

ZASTOSOWANIE TESTÓW GLONOWYCH DO OCENY ŻYZNOŚCI I ZANIECZYSZCZENIA WÓD DORZECZA GÓRNEGO BIEGU WISŁY

Application of algal tests to evaluate of trophic level and pollution of waters from upper course of Vistula River catchment area

Teresa BEDNARZ, Halina BUCKA

Summary. The algal growth tests, in which different species of algae are cultivated in natural water permit to evaluate the potential water trophism and to show the presence of harmful pollutions in the water. In laboratory experiments this method was used to determine: the general trophic level of waters of the tributaries of upper course of Vistula River, the influence of hydrotechnical building on trophic level of waters and the effect of sewage (municipal and industrial) on water quality of rivers below of the sewage influent.

Key words: algae, algal growth test, water trophy, pollution

Dr Teresa Bednarz, prof. dr hab. Halina Bucka, Zakład Biologii Wód im. Karola Starmacha, Polska Akademia Nauk, ul. Sławkowska, 17 31-016 Kraków

Metoda testów glonowych pozwala na uchwycenie wypadkowego oddziaływania wszystkich zanieczyszczeń obecnych w wodzie. Badania biotestowe prowadzi się przeważnie w stałych warunkach laboratoryjnych, dzięki czemu można uniknąć wpływu innych zmiennych czynników (jak np. temperatura, natlenienie, ruch i nasłonecznienie wody), które w naturalnym środowisku nakładają się na działanie zanieczyszczeń.

Organizmy używane do testów są najczęściej dokładniej poznane pod względem wymogów środowiskowych i hodowlanych. Charakterystyka hodowlana często dotyczy ustalonych linii genetycznych organizmów, tzw. szczepów. Umożliwia to prowadzenie ocen porównawczych różnych rodzajów wód [14]. W czasie biotestu organizmy testowe po raz pierwszy spotykają się z zanieczyszczeniami, stąd też ich reakcje są wyraźniejsze niż organizmów zasiedlających zanieczyszczone zbiorniki wodne.

Hodowle glonów poza oceną stopnia toksyczności zanieczyszczeń [4], mają zastosowanie także w określaniu zasobności pokarmowej wód [14, 16, 22, 2]. Stosowanie testów glonowych w badaniach jednego akwenu przez dłuższy czas pozwala na uchwycenie nawet małych zmian trofii lub toksycznych zanieczyszczeń wody, które jeszcze nie zaznaczają się w dynamice rozwoju lokalnych zespołów organizmów wodnych.

W biotestach glonowych można stosować także organizmy wyizolowane bezpośrednio z ocenianych środowisk. Pozwala to na określenie, którym zmianom w składzie chemicznym wód należy przypisać decydujący wpływ na zwiększenie lub zmniejszenie populacji badanego gatunku.

W Polsce po raz pierwszy badania biotestowe wód z udziałem glonów przeprowadzono wg metody Lund i in. [13] w Zakładzie Biologii Wód PAN, w latach 1969–1974, w celu porów-

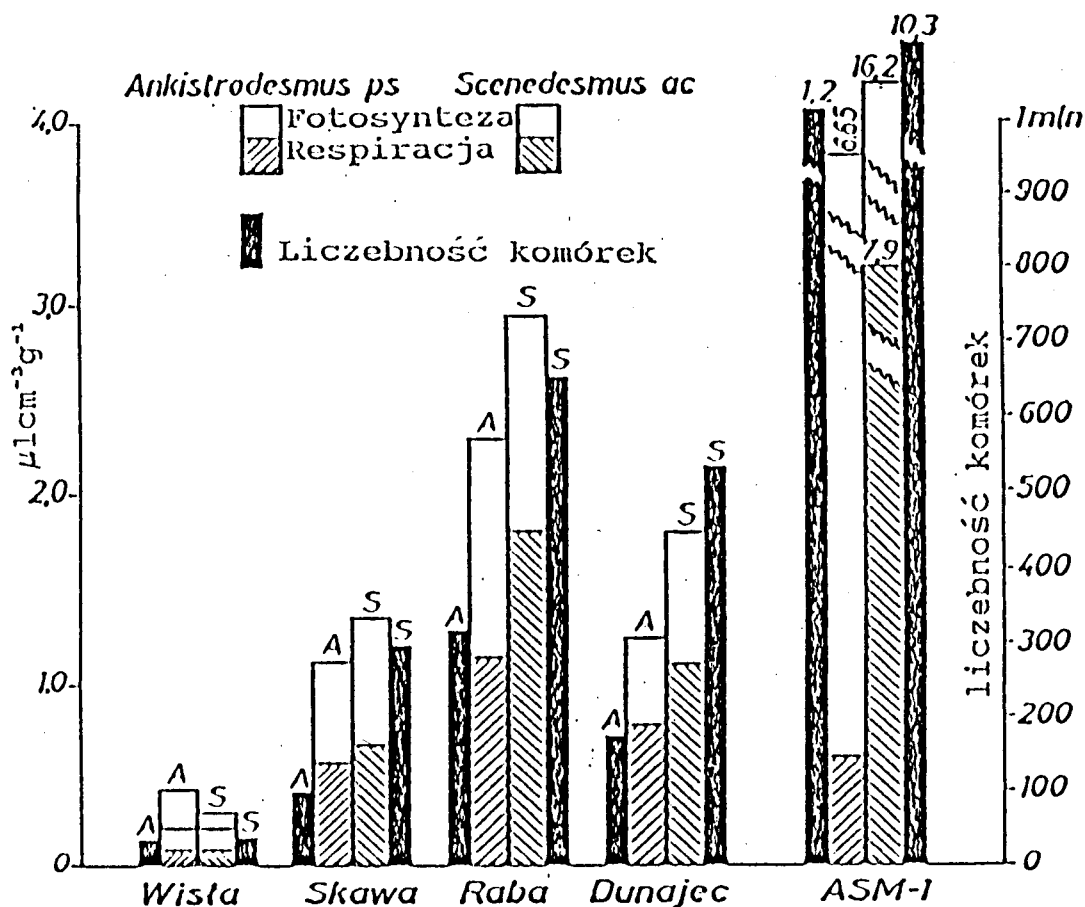
niania żyzności rzek karpackich [9, 10], przy równoczesnym weryfikowaniu uzyskanych wyników laboratoryjnych z obserwacjami naturalnych populacji, podobnie jak to zrobił Skulberg [17]. Do eksperymentów biotestowych używano różnych gatunków glonów, wcześniej wyizolowanych z badanych środowisk wodnych, w których występowały licznie. Stosowano także inne gatunki (co w wykazie zamieszczonym poniżej zaznaczono*), sprowadzone z obcej kolekcji (J. W.G. Lund Windermere Laboratory, Lake District, Anglia). Spośród sinic stosowano: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria bourellyi**, *Phormidium favosum*; z okrzemek: *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzschia palea*, *N. capitellata*, *N. gracilis*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria capucina*, *Diatoma elongatum*; z zielenic: *Ankistrodesmus pseudomirabilis*, *Selenastrum capricornutum**, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus acutus*, *Volvox aureus*. Wymienione glony testowe były prowadzone w nieaksenicznych kulturach klonicznych.

Porównując żyzność rzek: Wisły i jej dopływów Skawy, Raby i Dunajca (o podobnym wówczas składzie chemicznym wody) wykazano największą potencjalną produktywność rzeki Raby (o najbardziej ustabilizowanym tempie przepływu i najwyższej twardości wody), co najwyraźniej zaznaczyło się obfitym wzrostem zielenicy *Scenedesmus acutus* [9] (Tab. I, Ryc. 1).

W związku ze wzrastającą eutrofizacją wód powierzchniowych, w zbiorowiskach glonowych rzek, zwłaszcza w ich dolnym biegu, powszechnie obserwuje się zmianę dominacji okrzemek na rzecz zielenic, głównie z rzędu *Chlorococcales* [11]. W przeciwieństwie do wielu okrzemek, bardziej czułych na zanieczyszczenia, np. gatunki z rodzaju *Cyclotella*, czy niektóre gatunki rodzaju *Nitzschia*, chlorokokkowe zielenice łatwo adaptują się do zmian środowiska. Dlatego też przy biologicznej charakterystyce rzek na podstawie rozwijających się w nich zbiorowisk glonów, a szczególnie przy ocenie stopnia ich zanieczyszczenia, nie należy brać pod uwagę samych zielenic chlorokokkowych [18]. Tym niemniej, występowanie w du-

żych liczebnościach glonów chlorokokkowych, szybko regenerujących się (np. po powodzi) dzięki ich krótkim cyklom rozwojowym, jest dobrym wskaźnikiem produktywności wody [20]. Wiadomo, że dawniej w rzekach karpackich fosforany występowały w ilościach śladowych i były czynnikiem ograniczającym liczniejszy rozwój glonów. Obecnie, podobnie jak w latach 1969–1974, fosforany zawsze występują w nadmiarze, do czego przyczynia się, przy braku oczyszczalni ścieków, rozwój miast i przemysłu. To z kolei, przy zwiększonym dopływie związków azotowych z terenów rolniczych, sprzyja rozwojowi glonów, zwłaszcza zielenic. Ze wspomnianych względów, w kolejnych badaniach, w celu wykazania wpływu niektórych miast Polski południowej na jakość wody rzek: Dunajec, Raba i Wisłoka, przeprowadzono testy z zielenicą *Dictyosphaerium pulchellum* i okrzemką *Nitzschia gracilis* [11]. W wodzie ze stanowisk usytuowanych na rzekach poniżej miast: Rabka, Tarnów i Dębica, najlepiej rozwijało się *Dictyosphaerium pulchellum*, co wskazywało wyraźnie na użyźniający wpływ ścieków miejskich. Ścieki miejskie stanowią największe zagrożenie dla rzek i to zarówno przy niskich, jak i przy wysokich stanach wód. Górnym partiom rzek karpackich także zagrażają ścieki przemysłowe. Przede wszystkim należy wymienić tu miasto Tarnów, z jego Zakładami Azotowymi, które wnosząc do Dunajca pokaźne ilości azotu mineralnego powodują wyraźną eutrofizację jego wód [21].

Testy glonowe prowadzone na *Dictyosphaerium pulchellum*, *Cyclotella meneghiniana* i *Oscillatoria bourellyi* okazały się również bardzo pomocne w określeniu roli, jaką pełnią zbiorniki zaporowe w procesie eutrofizowania rzek [12]. Dla porównania, przeprowadzono badania testowe z udziałem 4 zbiorników zaporowych, usytuowanych na rzekach: Wiśle w Goczałkowicach, Sole w Tresnej, Dunajcu w Rożnowie i Sanie w Solinie. Spośród badanych zbiorników, trzy pierwsze wykazywały większy stopień eutrofizacji wód niż zbiornik w Solinie, przy czym największą żyznością charakteryzował się zbiornik w Goczałkowicach. Z reguły wody rzek poniżej zbiorników zaporowych wykazy-



Ryc. 1. Porównanie testów glonowych (15.06.1971).

Fig. 1. Comparison of algal test (15.06.1971).

wały spadek żywności wód, przy czym w Wiśle poniżej zbiornika w Goczałkowicach spadek ten był najmniejszy. Na przykładzie zbiornika Rożnowskiego wykazano, że w zależności od zastosowanego biotestowego gatunku glonu można uzyskać różne informacje o badanym środowisku. I tak np. zielenica *Dictyosphaerium pulchellum* rozwijała się obficie w wodzie Dunajca powyżej zbiornika w Rożnowie, w porównaniu z rzeką poniżej zapory. Natomiast okrzemka *Cyclotella meneghiniana* wykazywała odwrotne stosunki ilościowe, rozwijając się lepiej w wodzie pobranej z Dunajca poniżej zbiornika.

Na podstawie mikroskopowych analiz prób wody pobranych z Dunajca poniżej zbiornika Rożnowskiego stwierdzono także zmniejszoną

liczebność zielenic, zwłaszcza chlorokokkowatych, a obfity rozwój okrzemek charakterystycznych dla górskich niezanieczyszczonych rzek. Fakt ten potwierdził zgodność wyników uzyskanych w oparciu o laboratoryjne testy glonowe i równolegle prowadzone badania terenowe [12].

Porównując rozwój trzech testowych gatunków glonów w wodach z różnych rzek karpacczych wykazano, że najłabszy wzrost sinicy *Oscillatoria bourellyi* wystąpił w przypadku wody pobranej z Sanu poniżej zbiornika w Solinie, a najlepszy w wodzie z Wisły poniżej zbiornika w Goczałkowicach. Z przeprowadzonego porównania wynika, że zbiorniki o długim czasie retencji wody (np. zbiorniki w Solinie i Rożno-

Tabela 1. Porównanie różnych czynników produktywności wody z zastosowaniem testów glonowych
 Table 1. Comparison of different water productivity factors with the use of algal tests.

Biotest czynniki Rzeki	<i>Ankistrodesmus</i>				<i>Scenedesmus</i>			
	Spadek N w mg dm ⁻³	Produkcja pierwotna O ₂ mg dm ⁻³ g ⁻¹	Chlorofil mg dm ⁻³	Sucha masa glonów w 40°C mg dm ⁻³	Spadek N w mg dm ⁻³	Produkcja pierwotna O ₂ mg dm ⁻³ g ⁻¹	Chlorofil mg dm ⁻³	Sucha masa glonów w mg dm ⁻³
Wisła	0.616	0.04	0.20	13.7	0.767	0.12	0.15	30.0
Skawa	0.989	0.10	0.24	14.2	1.462	0.18	0.15	60.0
Raba	1.159	0.18	0.25	24.8	1.444	0.28	0.30	60.0
Dunajec	1.407	0.08	0.23	15.2	1.702	0.24	0.20	56.0
ASM-I*	7.596	4.68	6.80	157.9	6.569	3.79	0.95	364.0

* Mineralna pożywka hodowlana, jako kontrola – mineral medium, as a control.

wie) wpływają na znaczną redukcję żywności wód rzek poniżej zbiorników. Zależy to także od typu zbiornika, otaczającej go zlewni oraz aktualnych warunków meteorologicznych. W zlewni głębokiego zbiornika w Solinie przeważają lasy, które wpływają na zmniejszenie żywności doprowadzanych wód, w przeciwieństwie do płytkiego zbiornika w Goczałkowicach, ze zlewnią rolniczo-przemysłową. Zatem płytkie zbiorniki typu stawowego, jak zbiornik Goczałkowicki, wywierają niekorzystny wpływ na rzekę, gdyż przyczyniają się do zwiększenia zawartości materii organicznej w wodzie poniżej zapory. Odwrotna sytuacja zaznacza się w przypadku głębszych zbiorników, jak np. zbiornik Rożnowski typu rynnowego [12].

Biotesty przy zastosowaniu zielenicy *Chlorella pyrenoidosa* Chick. szczep nr. 366 [6] przeprowadzono w latach 1977–1994. Badaniami objęto: rzekę Nidę o rolniczym sposobie użytkowania zlewni; śródlęśne potoki zlewni rzeki Drwinki (dopływ Wisły) zbierające wody z Puszczy Niepołomickiej, pozostającej pod wpływem atmosferycznych imisji przemysłowych z aglomeracji krakowskiej; zlewnię rzeki Brynicy i samą Brynicę, pozostające pod wpływem powietrznych imisji przemysłowych

z Górnego Śląska; Wisłę, pomiędzy miejscowościami: Okleśna (33 km biegu rzeki) – Jeziorzany (58 km), na którym to odcinku rzeka nie przyjmuje żadnych ścieków, oraz bezpośrednio zlewnię zbiornika wody pitnej dla miasta Krakowa, zlokalizowanego na rzece Rabie w Dobczycach.

W przypadku Nidy, przeprowadzone badania wykazały ciągły, choć powolny wzrost trofii wód wzdłuż biegu rzeki oraz bardzo wyraźny wzrost zasobności pokarmowej wód na stanowisku poniżej miasta Pinczowa, gdzie zaznaczył się wpływ ścieków miejskich doprowadzanych do Nidy. Kilkuletnie badania Nidy wykazały także wzrastającą z roku na rok żywność wód, zwłaszcza w dolnym jej biegu (Bednarz, dane niepublikowane). Dodatkowo stwierdzono, że na krótkim odcinku Nidy, w okolicy Chrobrza, sploty powierzchniowe pochodzące z intensywnie nawożonej łąki przybrzeżnej powodowały przejściowy, niewielki wzrost trofii wód w rzece. Równocześnie w osadach dennych na tym odcinku rzeki obficie rozwijały się bakterie. Poza bakteriami, nie udało się uchwycić wpływu nawożenia łąki na zespoły organizmów wodnych w żadnym z równoległych badanych ogniw ekosystemu Nidy [19].

Potoki śródlęśne Puszczy Niepołomickiej charakteryzowały się niską żywnością i obfitowały w jony siarczanowe. Nadmiar siarczanów, pochodzących z emisji przemysłowych, niekiedy nawet wpływał ograniczająco na wzrost testowego gatunku *Chlorella pyrenoidosa* [8]. Wody centralnej części kompleksu leśnego Puszczy odznaczały się także najniższą zasobnością pokarmową [7], która przede wszystkim uwarunkowana była fizjologicznym niedoborem żelaza na skutek występowania tego pierwiastka w formie nieprzyswajalnej dla glonu [8]. Prawdopodobnie, przy nadmiarze związków siarki, następowało wiązanie żelaza w trwałe kompleksy z kwasami humusowymi (S. Wróbel, informacja ustna), obficie występującymi w wodach tej części Puszczy.

W wyniku badań zlewni rzeki Brynicy wykazano, że jej wody były dość żyzne. Uzyskiwane w teście wzrostowym plony *Chlorella pyrenoidosa* świadczyły o wyraźnym zróżnicowaniu żywności wód w zlewni Brynicy. W samej rzece, w miarę jej biegu, podobnie jak w przypadku rzeki Nidy, obserwowano niewielki wzrost trofii. Natomiast w zbiorniku zaporowym usytuowanym na Brynicy w Kozłowej Górze występował niewielki spadek żywności wód, w porównaniu z rzeką powyżej zbiornika [3].

Kolejne biotesty glonowe prowadzone na wodach rzeki Wisły [5] wykazały wysoką trofię i dodatkowo duże obciążenie wód materią organiczną, której obecność maskowała ewentualne szkodliwe działanie zanieczyszczeń innego typu. Żywność wód Wisły była znacznie większa niż wód w zlewniach Brynicy, Nidy i Drwinki. Wzdłuż biegu rzeki Wisły, przeciwnie niż w przypadku Brynicy i Nidy, stwierdzono spadek zasobności pokarmowej wód, związany z procesami samooczyszczania. Zbiornik zaporowy (stopień wodny) w Łęczanach powodował zahamowanie procesu samooczyszczania rzeki i bezpośrednio poniżej zapory występował wyraźny wzrost trofii wód. Wykazano także, iż w pobliżu Jeziorzan (58 km biegu Wisły) mógł mieć miejsce niezarejestrowany zrzut ścieków, co zaznaczyło się w pewnym dodatkowym wzroście zasobności pokarmowej wód na tym odcinku Wisły [5].

Wody bezpośredniej zlewni zbiornika Do-

bczyckiego oceniane w latach 1992–1994 charakteryzowały się umiarkowaną trofią. Rzeka Raba, zasilająca w 88,6% zbiornik Dobczycki [15] wnosi znacznie żywniejsze wody niż inne potoki jego bezpośredniej zlewni. Mimo to, wody zbiornika wykazywały niższą trofię niż wody dopływające do niego (Bednarz, w druku).

W wyniku przeprowadzonych biotestowych badań przy zastosowaniu różnych gatunków glonów stwierdzono, że oceniane rzeki niosły wody umiarkowanie żyzne lub żyzne, a ewentualne szkodliwe zanieczyszczenia tylko w niewielkim stopniu działały ograniczająco na rozwój organizmów hodowanych na tych wodach w warunkach laboratoryjnych. Przy niskim stanie wód szkodliwość zanieczyszczeń wzrastała, co związane było w tych przypadkach ze wzrostem koncentracji zanieczyszczeń w wodzie.

W miarę postępującej degradacji i obecności różnego typu zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych, obciążonych nie tylko ściekami rolniczymi i przemysłowymi, ale także różnymi związkami chemicznymi dostającymi się do wód wprost z atmosfery, zachodzi pytanie – jaka jest ranga testów glonowych, mających za zadanie odzwierciedlić stan jakości wód? Z przeglądu aktualnej literatury światowej podanej na przykład przez Abdel-Hamid, Shaaban-Dessouki [1] można sądzić, że stosowanie testów glonowych jest nadal przydatne nie tylko w aspekcie ekotoksykologicznym, ale także w badaniach stanu troficznego wód.

LITERATURA

- [1] ABDEL-HAMID M. I., SHAABAN-DESSOUKI S. A. 1992. Water quality of the River Nile in Egypt. II. Water fertility and toxicity evaluated by an algal growth potential test. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* **90** (Monographische Beiträge): 311–337.
- [2] BEDNARZ T. 1984. Oznaczanie potencjału troficznego wód metodą testów glonowych. *Wiad. Bot.*, **28**: 201–210.
- [3] BEDNARZ T. 1985/86. Estimation of the quality of some surface waters from Upper Silesia using the algal growth test. *Acta Hydrobiol.*, **27**: 321–338.
- [4] BEDNARZ T. 1986. Biotestowa ocena zanieczyszczeń. W: A. Hillbrich-Ilkowska red. *Monitoring ekosystemów jeziornych*. Ossolineum PAN, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk, Łódź, ss. 83–91.
- [5] BEDNARZ T. 1988 A regulated river ecosystem in a

- polluted section of the Upper Vistula. 3. Bioassay of water trophy. *Acta Hydrobiol.* **30**: 23–28.
- [6] BEDNARZ T., NOWAK M. 1971. Katalog szczepów glonów Instytutu Zootechniki. Wyd. własne Inst. Zootech. **259**: Kraków, ss. 46.
- [7] BEDNARZ T., TRELA K., ZYGMUNT J. 1984. 6.5. Hydrobiologic characteristic of selected streams. W: W. GRODZIŃSKI, J. WEINER, R. F. MAYCOCK (red.), *Forest ecosystem in industrial region. Ecol. Studies* **49**: Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, N. York, Tokyo, 176–182.
- [8] BEDNARZ T., TRELA K., ZYGMUNTOWA J. 1987. Development of microorganisms on the back-ground of organic matter in forest ecosystem waters. *Ecol. pol.* **35** (21): 247–270.
- [9] BOMBÓWNA M., BUCKA H. 1972. Bioassay and chemical composition of some Carpathian rivers. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **18**: 735–741.
- [10] BOMBÓWNA M., BUCKA H. 1985. Biotesty w ocenie rzek karpackich. *Wszechświat*, **86**: 151–154.
- [11] BOMBÓWNA M., BUCKA H., HUK W. 1978. Wpływ miast Polski Południowej na zasobność wody rzek karpackich w składniki pokarmowe – The influence of towns in Southern Poland on the nutrient content in waters of the Carpathian rivers. *Acta Hydrobiol.* **20**: 245–261.
- [12] BOMBÓWNA M., BUCKA H., HUK W. 1978. Impoundments and their influence on the rivers studied by bioassay. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **20**: 1629–1633.
- [13] LUND J. W. G., JAWORSKI G. H. M., BUCKA H. 1971. Technika testu biologicznego dla wód słodkich, ze szczególnym odniesieniem do ekologii glonów – A technique for bioassay of freshwater, with special reference to algal ecology. *Acta Hydrobiol.* **13**: 235–249.
- [14] MARWAN P., PŘIBIL S., LHOTSKÝ O. (red.), 1979. Algal assay and monitoring eutrophication. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, ss. 253.
- [15] MAZURKIEWICZ G. 1988. Environmental characteristic of effluents of the Dobczyce Reservoir (Southern Poland) in the preimpoundment period (1983–1985). 1. Some physico-chemical indices. *Acta Hydrobiol.* **30**: 287–296.
- [16] SLADČEK V. 1979. Biologické hodnocení trofié a eutrofizace. Sborník referátů V Limnol. Konf. Ustí n. Labem ČSLŠ pri ČSAV, Dům techniky ČSVTS Pardubice, 75–80.
- [17] SKULBERG O. M. 1975. Observations and monitoring of water quality by use of experimental biological methods. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **19**: 2053–2063.
- [18] STARMACH K., WRÓBEL S., PASTERNAK K. 1976. Hydrobiologia – Limnologia. PWN, Warszawa, ss. 621.
- [19] STARZECKA A., BEDNARZ T., BOMBÓWNA M., DUMNICKA E., GRABACKA E., KAWECKA B. 1988. The development of bacteria on the background of other components of the biocenosis of the River Nida (southern Poland) remaining under the influence of surface runoff from an intensively fertilized meadow. *Arch. Hydrobiol.* **113**: 251–271.
- [20] WRÓBEL S. 1972. Some remarks to the production of basic communities in ponds with inorganic fertilization. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **18**: 221–227.
- [21] WRÓBEL S., BOMBÓWNA M., BUCKA H., LEWKOWICZ S. 1979. Elimination of nitrogen compounds from discharged waters of chemical industry and possibilities of their utilization (Eliminacja związków azotowych z wód odpadowych przemysłu chemicznego i możliwości ich wykorzystania). *Arch. Ochrony Środowiska*, **1**: 25–35.
- [22] ŽAKOVA Z. 1980. Trofický potenciál a jeho aplikace ve vodním hospodářství. Práce a studie, **154**: Vyzk. Ústav Vodohospodářský ve Statním zemědělském naklad. Praha, ss. 116.