

TERESA BEDNARZ

OZNACZANIE POTENCJAŁU TROFICZNEGO WÓD METODĄ TESTÓW GLONOWYCH

TROPHIC POTENTIAL OF WATER BY THE METHOD OF ALGAL TESTS

Wprowadzenie

Na rozwój wodnych organizmów wpływa szereg czynników, w tym ilość dostępnego pokarmu. Dopływ soli mineralnych, tak zwanych biogenów, ciągle wzrastających na skutek gospodarczej działalności człowieka, narusza przyrodzoną równowagę biologiczną i przyspiesza wzrost trofii środowiska wodnego. Przyspieszenie eutrofizacji powoduje zwiększenie produkcji pierwotnej, a to z kolei prowadzi do nagromadzenia się substancji organicznej w wodach. Nadmierne ilości materii organicznej, poza tym że są wtórnym źródłem zanieczyszczenia, same stanowią przeszkodę w użytkowaniu wody przez człowieka dla celów gospodarczych. Aby skutecznie przeciwdziałać eutrofizacji, należy przede wszystkim poznać stopień troficzności wody.

Eutrofizacji nie można uważać zawsze za przejaw negatywny. Z punktu widzenia gospodarki rybnej, duża żyzność wody jest czynnikiem korzystnym, gdyż prowadzi do zwiększenia produkcji rybackiej. W tym przypadku stwierdzony niski poziom troficzny wód jest zjawiskiem niepożądanym.

W określeniu żyzności wody dużą pomocą są dane uzyskiwane metodami biologicznymi. W ostatnich czasach, szersze zastosowanie znalazł sposób oznaczania trofii środowiska przy pomocy testów glonowych, jako tak zwanego troficznego potencjału wód.

Metoda ta weszła w skład rutynowych analiz wód prowadzonych w Stanach Zjednoczonych [22] oraz dla niektórych wód w Skandynawii [11]. W ramach ujednoczenia metod biologicznej analizy w krajach RWPG jest również zalecana do stosowania we wszystkich laboratoriach wodnych. Jednak na szerszą skalę używa się jej tylko w Czechosłowacji [31].

Potencjał troficzny wód

Potencjał troficzny wód wyraża się tą ilością biomasy glonów, jaką można wyprodukować z danej wody w optymalnych warunkach hodowlanych. Jest on uzależniony od zawartości soli pokarmowych, lecz nie tylko od samej ich koncentracji w wodzie. Składniki pokarmowe muszą być dostępne biologicznie, a także pozostawać w odpowiednim wzajemnym stosunku. Ilości soli pokarmowych niezbędne dla rozwoju różnych gatunków roślin są różne. Dla każdego gatunku istnieje pewna fizjologiczna granica stężeń. Dolna granica jest określana przez ilości potrzebne do przebiegu podstawowych fizjologicznych procesów danej rośliny, górną natomiast wyznacza szkodliwe działanie nadmiaru składników, a także ciśnienie osmotyczne komórek. Produkcja biomasy glonowej zależy od stężenia tego składnika pokarmowego, którego w środowisku jest proporcjonalnie do potrzeb rośliny najmniej. W większości wód powierzchniowych wzrost glonów bywa przede wszystkim ograniczony niedoborem fosforu, rzadziej azotu, a jeszcze rzadziej innymi składnikami.

Poza biogenami, na rozwój roślin wodnych mogą wpływać inne substancje, działające bądź jako stymulatory (substancje wzrostowe, witaminy), bądź jako inhibitory (substancje toksyczne, metale ciężkie). O potencjale troficznym wody decyduje dopiero wypadkowe oddziaływanie tych wszystkich składników.

Metody, którymi określa się potencjalną produktywność wody, jak już wspomniano, ukazują maksymalny rozwój glonów, jaki mógłby wystąpić w danej wodzie, przy optymalnych warunkach świetlnych, termicznych, mieszania i zawartości dwutlenku węgla. Nieco odmiennym podejściem do tego samego zagadnienia jest określenie produkcji glonów, którą można osiągnąć w danej wodzie w konkretnych warunkach laboratoryjnych (przeważnie są to warunki suboptymalne).

Stosowanie hodowli glonów do określenia trofii wody ma długoletnią tradycję. Zapoczątkował je w 1927 roku Schreiber [23]. Poniekąd kontynuacją tych badań było opracowanie biologicznej produktywności wód rzeki Moskwa, wykonane przez Franceva [13]. Nieco inny sposób określania produktywności wody użyźnianej dla potrzeb rybackich przedstawił Potash [21], a dla zbiorników zaporowych opisał Lund [16]. Bringmann i Kühn [4, 5] opracowali metodę nazwaną Biomassen-Algen Titer, do oznaczania stopnia eutrofizacji powierzchniowych wód, pozostających pod wpływem zanieczyszczeń.

Jedną z najlepiej opracowanych metod, opartych na tej samej zasadzie co Biomassen-Algen Titer, jest określanie wzrostowego potencjału wody przedstawione przez Skulberga [24]. Stosowano je do oznaczania zmian trofii wody występujących pod wpływem zanieczyszczeń w norweskich potokach, jeziorach i fiordach. Metoda Skulberga [24] posłużyła za podstawę przy opracowaniu zaleceń dla standardowych badań wód amerykańskich, zebranych w Provisional Algal Assay Procedures [22]. Niezależnie od wspomnianych badań, Oswald [19] podał podobną metodę określania wzrostowego potencjału glonów, wprowadzając nazwę AGP, skrót od terminu: Algal Growth Potential, do obserwowania eutrofizacyjnych tendencji występujących w wodach powierzchniowych. W badaniach troficznego potencjału wód nazwa AGP przyjęła się szeroko [10] i jest stosowana do dziś.

W Stanach Zjednoczonych, rozwijając Provisional Algal Assay Procedures [22, 20, 27] opracowano kilka modyfikacji metody, które można podzielić na dwie główne grupy: 1. bottle test, batch cultures — hodowle prowadzone bez wymiany środowiska hodowlanego, oraz 2. hodowle ciągłe.

Laboratoryjne hodowle typu bottle test, lub batch cultures, nawiązują do najstarszych sposobów prowadzenia kultur glonów. W testach, które mają na celu uzyskanie informacji o zasobach biologicznie dostępnych związków pokarmowych, prowadzenie takich hodowli jest niezbędne [12, 17].

Hodowle ciągłe natomiast umożliwiają szczegółowe studia reakcji glonów na dokładnie określone i dowolnie długo trwające zmiany w środowisku hodowlanym. Ten typ hodowli znajduje zastosowanie zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i terenowych. Stosuje się je także w kontroli prac oczyszczalni, do oczyszczania wód odpadowych, hodowlach masowych glonów itp. [17].

W ostatnich latach opracowano inne dalsze testy na określenie potencjalnej produktywności wody, np. metoda Claessona i Forsberga [7, 8]. Także niektóre sposoby oznaczania toksyczności środowiska, o ile testowym organizmem są glony, mogą one posłużyć do oznaczania troficznego potencjału wód [28, 6].

W obszernej literaturze światowej, dotyczącej oznaczania troficznego potencjału wód z udziałem glonów, swoje miejsce znaleźli również autorzy czechosłowaccy. W tym kraju określanie troficznego potencjału wody prowadzi się od roku 1968, zapoczątkowane przez prace Žakovej [29], potem Grau i Strandovej [14, 26], a także Matulovej [18]. Spośród szeregu prac, na uwagę zasługuje prosty sposób oznaczania AGP opracowany ostatnio przez Lukavskyego [15]. W odróżnieniu od innych autorów, jego mikrometoda polega na pomiarze wzrostu glonów hodowanych nie w środowisku płynnym, lecz na podłożach zestalonych agarem.

W naszym kraju określanie zasobności wód w składniki pokarmowe za pomocą hodowli glonów jest mało popularne. Badania zainicjowane przez Bombównę i Bucką w 1972 roku [2], Bombównę et al [3] i Czernasia [9] w 1978 roku są kontynuowane dopiero od niedawna [1].

Określanie troficznego potencjału wody — główne założenia metodyczne

Parametrem troficznego potencjału wód, oznaczonego za pomocą hodowli glonów, jest stężenie suchej masy glonów, wyrażone w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, osiągnęte przez kultury w fazie stacjonarnej wzrostu [31].

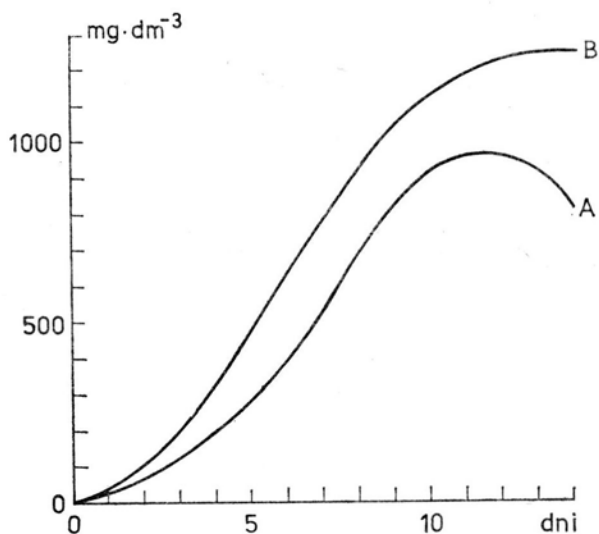
W celu oznaczenia troficznego potencjału wody (AGP), glony hoduje się w próbach wody zebranej w terenie. Hodowle należy rozpocząć po czasie składowania wody nie dłuższym niż 24 godziny. Do czasu rozpoczęcia hodowli, wodę przetrzymuje się w temperaturze ok. 4°C . Przed zaszczepieniem glonami, wody należy pozbawić biosestonu — najlepiej przez sączenie (filtry membranowe o średnicy por ok. $0,4\text{--}0,6\mu$, lub filtry szklane S_4), lub sedymentację.

Jako testowe stosuje się różne gatunki glonów. Najbardziej przydatne w tym celu są gatunki glonów pospolicie występujące w wodach powierzchniowych, mające

szeroki zakres wartości saprobowych. Gatunki te winny być dobrze poznane pod względem wymogów hodowlanych i charakterystyki wzrostowej. Kultury glonów używane do badań powinny w stałych warunkach termicznych, odżywczych i świetlnych dawać podobne plony suchej masy. Ze wspomnianych względów, w badaniach AGP wód najczęściej stosuje się szczepy glonów, o znanej charakterystyce hodowlanej, podając ich pochodzenie i symbol katalogowy. Wprawdzie niektórzy autorzy stosują „dzikie” populacje glonów jako testowe [2, 3], ale wtedy mogą prowadzić obserwacje porównywalne tylko w obrębie jednej serii doświadczalnej.

Wyjściowe kultury glonów, służące do oznaczania potencjału troficznego wód, powinny być utrzymywane w dobrych kondycyjnych warunkach, co wymaga stałego odnawiania kultur, przez przenoszenie pewnej ich części do świeżego roztworu hodowlanego. Jest to tak zwana prekultywacja. Roztworem hodowlanym dla glonów jest odpowiednia pożywka mineralna, sporządzona na wodzie destylowanej lub, lepiej, redestylowanej.

Wielkość inokulum wpływa w znacznym stopniu na przebieg doświadczenia i uzyskiwany plon końcowy suchej masy (ryc. 1).



Ryc. 1. Wzrost testowego glonu *Scenedesmus quadricauda* w pożywce hodowlanej, przy różnym inokulum: A — 20 mg·dm⁻³ suchej masy, B — 210 mg·dm⁻³ suchej masy [30]

W komórkach glonu hodowanego w pożywce (prekultywacja) dochodzi do nagromadzenia niektórych soli pokarmowych, głównie fosforanów. Stosowanie zbyt silnego inokulum może wpłynąć na zafałszowanie in plus wyników końcowych, gdyż obserwowane przyrosty glonu mogą odbywać się na poczet zmagazynowanego w komórkach zapasu soli pokarmowych, a nie tylko zawartych w badanej wodzie. Stosowanie zbyt słabego zaszczepu jest również błędne, bo wtedy może łatwo dojść do uszkodzenia komórek glonów przez zbyt silne oświetlenie i raptowną zmianę środowiska. Aby uniknąć wspomnianych przeszkód, należy pracować ze stałą, niezbyt dużą gęstością początkową kultur.

Przed zaszczepieniem materiał glonowy należy przynajmniej trzykrotnie przemyć wodą destylowaną lub lepiej badaną wodą.

Hodowle glonów prowadzi się w stałych termicznych i świetlnych warunkach, tak dobranych, by zapewniały dobry wzrost testowego gatunku glonu. Wymagane jest oświetlenie kultur lampami jarzeniowymi lub rtęciowymi czy halogenowymi. Kultury należy przewietrzać powietrzem. Można również wytrząsać kultury na wytrząsarce laboratoryjnej, choć przeważnie wystarczy samo przewietrzanie kultur, które w wystarczającym stopniu zapobiega sedymentacji komórek na dnie naczyń. Niektórzy autorzy stosują wzbogacenie powietrza przewietrzającego kultury w dwutlenek węgla, do 5%. Jak wykazały obserwacje czeskie [30, 31] nie jest to konieczne. Intensywne mieszanie kultur samym powietrzem zapewnia glonom wystarczającą ilość dwutlenku węgla.

Do oznaczania AGP hodowle glonów w badanej wodzie prowadzi się do fazy stacjonarnej wzrostu kultur, w co najmniej trzech powtórzeniach. Równoległe stosuje się kontrolne hodowle w pożywce, takiej samej jak w czasie prekultury. Naczynia hodowlane dla wszystkich kultur muszą być identyczne. Najczęściej używa się butli Roux, erlenmajerek lub walców szklanych. Hodowle przeważnie prowadzi się w objętości 150—500 cm³. W trakcie hodowli, co 2—3 dni kontroluje się przyrosty gęstości kultur, metodą liczenia komórek lub oznaczania suchej masy.

Oprócz jednej kombinacji kontrolnej, stosuje się dodatkowe hodowle w pożywce bez fosforu. Pozwala to na określenie przyrostów glonów, osiąganych na poczet fosforu zmagazynowanego w komórkach inokulum.

Ocena wyników doświadczalnych

Uzyskany plon suchej masy kultur, wyrażony w mg·dm⁻³, jest troficznym potencjałem badanej wody. O ile gęstość inokulum nie przekracza 2 mg·dm⁻³ (w przypadku *Scenedesmus quadricauda*, dane czeskie, [31]), może być pominięta w obliczeniach. Uzyskane wyniki zaokrąglą się do dziesiątego miejsca po przecinku i przedstawia jako wartości średnie, gdy równoległe prowadzone hodowle różnią się zawartością suchej masy mniej niż 10—20%. Przy większych różnicach należy znaleźć przyczynę ich wystąpienia, a zbyt odbiegające od siebie hodowle należy odrzucić.

Przyrost suchej masy uzyskany na poczet zmagazynowanego fosforu w komórkach, o ile stanowi więcej niż 10% plonu kontroli, należy odjąć od oznaczonej wartości troficznego potencjału wody.

Dla bilansu, niekiedy wygodnie jest używać troficznego potencjału wody, przeliczonego na ilość wody przepływającej, wyrażonego w gramach suchej masy na sekundę (g·s⁻¹). Ta wartość nosi nazwę troficznego potencjału przepływu. Mówi o tej ilości suchej masy glonów, którą można wyprodukować z przepływającej wody w ciągu 1 sekundy.

Wartość troficznego potencjału jest silnie uzależniona od warunków prowadzenia hodowli glonów. Oznaczenia AGP prowadzone dla tej samej wody i tym samym szczepie glonu, lecz w innych warunkach termicznych, świetlnych i przewietrzania,

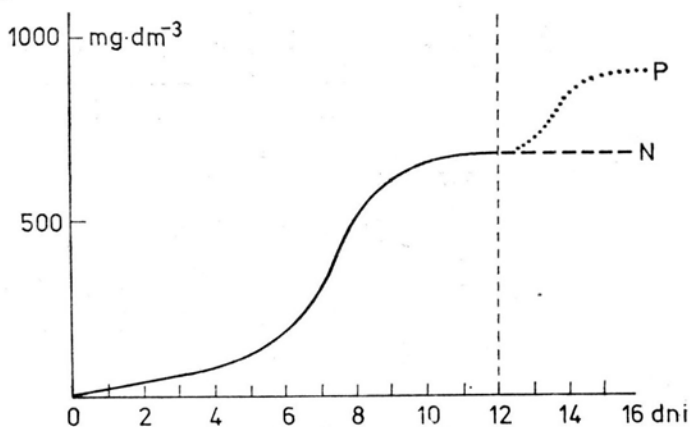
mogą przyjmować różne wartości liczbowe. Dla uproszczenia, można również troficzny potencjał wyrazić jako procentowy plon suchej masy, odniesiony do hodowli kontrolnych, których wzrost przyjęto za 100%.

W Czechosłowacji, za standardową procedurę oznaczania AGP wód aktualnie przyjmuje się: Hodowle glonu *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., szczep Greifsw. 15, prowadzone od inokulum $2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, przy oświetleniu 9000 luksów, temperaturze 25°C , stosując mieszanie w sposób ciągły samym powietrzem [31].

Określanie niedoboru składników pokarmowych

Metoda oznaczania troficznego potencjału wód umożliwia za pomocą włączenia kilku prostych dodatkowych elementów stwierdzenie, które ze składników pokarmowych występują w badanej wodzie w deficycie i przez to powodują ograniczenie wzrostu glonów. Problem ten można w zasadzie rozwiązać dwoma sposobami: 1. Przy oznaczaniu AGP, w równoległych kulturach stosuje się dodawanie poszczególnych soli pokarmowych, oraz 2. W końcowej fazie oznaczania troficznego potencjału, te same hodowle wzbogaca się w niektóre sole pokarmowe. Zabieg ten spowoduje wystąpienie ponownego przyrostu suchej masy kultur, jeżeli ograniczenie wzrostu było wywołane wyczerpaniem danego składnika pokarmowego w wodzie.

Zaletą drugiego sposobu jest to, że w takim typie testu nie musi się używać zbyt dużej ilości naczyń. W przypadku, gdy limitującym czynnikiem jest np. fosfor, przy wspomnianym sposobie pracy mamy do czynienia z kulturą glonu pozbawionego już zapasu fosforu w komórkach. Uzyskany w ten sposób przyrost suchej masy jest prostą odpowiedzią glonu na dodatek deficytowego w kulturze składnika (ryc. 2) pokarmowego.



Ryc. 2. Określanie niedoboru składników pokarmowych w wodzie, przez wzbogacanie kultur *Scenedesmus quadricauda* hodowanych w celu oznaczenia AGP wody w niektóre składniki pokarmowe: P — dodatek PO_4^{3-} , N — dodatek NO_3^- [31]

Informacja, jakie substancje pokarmowe ograniczają wzrost glonów w danej wodzie, ułatwia prace oczyszczalniom wód i zastosowanie przez nie odpowiednich metod eliminujących dane składniki.

W gospodarce rybackiej natomiast znajomość niedoboru składników pokarmowych w wodach umożliwia prostsze i efektywniejsze nawożenie stawów.

Wzbogacanie badanych wód w poszczególne składniki pokarmowe niekiedy nie przynosi przewidywanych efektów. Bywa to spowodowane obecnością w wodach szkodliwych substancji, które działają hamująco na wzrost glonów. Mamy wtedy do czynienia z ograniczaniem wzrostu glonów spowodowanym nadmiarem, a nie jak w poprzednio omówionym przypadku, niedoborem składników. Aby określić stopień nasilenia szkodliwych zanieczyszczeń, należy wtedy uzyskane już obserwacje uzupełnić o dane otrzymane z hodowli prowadzonych w kolejno rozcieńczonych próbach wody. Ten aspekt testów glonowych, nawiązując do badań toksykologicznych, wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu.

Klasyfikacja wód powierzchniowych według ich troficznego potencjału

Žakova w 1971 roku [30] podzieliła wody według ich trofii, oznaczonej za pomocą hodowli *Scenedesmus quadricauda*, na cztery stopnie:

- | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------|
| 1. woda słabo zasobna | (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) | produkcja suchej masy | < 200 |
| 2. woda średnio zasobna | (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) | produkcja suchej masy | 200—400 |
| 3. woda żyzna | (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) | produkcja suchej masy | 400—600 |
| 4. woda bardzo żyzna | (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) | produkcja suchej masy | > 600 |

Natomiast Sladeček [25] przy zastosowaniu podobnej metody, podzielił wody powierzchniowe na 6 stopni zasobności pokarmowej, według uzyskiwanych z nich plonów suchej masy *Scenedesmus* (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$):

- | | |
|-----------------------------|--------|
| 0. woda katarobowa | < 5 |
| 1. woda ultraoligotroficzna | < 25 |
| 2. woda oligotroficzna | < 50 |
| 3. woda mezotroficzna | < 100 |
| 4. woda eutroficzna | < 500 |
| 5. woda polytroficzna | < 3000 |

Klasyfikacja Žakovej z 1971 roku [30] była sporządzona na podstawie danych uzyskanych z hodowli o bardzo dużej gęstości początkowej (ok. $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W swych następnych pracach autorka stosowała już niskie, około $2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, gęstości początkowe kultur. Na ich podstawie została sporządzona nowa klasyfikacja wód [31], która przyjęła następującą formę:

- | | | |
|-----------------------------|---|-------------|
| 1. woda ultraoligotroficzna | < $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | suchej masy |
| 2. woda oligotroficzna | 5—50 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | suchej masy |
| 3. woda mezotroficzna | 50—200 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | suchej masy |
| 4. woda eutroficzna | 200—500 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | suchej masy |
| 5. woda polytroficzna | 500—1000 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | suchej masy |
| 6. woda hypertroficzna | > 1000 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | suchej masy |

Naturalnie, o ile do oznaczenia AGP wody użyje się innego gatunku glonu, podział wód według ich trofii przyjmie inne wartości suchej masy. Uzyskamy podobny

wynik, jeżeli ten sam gatunek glonu podda się hodowli w odmiennych warunkach niż stosowane przez Žakovą [30] i Sladečka [24]. W ramach zastosowanej badawczej metody jednak rozróżnienie troficznego potencjału wód jest dokładne i dobrze charakteryzuje badane środowisko wodne [16, 17, 15, 12].

LITERATURA

- [1] Bednarz T., 1984: Estimation of some surface waters quality from Upper Silesia by use of algal growth test. (in press).
- [2] Bombówna M., Bucka H., 1972: Bioassay and chemical composition of some Carpathian rivers. *Verh. Internat. Ver. Limnol.* 18: 735—741.
- [3] Bombówna M., Bucka H., Huk W., 1978: The influence of towns in Southern Poland on the nutrient content in waters of the Carpathian rivers. *Acta Hydrobiol.* 20: 245—261.
- [4] Bringmann G., Kühn R., 1956: Der Algen-Titer als Masstab der Eutrophierung von Wasser und Schlamm. *Ges. Ing.* 77: 374—381.
- [5] Bringmann G., Kühn R., 1963: Biologische Bestimmung des Begrenzungsfaktors der Trophierung. *Ges. Ing.* 84: 364—370.
- [6] Bringmann G., Kühn R., 1980: Comparison of the toxicity Thresholds of water pollutants to Bacteria, Algae and Protozoa in the cell multiplication inhibition test. *Water Res.* 14: 231—241.
- [7] Claesson A., Forsberg A., 1978: Algal assay procedure with one or five species. *Minitest. Mitt. Internat. Ver. Limnol.* 21: 21—30.
- [8] Claesson A., Forsberg A., 1980: Algal assay studies of wastewater polluted lakes. *Arch. Hydrobiol.* 89: 208—224.
- [9] Czernaś K., 1978: The use of selected alga tests in determining the influence of potassium and sodium of the eutrophication of waters. *Acta Hydrobiol.* 20: 323—344.
- [10] Forsberg, C., Hökervall E., 1972: AGP test av kommunalt avloppsvatten. I. Akeshov. Nockeby reningsverk, Stockholm 1971, Vatten 1972 (1): 17—26.
- [11] Forsberg C., Ryding S. O., Claesson A., 1975: Recovery of polluted lakes. A swedish research program on the effects of advanced wastewater treatment and sewage diversion. *Water Res.* 9: 51—59.
- [12] Forsberg C., Ryding S. O., Claesson A., Forsberg A., 1978: Water chemical analyses and/or algal assay? Sewage effluent and polluted lake water studies. *Mitt. Internat. Ver. Limnol.* 21: 352—363.
- [13] Francev A. V., 1932: Opyt ocenki gidrobiologičeskoj proizvoditelnosti Moskva rečnoj vody. *Mikrobiologija* 1: 1—32.
- [14] Grau P., 1971: Koncepcie zjištovani trofickeho potencialu. *Metodický pokyn. č 12 MLVH ČSR, Praha.*
- [15] Lukavsky J., 1983: The evaluation of algal growth potential by cultivation on solid media. *Water Res.* 17: 549—558.
- [16] Lund J. W. C., 1959: Biological test for determining the potential productivity of water. (Stocks Reservoir, Bowland Forest). *J. Inst. Wat. Engineers* 13: 527—549.
- [17] Marvan P., Přibil S., Lhotsky O. (ed), 1979: Algal assay and monitoring eutrophication. *Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart*, pp 253.
- [18] Matulova D., 1976: Použití vybraných řasových testů k hodnocení eutrofizace. *Kolokvium o řasových testech. Třeboň, Dum techniky Česke Budejovice:* 313—324.
- [19] Oswald W. J., Golueke C. G., 1966: Eutrophication trends in the US a problem? *IWPCF* 38: 964—975.
- [20] Porcella O. B., Grau P., Huagn C. H., Radimsky J., Toerien D. F., Pearson E. A., 1970: Provisional algal assay procedures. First annual report. *SERL Report*, 70—8: 1—180.
- [21] Potash M., 1956: A biological test for determining the potential productivity of water. *Ecology* 37: 631—640.

- [22] Provisional Algal Assay Procedures, 1969. Joint Industry Government Task Force on Eutrophication, New York.
- [23] Schreiber E., 1927: Die Reinkultur von marinen Phytoplankton und deren Bedeutung für die Erforschung der Produktionsfähigkeit des Meerwassers. Helgoland. Wis. Meeresunters 16: 1—23.
- [24] Skulberg O. M., 1968: Studies on eutrophication of some Norwegian inland waters. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 14: 197—200.
- [25] Sladeček V., 1979: Biologické hodnocení trofie a eutrofizace. Sborník referátů v limnol. konf. Usti n. Labem ČSLS při ČSAV, Dum techniky ČSVTS Pardubice, 75—80.
- [26] Strnadova N., Grau P., 1976: Stanovení trofického potenciálu. Metodický pokyn. č 12, MLVH ČSR Praha.
- [27] Toerien D. F., Huang C. H., Radimsky J., Pearson E. A., Scherfig J., 1971: Provisional Algal Assay Procedures. Final report. Univ. of California, Berkeley, SERL report no. 71—6: 211 pp.
- [28] Weber A., 1981: An uncomplicated test to evaluate toxicity of environmentally hazardous compounds in water. Environ. Technol. Letters, 2: 323—328.
- [29] Žakova Z., 1969: Srovnání mezi oživením i trofijí svobodné vody přítoků projektovaného vodochraniliště Nove Mlýny. Simpozium po voprosam saprobnosti SEV: 1—7.
- [30] Žakova Z., 1971: Stanovení trofie povrchových vod. Vodní hospodářství, 12: 343—346.
- [31] Žakova Z., 1980: Trofický potenciál a jeho aplikace ve vodním hospodářství. Práce a studie, 154, Vyzk. Ústav Vodohospodářský ve Statním zemědělském naklad. Praha, 116 pp.

Dr Teresa Bednarz
 Zakład Biologii Wód PAN,
 ul. Sławkowska 17, 31-016 Kraków