten Profil zu Beginn des Sommers abgetreten, wann eine dichte Population der reifen Chironomidenlarven vorkommt.

Nach der Klassifikation Jofes urteilend, eine Jahresproduktion von 38 und 47 kg/ha reicht den Badevac-See in mittlere Produktions-Stauseen ein. Die seichteren Regionen des Sees sind bedeutenden reicher an der Bodenfauna; die durchschnittliche Monatsbiomasse der Bodenfauna vor des Schwermens den Chironomiden beträgt 86—118 kg/ha, im Gegensatz zum tiefsten Profil, wo in derselben Periode 20—62 kg/ha angetroffen wurde.

ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund zweijährigen Erforschungen des Sees kann geschlossen werden, dass sich dieser noch immer in der Entwicklungsprozess befindet. Im Hinblick auf das physikalisch-chemische Wasserregime erweist dieser alle Vorzüge eines stehenden Natur-Wasserbeckens, mit charakteristischen saisonalen und vertikalen Temperatur- und gelösten Gasverteilungen.

Die planktonische Gemeinschaft ist jedoch noch nicht ganz formiert, auf was die beachtungswerte Bedeutung einiger helleoplanktonischer Arten und die auffallende Beteiligung der Rotatorien in der Gesamtzahl und beinahe gleich mit den Krebsen im Gesamtgewicht, hinweist. In Gegensatz hierzu, kam es in der Zusammensetzung der Bodenfauna, bei Anwesenheit stagnophiler Formen von vorwiegend pelophilen Charakter und Abwesenheit litoraler Fauna, zur Stabilisierung.

In Hinsicht auf die Produktion, nach der klinograden vertikalen Verteilung des O₂ und der dominanten Stelle faunistischer Elemente

der eutrophen Gewässer urteilend, gehört der Stausee Badevac zum eutrophen Gewässertyp. Hierzu tragen auch die quantitative Angaben über den Zooplankton und die Bodenfauna bei, obwohl auch diese keine hohen Trophiegrad aufweisen. Im Gegensatz hierzu ist die Pflanzenkomponente sehr schwach entwickelt und durch die Abwesenheit von Cyanophyceen charakterisiert, was jedenfalls eine dauernde durch den Zufluss kleiner Mengen Nährsalz aus dem Einflussgebiet bedingte Erscheinung darstellt.

LITERATURA

- Janković, M. (1962—1964): Proučavanje fitoplanktona Grošničke akumulacije. — Gl. Inst. i Bot. bašte Beogr. Univ., II, 1—4: 141—174.
- Janković, M. (1966): Proučavanje naselja dna baražnog jezera kod Grošnice. — Arh. biol. nauka, 18, 3—4: 313—324.
- Janković, M. (1966): Dinamika brojnosti zooplanktona baražnog jezera kod Grošnice. — Ekologija, 1, 1—2: 77—107.
- Janković, M. (1967): Horizontalni i vertikalni raspored faune dna u Grošničkoj akumulaciji. — Arh. biol. nauka, 19, 1—2: 53—66.
- Janković, M. (1968): Hemijski sastav Batlavskog jezera u prvoj godini po formiranju. — Ekologija, 3, 1—2: 59—76.
- Janković, M. (1972): Die Entwicklung der Bodenfauna in den Gebirgsstaubecken. — Verh. Intern. Verein. Limnologie, 18: 813—817.
- Janković, M. (1973): Proces naseljavanja i formiranja biocenoza fitoplanktona u Batlavskoj akumulaciji. — Ekologija, 8, 1: 33—44.
- Janković, M. (1974): Entwicklung des Zooplanktons im Batlava, eines Stausees von Gebirgstypus. — Verh. Intern. Verein. Limnologie, 19: 1921—1927.
- Janković, M. (1975): Formiranje baražnog jezera na reci Batlavi kao novog limnčkog ekosistema. — Gl. Inst. i Bot. bašte Beogr. Univerz., X, 1—4: 77—137.
- Janković, M. (1977): Proces formiranja biocenoza u Batlavskom jezeru. — Ekologija, 12, 2: 89—100.
- Milovanović, D. (1971): Some aspects of the annual development cycle of phytoplankton in the Brestovačka reka reservoir. — Arh. biol. nauka, 23, 1—2: 39—54.
- Milovanović, D. (1973): Fitoplankton Vlasinskog jezera u periodu 1949—1964. — Arh. biol. nauka, 25, 3—4: 177—195.

Re z i m e

MIRJANA JANKOVIĆ

LIMNOLOGIJA BADEVAČKE AKUMULACIJE

Na osnovu dvogodišnjih proučavanja Badevačkog jezera može se zaključiti da je ono još uvek u procesu formiranja. U pogledu fizičko-hemijskog režima vode ovo jezero pokazuje odlike jednog prirodnog stajaćeg bazena sa karakterističnim sezonskim i vertikalnim rasporedom temperature i rastvorenih gasova. Međutim, planktonska zajednica još nije sasvim formirana, na šta ukazuje zapaženi značaj nekih heleoplanktonskih vrsta i upadljivo učešće Rotatoria u ukupnoj brojnosti, a podjednako sa račićima u ukupnoj težini zooplanktona.

Suprotno tome, u sastavu faune dna došlo je do stabilizacije, uz prisustvo stagnofilnih formi, pretežno pelofilnog karaktera, i odsustva litoralne faune.

U produkcionom pogledu Badevačka akumulacija pripada eutrofnom tipu voda sudeći po klinogradnom vertikalnom rasporedu kiseonika i dominantnim položajem faunističkih elemenata eutrofnih voda. U prilog tome idu i kvantitativni podaci o zooplanktonu i fauni dna mada i oni ne pokazuju visok stupanj trofije. Spurotno tome, biljna komponenta je veoma slabo razvijena i bez prisustva modrozelenih algi, što je svakako trajna pojava prouzrokovana prilivom malih količina hranljivih soli sa slivnog područja.