

ANNA HILLBRICHT-ILKOWSKA

Instytut Ekologii PAN,
Warszawa

EWA PIECZYŃSKA

Zakład Hydrobiologii Instytutu Zoologicznego
Uniwersytetu Warszawskiego

ELIGIUSZ PIECZYŃSKI

Instytut Ekologii PAN,
Warszawa

Z badań nad produktywnością
kilku jezior mazurskich
oraz wpływem ryb na biocenozę jeziora*

Studies on the productivity of several Masurian lakes
and on the effect of fish on lake biocenosis*

W artykule przedstawione będą niektóre wyniki kilkuletnich badań w zakresie dwu tematów: I. Produktywność jezior mazurskich (prawidłowości i mechanizmy kształtowania się liczebności, biomasy i produkcji organizmów) oraz II. Wpływ sztucznie zwiększonej obsady ryb na biocenozę jeziora. W badaniach uczestniczyli pracownicy dwu ściśle współpracujących placówek: Działu Hydrobiologii Instytutu Ekologii PAN (Zdzisław Kajak — kierownik Działu oraz Lucyna Bownik, Krzysztof Dusoge, Roman Gałusza, Wacława A. Godlewska-Lipowa, Anna Hillbricht-Ilkowska, Andrzej W. Karabin, Włodzimierz Ławacz, Eligiusz Pieczyński, Jadwiga Rybak, Jan Igor Rybak, Irena Spodniewska, Anna Stańczykowska, Teresa Węgleńska) oraz Zakładu Hydrobiologii Instytutu Zoologicznego Uniwersytetu Warszawskiego (Ewa Pieczyńska — p.o. kierownika Zakładu oraz Zbigniew Maciej Gliwicz, Andrzej Kowalczewski, Andrzej Prejs, Krystyna Prejs, Grzegorz Soszka); uczestniczyli w nich również magistranci Zakładu Hydrobiologii Instytutu Zoologicznego UW.

* Przegląd kilkuletnich badań zespołowych Działu Hydrobiologii Instytutu Ekologii PAN i Zakładu Hydrobiologii Instytut Zoologicznego Uniwersytetu Warszawskiego.

* Review of the several years studies in the Department of Hydrobiology, Institute of Ecology, Polish Academy of Sciences, and in the Department of Hydrobiology, Institute of Zoology, University of Warsaw.

I. Prawidłowości i mechanizmy kształtowania się liczebności, biomasy i produkcji organizmów

Celem badań była analiza obiegu materii i przepływu energii w ekosystemie jeziornym. Określano produkcję pierwotną, produkcję różnych grup konsumentów, procesy destrukcji oraz sedymentację tryptonu. Szczególną uwagę zwrócono na czynniki warunkujące te procesy w jeziorach o różnej trofii oraz w różnych strefach zbiornika (litoral, pelagial, profundal). Na podstawie badań warunków środowiskowych i zależności między organizmami, ze szczególnym uwzględnieniem stosunków troficznych, starano się uchwycić mechanizmy kształtowania się liczebności, biomasy i produkcji różnych zespołów organizmów.

Badania nad tym problemem są nadal prowadzone i będą pogłębiane. Artykuł niniejszy ma na celu przedstawienie wybranych wyników dotychczas ukończonych prac prowadzonych w 5 jeziorach mazurskich (tab. I). Ze względu na referatowy charakter niniejszego opracowania i, z konieczności, skrótowe przedstawienie wyników, niektóre zagadnienia zostaną tu jedynie zasygnalizowane. Szczegółowe wyniki znaleźć można w szeregu prac opublikowanych, zamieszczonych w wykazie piśmiennictwa, oraz w referatach przedstawionych na VIII Zjeździe Hydrobiologów Polskich (Białystok, 16—20 IX 1970 r.)¹. Próba syntezy zawarta została w referatach przedstawionych na sympozjum IBP-UNESCO na temat produktywności wód słodkich (Kazimierz Dolny, 6—12 V 1970 r.) (Hillbricht-Ilkowska, Spodniewska, Węgleńska i Karabin 1971, Kajak 1971, Kajak, Hillbricht-Ilkowska i Pieczyńska 1971, Pieczyńska 1971). Niektóre zagadnienia związane z perspektywami badań produkcji biologicznej jezior, na tle dotychczasowych wyników, były przedmiotem specjalnego opracowania (Kajak 1970).

Dla oceny procesów produkcji i destrukcji stosowano następujące metody: Produkcję pierwotną brutto glonów planktonowych i perifitonowych oceniano metodą tlenową jasnych i ciemnych butelek, eksponowanych w jeziorze przez 24 godziny. Produkcję nannoplanktonu oceniano wskaźnikowo, jako stosunek produkcji planktonu filtrowanego do niefiltrowanego, według modyfikacji metody tlenowej Gliwicz (1967). Produkcję pierwotną netto kalkulowano przy uwzględnieniu intensywności oddychania, w oparciu o dane piśmiennictwa i pomiary prowadzone w okresie masowych jednogatunkowych pojawów glonów. Biomase fitoplanktonu oceniano na podstawie pomiarów mikroskopowych, a biomase masowo rozwijających się glonów litoralnych — na podstawie bezpośredniego ważenia. Produkcję makrofitów oceniano na podstawie analizy maksymalnej biomasy, uwzględniając straty biomasy spowodowane falowaniem oraz przez żerowanie fauny. Przeglądowi me-

¹ Hillbricht-Ilkowska, A., Węgleńska, T. — Płodność i wielkość osobników wybranych gatunków zooplanktonu w kilku jeziorach różnej trofii;

Hillbricht-Ilkowska, A., Węgleńska, T., Karabin, A. — Produkcja i biomasa zooplanktonu w kilku jeziorach różnej trofii;

Kowalczewski, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Spodniewska, I. — Eksperymenty terenowe nad rolą światła w produkcji fitoplanktonu i perifitonu jeziornego;

Spodniewska, I. — Charakterystyka produkcji planktonowej sinicy *Gloeotrichia echinulata* (Smith) Richter.

Tabela I

Charakterystyka hydrograficzna kilku jezior mazurskich
Hydrographical characteristics of several Masurian lakes

Jezioro Lake	Powierzchnia Area (ha)	Głębokość (m) Depth		Powierzchnia zajęta przez litoral w procen- tach całkowitej powierzchni zbiornika Area of the lit- toral as per cent of the total lake area	Typ troficzny i mikcja Trophic and mictic type
		średnia average	maksy- malna maximal		
Flosek	4	3,0	8,0	~9	dystrofia dystrophy
Mikołaj- skie	460	11,0	27,8	19	eutrofia, holomiksja eutrophy, holomixis
Śniardwy	10970	5,9	23,4	34	eutrofia, polimiksja eutrophy, polymixis
Tałtowis- ko	327	14,0	39,5	29	mezotrofia mesotrophy
Warniak	38	1,2	3,7	~100	eutrofia eutrophy

to badania produkcji pierwotnej poświęcono specjalne opracowanie (Pieczyńska, Szczepańska i Szczepański 1967).

Produkcję zooplanktonu oceniano w oparciu o liczebność i biomasę jaj, stadiów larwalnych i osobników dorosłych, konstruując krzywą wzrostu osobniczego (z uwzględnieniem wpływu temperatury i koncentracji pokarmu na długość rozwoju). Stosowano metody wyliczeniowe Vinberga i innych (przegląd metod — Hillbricht-Ilkowska i Patalas 1967) oraz własne modyfikacje (Hillbricht-Ilkowska i Węgleńska 1970a). Produkcję zoobentosu oceniano również metodami wyliczeniowymi, opierając się na pomiarach liczebności i biomasy (ocenianej na podstawie wielkości osobników lub bezpośredniego ważenia) oraz tempa wzrostu różnych klas wielkości (przegląd metod — Kajak 1967). Produkcję zoobentosu oceniano również w eksperymentach terenowych (metoda odgrodzeń), pozwalających na określenie wielkości konsumpcji bentosu przez ryby (Kajak 1971).

Destrukcję materii organicznej w pelagialu i profundalu oceniano na podstawie zużycia tlenu przez różnego rodzaju materiał, w litoralu ponadto opierano się na analizie ubytku masy materiału eksponowanego w warunkach naturalnych w workach z siatki nylonowej. W omawianych środowiskach prowadzono równocześnie badania mikrobiologiczne. Liczebność bakterii oceniano metodą bezpośredniego liczenia na filtrach membranowych, biomasę kalkulowano na podstawie pomiarów mikroskopowych, czas generacji — przez ocenę czasu podwojenia się liczebności bakterii izolowanych od konsumentów planktonowych (opis metody i jej modyfikacje — Godlewska-Lipowa 1969, 1970).

Oceniano również ilość tryptonu opadającego na dno zbiornika, z uwzględnieniem intensywności sedymentacji w różnych warstwach wody. Stosowano pojemniki eksponowane w jeziorze na różnych głębokościach w okresie miesiąca, przy czym analizy prowadzono w cyklu rocznym (opis metody — Ł a w a c z 1970a).

Kaloryczność różnego rodzaju materiału oceniano na podstawie bezpośrednich pomiarów w kalorymetrze bądź danych piśmiennictwa.

We wszystkich badanych środowiskach w ciągu całego roku prowadzono analizy warunków fizyczno-chemicznych środowiska, stosując ogólnie przyjęte metody limnologiczne. W ramach badań przeprowadzono też szereg eksperymentów laboratoryjnych i terenowych, zwłaszcza w zakresie zagadnień związanych z odżywianiem się różnych zespołów fauny. Niektóre z nich zostaną omówione w dalszych rozdziałach tej części artykułu.

1. Zlewnia

Ogólna ilość materii allochtonicznej dochodzącej do Jeziora Mikołajskiego wynosi 263 tony suchej masy rocznie. Największy udział mają ścieki miejskie (220 ton). Materiał wymywany z terenu bezpośrednio zlewni stanowi 34 tony, opadające części roślin lądowych — 7 t i materiał wyerodowany z brzegu na skutek falowania — 2 t. Materia allochtoniczna dostarcza do zbiornika rocznie 170 kcal na m² ogólnej powierzchni jeziora. W innych zbiornikach wpływ zlewni na jezioro oceniono jedynie orientacyjnie, opierając się na zaproponowanej przez Patalasa klasyfikacji punktowej. Biorąc pod uwagę szereg danych hydrologicznych (wymiana wody, usytuowanie jeziora w dorzeczu) oraz obszar i żyzność gruntów bezpośrednio zlewni oceniono, że spośród badanych jezior pod największym wpływem zlewni znajduje się Jezioro Mikołajskie (ze względu na ścieki miejskie), bardzo dużym — jezioro Warniak, dużym — jezioro Tałtowisko, nieznacznym — jezioro Śniardwy i najmniejszym — jezioro Flosek (P i e c z y ń s k a 1971a).

2. Litoral, pobraże

A. Procesy produkcji i destrukcji w litoralu. Badano produkcję pierwotną makrofitów, perifitonu i planktonu litoralnego (Pieczyńska i Kowalczewski). W Jeziorze Mikołajskim roczna produkcja pierwotna netto oceniana dla całego litoralu wynosi 3987 kcal/m². W strefie roślinności wynurzonej jest wyższa (4736 kcal) niż w strefie roślinności zanurzonej (3376 kcal). Udział różnych grup producentów jest odmienny. W strefie roślinności wynurzonej decydujące znaczenie mają makrofity (57% produkcji pierwotnej netto), w strefie roślinności zanurzonej — plankton (46%). W innych jeziorach analizowano tylko niektóre grupy producentów. W jeziorze Tałtowisko stwierdzono produkcję pierwotną litoralu zbliżoną do produkcji w Jeziorze Mikołajskim, niższą notowano w jeziorze Śniardwy, najniższą — w jeziorze Flosek. W litoralu badanych jezior — poza dystroficznymi — obserwowano masowe pojawy glonów planktonowych, perifitonowych oraz luźno związanych z podłożem. Masowe pojawy mają decydujące znaczenie dla wielkości produkcji pierwotnej w tych jeziorach.

W przypadku perifitonu stwierdzono okresowo wyższe wartości produkcji pierwotnej w strefie roślinności zanurzonej niż wynurzonej (Kowalczewski i Pieczyńska). Jest to częściowo związane z obecnością większej ilości podłoża dostępnego do zasiedlenia w tej pierwszej strefie. I tak w trzcinowisku Jeziora Mikołajskiego średnia ilość podłoża dostępnego do zasiedlenia przez perifiton wynosi $0,7 \text{ m}^2$ pod 1 m^2 powierzchni litoralu (maksymalna — 2,1) (Pieczyńska 1968). Natomiast w strefie roślinności zanurzonej średnie wartości wynoszą $4 \text{ m}^2/\text{m}^2$, a najwyższa zanotowana wartość $46,4 \text{ m}^2/\text{m}^2$ powierzchni litoralu (Kowalczewski). Roczna produkcja pierwotna jest niższa w strefie roślinności zanurzonej, ze względu na szereg czynników ograniczających — gorsze warunki świetlne w tej części środowiska, krótszy okres produkcji związany z dużym udziałem jednorocznych gatunków makrofitów (przedstawiciele rodzaju *Potamogeton*), stanowiących znaczną część podłoża dostępnego dla perifitonu.

Zróznicowanie perifitonu w strefie roślinności zanurzonej jest znacznie większe niż w strefie roślinności wynurzonej. Decydują o tym m.in. większe różnice w głębokości i rodzaju podłoża (różne gatunki makrofitów o odmiennej długości cyklu życiowego) (Bownik 1970, Kowalczewski).

W zakresie prac metodycznych opracowano metodę pozwalającą na ocenę intensywności procesów produkcji i destrukcji w naturalnych wycinkach litoralu (Kowalczewski 1966).

W zależności od udziału w perifitonie organizmów roślinnych lub zwierzęcych wyróżniono trzy typy perifitonu: autotroficzny, autotroficzno-heterotroficzny i heterotroficzny. Występowanie ich odznacza się bardzo dużą zmiennością czasową i przestrzenną, stąd też zespół ten pełni w ekosystemie okresowo rolę produkcyjną lub konsumpcyjną. Biorąc pod uwagę częstotliwość występowania wyróżnionych typów troficznych stwierdzono, że w badanych jeziorach produkcyjna rola perifitonu ma wyraźnie większe znaczenie (Pieczyńska 1970a). Opracowano metodę ilościowej oceny intensywności żerowania fauny na perifitonie (Pieczyńska 1970b).

W eksperymentach terenowych określono wpływ makrofitów (zależnie od ich zagęszczenia) na warunki świetlne w litoralu, a w konsekwencji na produkcję pierwotną planktonu i perifitonu (Pieczyńska i Straškraba 1969, Straškraba i Pieczyńska 1970).

W zakresie prac nad użytkowaniem produkcji pierwotnej litoralu analizowano m.in. zależności troficzne między fauną naroślinną a roślinnością zanurzoną (Soszka). Stwierdzono duże różnice w stopniu wykorzystania różnych gatunków makrofitów jako bezpośredniego pokarmu fauny. *Potamogeton lucens* i *P. perfoliatus* użytkowane są jako pokarm w dużym stopniu. Już w czerwcu udział liści z wyżerkami przekracza 60% w przypadku *P. lucens* i 80% w przypadku *P. perfoliatus*. Ubytek powierzchni liści spowodowany żerowaniem wzrasta w ciągu sezonu i jesienią wynosi średnio 60% dla *P. perfoliatus* i 40% dla *P. lucens*. W wielu środowiskach redukcja osiąga 90%. *Elodea canadensis* i *Myriophyllum spicatum* użytkowane są jako pokarm w znacznie mniejszym stopniu. Procent liści z wyżerkami wzrasta w ciągu sezonu, lecz jesienią nie przekracza 20% w przypadku *E. canadensis* i 40% w przypadku *M. spicatum*. Redukcja liści na skutek żerowania nie przekracza u obu gatunków 2%. Łodygi u wszystkich gatunków użytkowane są w znacznie mniejszym stopniu niż liście.

Stwierdzono, że duża część makrofitów, zwłaszcza roślinności wynurzanej, gromadzi się na skutek falowania przy brzegach, gdzie podlega intensywnym procesom destrukcji (Pieczyńska).

B. Procesy produkcji i destrukcji w pobrzeżu. W pobrzeżu jeziornym wyróżniono trzy źródła materii organicznej. W Jeziorze Mikołajskim ich udział przedstawia się następująco: produkcja pierwotna 2100, akumulująca się materia pochodzenia jeziornego (ponad 90% stanowią makrofity) 4860 i akumulująca się materia pochodzenia lądowego (bez ścieków miejskich dostających się do jeziora poza strefą pobrzeża) 1940 kcal/m²/rok. W pobrzeżu stwierdzono bardzo intensywne procesy destrukcji. Stosując ocenę ubytku masy materiału eksponowanego w warunkach naturalnych w workach nylonowych o różnej gęstości oczek stwierdzono w przypadku glonów, makrofitów i liści drzew opadających do jeziora 10-krotnie szybsze ubywanie materiału w pobrzeżu niż w środowiskach sąsiednich — na lądzie i w płytkim litoralu, jak też w pelagialu. Najintensywniejsze procesy destrukcji stwierdzono w bagnistym terenie przybrzeżnym, na którym tworzą się małe kilkucentymetrowej głębokości kałuże, w warunkach bardzo małej ilości tlenu lub deficytu tlenowego (Pieczyńska 1971a). Ogromna intensywność procesów destrukcji w tym środowisku znajduje potwierdzenie w badaniach mikrobiologicznych (Godlewska-Lipowa). W pobrzeżu znajdowano bakterie w liczebnościach wielokrotnie przewyższających maksymalne liczebności we wszystkich innych środowiskach jeziornych.

W pobrzeżu stwierdzono największą w porównaniu z innymi strefami jeziora intensywność masowych pojawów glonów. Dominowały: *Hydrodictyon reticulatum*, *Gloeotrichia natans*, *Nostoc pruniforme*, *Spirogyra* sp. sp. i *Cladophora* sp. sp. Najwyższe wartości biomasy glonów w okresie masowych pojawów, stwierdzone na podstawie badań w latach 1966—1967, wynoszą w jeziorze Śniardwy 6110 g świeżej masy w dcm³, Jeziorze Mikołajskim 5324, jeziorze Tałtowisko 1970 i jeziorze Warniak 5940 (Pieczyńska 1971b).

Określono skład i liczebność zespołów mikrofauny w osadach pobrzeża Jeziora Mikołajskiego. Stwierdzono większą liczebność fauny w pobrzeżu w porównaniu z innymi środowiskami jeziornymi oraz wyraźne zmiany składu i liczebności związane ze zmianami poziomu wody w zbiorniku (Kociszewska, praca magisterska). Podobne prawidłowości stwierdzono w przypadku makrofauny (Pieczyńska).

3. Pelagial

A. Ogólne prawidłowości produkcji planktonu; efektywności ekologiczne. Na przykładzie 4 jezior (Mikołajskie, Tałtowisko, Śniardwy i Flosek), dla 6-miesięcznego okresu wegetacji (maj-październik), przeanalizowano zmienność produkcji i biomasy producentów i konsumentów planktonowych (z wyróżnieniem filtratorów i drapieżników planktonowych). Oceniono wielkość i zmienność sezonową niektórych efektywności przepływu energii w planktonie, rozumianych jako zależność między produkcją i konsumpcją kolejnych poziomów troficznych (Hillbricht-Ilkowska i Spodniewska 1969, Hillbricht-Ilkowska, Spodniewska, Węgleńska i Karabin 1971). Niektóre wyniki przedstawiają się następująco:

Produkcja brutto fitoplanktonu jezior Mikołajskie, Tałtowisko,

Śniardwy i Flosek w okresie maj-październik wynosi odpowiednio: 2474, 1870, 2172 i 1435 kcal/m². W jeziorach o niższej trofii (Tałtowisko, Śniardwy) stwierdzono szczególnie wysoką produkcję wiosną (kwiecień, maj), w jeziorze typowo eutroficznym (Mikołajskie) — latem (sierpień).

Najwyższą biomasę fitoplanktonu stwierdzono w Jeziorze Mikołajskim. Wiosenne maksimum rozwoju fitoplanktonu charakteryzowało się dominacją okrzemek i znacznym udziałem nanoplanktonu w biomacie ogólnej. Maksimum letnie (średnie miesięczne wartości biomasy przekraczały 80 kcal/m²) charakteryzowało się dominacją sinic i bruzdnic.

W fitoplanktonie jezior o niższej trofii stwierdzono większy udział okrzemek oraz większy udział nanoplanktonu w okresie letniego maksimum, w porównaniu z jeziorem eutroficznym, oraz ogólnie niższe wartości biomasy fitoplanktonu (30—70 kcal/m²) w ciągu całego okresu badań. Najniższe wartości biomasy fitoplanktonu stwierdzono w jeziorze dystroficznym (średnie miesięczne poniżej 30 kcal/m²), przy znacznym udziale w fitoplanktonie form nanoplanktonowych i dominacji bruzdnic.

Stwierdzono, że w jeziorach o wyższej trofii, w których ważną rolę odgrywają sinice, efektywność fotosyntezy jest tym wyższa, im niższy jest udział sinic w biomacie glonów (Mikołajskie, Śniardwy). Dystroficzne jezioro Flosek wykazuje najniższą wśród badanych jezior efektywność fotosyntezy.

Wskaźnik udziału nanoplanktonu w produkcji (wyliczony ze stosunku produkcji planktonu filtrowanego do niefiltrowanego) jest przeciętnie wyższy w jeziorach o niższej trofii, w tym również w jeziorze dystroficznym (w granicach 0,7—0,8), w porównaniu z jeziorem eutroficznym (ok. 0,5). Najwyższą wartość wskaźnika notowano wiosną i jesienią; w okresach tych był on szczególnie wysoki w jeziorach o niższej trofii. Zarówno wartości tego wskaźnika w poszczególnych jeziorach, jak i jego zmiany sezonowe wykazują powiązanie ze zmianami biomasy nanoplanktonu i jego udziału w biomacie fitoplanktonu.

Podobnie jak wskaźnik udziału nanoplanktonu w produkcji, przeciętny dobowy „turnover” fitoplanktonu (współczynnik P/B) jest na ogół wyższy w jeziorach o niższej trofii (ok. 0,4), a szczególnie wysoki w jeziorze Śniardwy (ok. 0,9). W jeziorze eutroficznym, o największej biomacie fitoplanktonu, jest on najniższy (ok. 0,3).

Produkcja netto filtratorów zooplanktonowych jest podobna i ogólnie duża (ok. 300—400 kcal/m² dla okresu 6 miesięcy) w jeziorach: typowo eutroficznym (Mikołajskie), mezotroficznym (Tałtowisko) i dystroficznym (Flosek); natomiast wyjątkowo mała w jeziorze Śniardwy — słabo eutroficznym, silnie i stale mieszanym (poniżej 100 kcal/m²). Około 40% produkcji filtratorów w jeziorze typowo eutroficznym jest dziełem form drobnych (mikrofiltratorów, jak wrotki i drobne wioślarki, odżywiających się najdrobniejszą zawiesiną — bakteriami i detrytusem). Udział tych form w pozostałych jeziorach nie przekracza 10—20%. W produkcji wtórnej tych jezior dominują makrofiltratory (większe wioślarki, widłonogi), odżywiające się głównie większymi cząstkami sestonu, przy czym znaczny udział w ich pokarmie ma nanoplankton, dominujący w produkcji tych jezior (Hillbricht-Ilkowska i Węgleńska 1970b). Udział larw *Dreissena polymorpha* w biomacie i produkcji mikrofiltratorów badanych jezior nie przekracza kilku procent (Hillbricht-Ilkowska i Stańczykowska 1969).

W jeziorach mezo- i eutroficznych (Tałtowisko, Śniardwy, Mikołajskie) stosunek produkcji filtratorów do produkcji netto fitoplanktonu wynosi 2—30%, zależnie od sezonu. Jest on przeciętnie najwyższy w jeziorze mezotroficznym (Tałtowisko — ok. 20%), zaś wyjątkowo niski w silnie mieszanym jeziorze eutroficznym (Śniardwy — ok. 5%). W jeziorze dystroficznym (Flosek) stosunek ten jest najwyższy ze wszystkich badanych jezior (ok. 40%), osiągając niekiedy nawet 100%, co wskazuje na korzystanie przez zooplankton również z innych źródeł materii organicznej.

Stosunek produkcji drapieżników planktonowych (drapieżne *Copepoda*, *Leptodora*, *Chaoborus*) do produkcji filtratorów waha się od 3 do 70%, wykazując duże zmiany sezonowe w każdym z jezior. Przeciętnie jest on najwyższy w jeziorze typowo eutroficznym (ok. 30%), zaś najniższy — w jeziorze dystroficznym (ok. 4%).

Na podstawie danych ze specjalnych eksperymentów *in situ* przeprowadzonych w kilku jeziorach, oceniono stopień wyżerania fitoplanktonu, nannoplanktonu, bakterii i detrytusu przez naturalne zespoły zooplanktonowych filtratorów (Gliwicz 1968, 1969a, b, c). Eksperyment polegał na porównaniu ilości różnych składników pokarmu zooplanktonu w naczyniach z aktywnymi (żerującymi) i inaktywowanymi zwierzętami. Stwierdzono m.in., że w pokarmie zooplanktonu, w którym przeważają mikrofiltratory (jeziora eutroficzne), najważniejszą rolę odgrywają bakterie i drobny detrytus (do 90% pokarmu), zaś w zooplanktonie z przewagą makrofiltratorów (jeziora o niższej trofii), dużą rolę odgrywają większe rozmiarami cząstki sestonu, w tym również nannoplankton (do 50% pokarmu). Zaproponowano sposób wyliczania racji pokarmowej naturalnego zespołu zooplanktonu w oparciu o niektóre dane z eksperymentów laboratoryjnych (Gliwicz 1970).

Podobne eksperymenty *in situ* przeprowadzono z dwoma dużymi drapieżnikami planktonowymi: *Leptodora kindtii* (Hillbricht-Ilkowska i Karabin 1970) i *Chaoborus flavicans* (Kajak i Ranke-Rung 1970). Stwierdzono, że dobową rację pokarmową *L. kindtii* wynosi do 30% jej ciężaru, oraz że odżywia się ona głównie wioślarkami. Natomiast dobową rację pokarmową *Ch. flavicans*, odżywiającego się skorupiakami planktonowymi, wynosi do 13%. Przeprowadzono równoległe eksperymenty laboratoryjne nad oddychaniem *Leptodora kindtii*. Wyniki tych badań łącznie z danymi o produkcji i racji pokarmowej posłużyły do oceny asymilacji pokarmu u tego gatunku (= 87%) oraz efektywności wykorzystania energii przyswojonej na wzrost ($K_2 = 45%$). Stwierdzono, że *Leptodora kindtii* wyżera w lipcu ok. 30%, zaś w sierpniu ok. 17% produkcji wioślarek planktonowych, którymi się głównie odżywia (Hillbricht-Ilkowska i Karabin 1970). Natomiast *Ch. flavicans* wyżera w sierpniu do 50% produkcji wszystkich skorupiaków, przy założeniu, że odżywia się głównie planktonem pelagicznym (Kajak i Ranke-Rung 1970).

B. Czynniki wpływające na produkcję planktonu; zależności troficzne. Badano wpływ różnych czynników na zmienność produkcji pierwotnej i wtórnej planktonu, zwłaszcza wpływ temperatury, warunków świetlnych i koncentracji pokarmu.

Zanalizowano zmienność produkcji pierwotnej fitoplanktonu w krótkich okresach na podstawie codziennych pomiarów przeprowadzonych w różnych sezonach roku. Stwierdzono znaczną zmienność produkcji

pierwotnej fitoplanktonu w kolejnych dniach, mimo podobnego składu fitoplanktonu i niewielkich zmian biomasy. Największe wartości produkcji dobowej i największe wahania produkcji (do 85%) w kolejnych dniach stwierdzono wiosną, w okresie o stosunkowo niewielkiej zmienności warunków świetlnych (przy dominacji w planktonie okrzemek) (Spodniewska 1969).

Na przykładzie kolonijnej sinicy *Gloeotrichia echinulata* wykazano brak ograniczającego działania na produkcję aktualnych warunków pokarmowych środowiska; otrzymano bowiem wzrost produkcji proporcjonalny do eksperymentalnego zwiększenia biomasy sinicy. Podobne wyniki uzyskano przy zwiększeniu biomasy całego zespołu fitoplanktonu. W warunkach tego eksperymentu oddychanie glonów przy różnym zagęszczeniu wynosiło 30% ich produkcji brutto (Spodniewska).

W maju i sierpniu, przy różnej biomacie i składzie fitoplanktonu, przeprowadzono eksperyment *in situ* polegający na ekspozycji w jednakowych warunkach świetlnych i termicznych prób planktonu pochodzącego z różnych głębokości (w tym z hypolimnionu). Oceniono produkcję, liczebność i biomase glonów, zawartość chlorofilu oraz oddychanie całego zespołu planktonowego. W eksperymencie z maja (dominacja okrzemek) plankton z warstw głębszych (nawet z głębokości 10 i 15 m) przemieszczony w dobre warunki świetlne wykazywał istotny wzrost produkcji, co przemawia za występowaniem aktywnego chlorofilu w tej strefie. Zjawiska tego nie obserwowano w eksperymencie z sierpnia (dominacja bruzdnic) (Hillbricht-Ilkowska, Kowalczewski i Spodniewska).

Zbadano wpływ koncentracji pokarmu naturalnego na zmienność długości rozwoju, tempa wzrostu i płodności oraz produkcję kilku gatunków skorupiaków planktonowych (*Daphnia cucullata*, *D. longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*, *Eudiaptomus graciloides*). Badania przeprowadzono w oparciu o eksperyment laboratoryjny w stałej temperaturze, stosując różne zagęszczenia pokarmu naturalnego, pobieranego z jeziora. Oceniono udział fito-, nanno- i bakterio-planktonu w pokarmie. Stwierdzono, że wzrost koncentracji pokarmu powoduje skrócenie okresu rozwoju osobników, w zależności od gatunku — od kilku do kilkunastu dni, oraz zwiększenie tempa wzrostu i płodności osobników (liczby „kładek”, liczby jaj w „kładce”), maksymalnie 8-krotne. Całkowity przyrost biomasy pojedynczych osobników (łącznie przyrost ciężaru ciała i ciężaru wyprodukowanych jaj) przy wzroście koncentracji pokarmu zwiększył się do 5 razy (Węgleńska 1968, 1971).

W hodowli indywidualnej oceniono wpływ temperatury na rozwój embrionalny i postembrionalny kilku gatunków wrotków, uzyskując w ten sposób niezbędne parametry do oceny ich produkcji w warunkach naturalnych (Pourriot i Hillbricht-Ilkowska 1969). W eksperymencie laboratoryjnym oceniono produkcję populacji wrotka *Brachionus calyciflorus*, poddawanej sztucznemu drapieżnictwu o różnej intensywności (odłów części osobników). Stwierdzono, że im większa jest intensywność odłowu, tym większa płodność i produkcja oraz większa wydajność, rozumiana jako stosunek odłowu do produkcji (Hillbricht-Ilkowska i Pourriot 1970).

Analizowano sezonowe zmiany płodności wybranych gatunków filtratorów (wrotki, skorupiaki) oraz zmiany wielkości (skorupiaki) na tle zmienności ich bazy pokarmowej, tzn. ogólnej produkcji fitoplanktonu

oraz produkcji i biomasy nannoplanktonu. Stwierdzono m.in., że płodność wrotków oraz płodność i wielkość drobnych wioślarek (mikrofiltratorów) jest większa w jeziorach obfitujących w drobny seston i o dużej produkcji fitoplanktonu, zaś makrofiltratorów — w jeziorze mezotroficznym, o mniejszej produkcji ogólnej lecz znacznym udziale nannoplanktonu. Znajduje to uzasadnienie w wybiórczości pokarmowej tych grup troficznych zooplanktonu (Hillbricht-Ilkowska i Węgleńska).

Opracowano i sprawdzono metodę oceny liczebności pierwotniaków (orzęsków) pelagicznych. W warstwach powierzchniowych Jeziora Mikołajskiego w okresie letnim notowano 3—7 tys. osobn./l (Bownik).

C. **Destrukcja i sedymentacja; bakterie.** Prowadzono kilkuletnie badania nad procesami destrukcji i sedymentacji oraz liczebnością i produkcją masy bakteryjnej w pelagialu kilku jezior, ze szczególnym uwzględnieniem Jeziora Mikołajskiego. Niektóre wyniki tych badań są następujące:

Przeciętne oddychanie planktonu w warstwach powierzchniowych większości jezior wynosi 60—70% produkcji brutto. Wyjątkowo wysokie wartości stwierdzono w mezotroficznym jeziorze Tałtowisko (ok. 100%). Najmniejsze wartości (ok. 30%) stwierdzono we wszystkich jeziorach w okresie wiosennym (Hillbricht-Ilkowska i Spodniewska 1969).

W Jeziorze Mikołajskim maksimum sedymentacji tryptonu notowano wiosną. W lecie sedymentacja była znacznie mniejsza. Wiąże się to ze znacznym natężeniem procesów destrukcji w epilimnionie, gdzie w okresie letnim rozkładowi ulega do 70% produkcji pierwotnej. Jesienią, pomimo spadku produkcji pierwotnej, następował ponowny wzrost ilości sedymentującego tryptonu. Przyczyną tego wzrostu jest prawdopodobnie wytrącanie się z roztworu w postaci agregatów rozpuszczonej materii organicznej. Zimą procesy sedymentacji osiągają swoje minimum. W ciągu całego roku na 1 m² powierzchni dna dopływa 1800 g suchej masy tryptonu. Destrukcja tej masy ma przebieg bardzo intensywny w epilimnionie (do 70%) zaś słaby — w hypolimnionie (5%). Ponowny wzrost intensywności destrukcji tryptonu stwierdzono w powierzchniowej warstwie osadów dennych. W głębszych warstwach osadów pozostaje jedynie 5% energii zawartej w tryptonie dopływającym do powierzchni dna (Ławacz 1969). Określono różnice kaloryczności tryptonu — wyliczonej ze składu chemicznego i ocenionej bezpośrednio w kalorymetrze (Ławacz 1970b).

Analizowano zmienność sezonową ilości i składu chemicznego sestonu. Stwierdzono, że ilość sestonu jest tym większa, im większa żywność jeziora. Ponadto dokonano wstępnych ocen koncentracji materii organicznej rozpuszczonej w wodzie Jeziora Mikołajskiego. Stwierdzono, że jej ilość w okresie letnim wynosi 20—30 mg/l (Ławacz).

Analizowano rozmieszczenie przestrzenne bakterii w Jeziorze Mikołajskim. Stwierdzono istotny wpływ litoralu oraz ścieków miejskich i przemysłowych na liczebność bakterii planktonowych (Godlewska-Lipowa).

Badano wpływ koncentracji różnych substancji odżywczych na tempo wzrostu bakterii pelagicznych. Tempo wzrostu bakterii na substracie organicznym było największe w jeziorze Śniardwy; w przypad-

ku jezior żyźniejszych efekt dodania substratu organicznego był mniejszy (Godlewska-Lipowa).

Oceniono czas generacji naturalnego zespołu bakterii w kilku jeziorach różnej trofii; wahał się on w lecie od 3,5 do 6 godzin (Godlewska-Lipowa 1970).

4. Profundal

Zanalizowano chemizm osadów dennych 50 jezior. Stwierdzono, że kaloryczność osadów w powiązaniu z zawartością materii organicznej jest dobrym wskaźnikiem trofii jezior. Wartość energetyczna materii organicznej może być wskaźnikiem intensywności procesów mineralizacji. Zużycie tlenu przez osady pochodzące ze środowisk beztlenowych jest znacznie większe niż przez osady pochodzące ze środowisk bogatych w tlen. Obecność fauny dennej powoduje zwiększenie zużycia tlenu przez same osady (J. I. Rybak 1969). W badaniach tych, do analizy mikrostratyfikacji tlenu w przydennych warstwach wody, posłużono się metodą tzw. rur gradientowych (J. I. Rybak 1966). Ponadto badano tempo wymiany niektórych substancji między wodą a osadem. Tempo wymiany fosforu i potasu było zależne od ich koncentracji w wodzie i osadach (J. I. Rybak i Gałusza).

A. Ogólne prawidłowości produkcji bentosu. Oceniono roczną produkcję i biomasę bentosu niedrapieżnego w kilku jeziorach różnej trofii. Najwyższe wartości produkcji stwierdzono w mezotroficznym jeziorze Tałtowisko (ok. 200 kcal/m²), a następnie kolejno: w eutroficznym Jeziorze Mikołajskim i stawowym jeziorze Warniak (ok. 100—150 kcal), eutroficznym-polymiktycznym jeziorze Śniardwy (ok. 50 kcal), wreszcie zdecydowanie najniższe w dystroficznym jeziorze Flosek (ok. 0,5 kcal). W środowiskach płytkich, w porównaniu z głębokimi, zmienność sezonowa produkcji i dominacji różnych grup była większa. Oceniono też stosunek rocznej produkcji form drapieżnych do niedrapieżnych. W jeziorach o wysokiej ogólnej produkcji bentosu jest on niski (ok. 5—10%) i vice versa (ok. 10—20%). Stosunek rocznej produkcji bentosu do średniej biomasy wynosi 10—15 i nie wykazuje między jeziorami różnic większych niż obserwowane między stanowiskami w obrębie jednego jeziora (Kajak i Dusoge).

Przy użyciu metody odgrodzeń analizowano wpływ ryb na liczebność i produkcję bentosu. W przypadku odgrodzeń krótkotrwałych przyrost biomasy oceniono jako równoznaczny ilości wyżeranej przez ryby. Stwierdzono, że oceniona w ten sposób produkcja bentosu była zbliżona do produkcji ocenionej metodami kalkulacyjnymi (Kajak 1971).

B. Czynniki warunkujące produkcję bentosu; zależności troficzne. Badania prowadzono głównie metodą eksperymentów terenowych i laboratoryjnych, przy użyciu klatek bądź cylinderek pozwalających na uzyskanie wycinków dna o niezaburzonej strukturze i naturalnej obsadzie fauny (Kajak 1964, 1966, 1968). Zastosowanie techniki flotacyjnej pozwoliło na znaczne zwiększenie dokładności wyników, dzięki uzyskaniu danych o całkowitej liczebności bentosu, łącznie z najmłodszymi stadiami (Kajak, Dusoge

i A. Prejs 1968). Problemowi wiarygodności ocen liczebności bentosu przy stosowaniu różnych typów aparatów poświęcono specjalne opracowanie (A. Prejs 1969). Niektóre wyniki badań przedstawiają się następująco:

Przeprowadzono ocenę racji pokarmowych niedrapieżnych *Chironomidae* bentosowych w warunkach bliskich naturalnym (technika cylinderków eksperymentalnych). Stwierdzono, że pokarm stanowią głównie glony, z których dobrze trawione są okrzemki, a źle trawione — zielenice i sinice. *Chironomidae* odżywiają się na powierzchni osadu (Kajak i Warda 1968).

W hodowli *Chironomus anthracinus* na mule z różnych warstw osadów (w całej, ok. 10-cm warstwie oraz w kolejnych warstwach pod powierzchnią osadów) stwierdzono, że odżywianie się oraz tempo wzrostu i rozwoju (przepoczwarzanie) są znacznie lepsze i szybsze, zaś śmiertelność — mniejsza w warunkach pełnej warstwy osadów, a następnie w warstwie do 2 cm głębokości pod powierzchnią, w porównaniu z warstwami głębszymi. Różnice te korelowały z rozmieszczeniem glonów w osadach (glony praktycznie nie występowały poniżej 3 cm od powierzchni osadów) (Kajak i J. Rybak 1970).

Ponadto analizowano szybkość przechodzenia pokarmu przez przewody różnych gatunków niedrapieżnych *Chironomidae*, ilość pokarmu w przewodach, wzrost i przeżywalność larw umieszczonych w osadzie, w których glony stanowiły pokarm umieszczony w różnej odległości od powierzchni osadu. Stwierdzono, że larwy odżywiają się tylko wtedy, gdy glony stanowią warstwę oddaloną od powierzchni mułu do 1,5 cm (Kajak i J. Rybak).

W eksperymentach z naturalnym zespołem bentosu wykazano, że drapieżca bentosowy, *Procladius choreus*, żeruje głównie na młodocianych stadiach *Chironomidae*. Jego dobową racją pokarmową wynosi ok. 10% ciężaru ciała, zaś efektywność wykorzystania pokarmu na wzrost — ok. 60%. Zwiększenie ilości łatwo dostępnego pokarmu powodowało znaczny wzrost produkcji *P. choreus*, nie obniżając efektywności wykorzystania pokarmu (Kajak i Dusoge 1970).

W eksperymentach (metoda klatek i cylinderków) stwierdzono, że oddziaływania wzajemne *Chironomidae* decydują o ich odżywianiu się oraz o przeżywalności stadiów młodocianych. Powiązania wzajemne w obrębie zespołu bentosowego są bardzo silne; każda zmiana jednego składnika (np. sztuczne zwiększenie liczebności populacji) powoduje natychmiastową reakcję w postaci zmiany liczebności innych składników, w tym również mikrobentosu. Podobnie zmiany struktury środowiska dennego (uzyskiwane przez umieszczenie w osadach szkiełek, czy różnicowanie wielkości klatek) powodowały zmiany liczebności bentosu (Kajak i Dusoge 1967, Kajak, Dusoge i Stańczykowska 1968).

Zanalizowano rozmieszczenie bentosu w warstwach osadów dennych trzech jezior (Tałtowisko, Śniardwy, Mikołajskie), pod kątem dostępności fauny dennej dla ryb. Stwierdzono, że większość fauny skupia się w powierzchniowej, kilkucentymetrowej warstwie osadów, dzięki czemu jest łatwo dostępna dla ryb bentosożernych (Kajak i Dusoge 1971). Poprzednio stwierdzono podobne prawidłowości rozmieszczenia pionowego zoomikrobentosu, który w 90% skupiał się w powierzchniowej, 2-4-centymetrowej warstwie osadów (Stańczykowska 1966),

przy czym jego biomasa w wielu środowiskach tylko nieznacznie ustępuje biomase makrobentosu (Stańczykowska 1967, Stańczykowska i Przytocka-Jusiak 1968). Osobne opracowanie poświęcono ważnej grupie organizmów mikrobentosowych, a mianowicie wolno żyjącym nicieniom (K. Prejs 1970).

W eksperymencie terenowym oceniono filtrację *Dreissena polymorpha*, co pozwoliło na wyliczenie okresu, w którym populacja tego gatunku, z reguły bardzo liczna, może przefiltrować wodę epilimnionu w różnych jeziorach, a także na wyliczenie ilości aglutynatów i ekskrementów wprowadzanych do środowiska (Stańczykowska 1968). Ponadto badano kaloryczność ciała *D. polymorpha* w populacjach o różnym zagęszczeniu i w różnych warunkach troficznych (Stańczykowska).

5. Ogólny schemat przepływu energii w ekosystemie jeziora

Na przykładzie Jeziora Mikołajskiego, dla którego dysponowano najbardziej kompletnymi danymi dotyczącymi produkcji wszystkich podstawowych zespołów producentów i konsumentów, ilościowymi danymi o procesie sedymentacji (trypton) i destrukcji, sporządzono podstawowy schemat przepływu energii w skali całorocznej (fig. 1). Oceniono również niektóre efektywności ekologiczne, tzn. stosunki między produkcją kolejnych poziomów troficznych. Stwierdzono m.in., że przy wartości pierwotnych źródeł pokarmu (łącznie produkcja pierwotna netto, przyjęta średnio jako 70% produkcji brutto, i materia allochtoniczna) wynoszącej 3610 kcal/m², produkcja biomasy zooplanktonu niedrapieżnego (filtrującego) wynosi ok. 12%, produkcja zoobentosu niedrapieżnego jedynie 3%, zaś zaledwie 1,5% produkcji pierwotnej wypada z obiegu pod postacią osadów. Około 60% produkcji pierwotnej jest destruowane w epilimnionie (do głębokości około 10 m), pozostała część (ok. 30%) pod postacią tryptonu opuszcza warstwy powierzchniowe. Około 11% energii tryptonu, stanowiącego zasadnicze źródło pokarmu dla bentosu jest wykorzystywane na produkcję bentosu niedrapieżnego, zaś 5% odkłada się w postaci osadów. Stosunek produkcji bentosu do „produkcji” tryptonu jest zbliżony do wielkości użytkowania produkcji pierwotnej przez zooplankton pelagiczny (12%). Na uwagę zasługuje fakt większej efektywności wykorzystania pokarmu w łańcuchu drapieżników planktonowych, w porównaniu z bentosowymi; w planktonie średnio ok. 30% produkcji filtratorów jest użytkowane przez drapieżników, podczas gdy bentos drapieżny użytkowuje zaledwie 1% produkcji swego pokarmu, tj. bentosu niedrapieżnego.

II. Wpływ sztucznie zwiększonej obsady ryb na biocenozę jeziora

Podsumowano 3-letni cykl badań (1967—1969) prowadzonych wspólnie z Instytutem Rybactwa Śródlądowego. Do stawowego jeziora Warniak wprowadzono karpia i leszcza (corocznie wczesną wiosną; odłowy prowadzono jesienią) i analizowano wpływ zwiększonej w ten sposób obsady ryb na biocenozę jeziora, porównując odgrrodzone sieciami zarzybione i kontrolne części jeziora. Ze względu na to, że nie odławiano

wszystkich introdukowanych ryb, obsada w kolejnych latach wzrosła. Niektóre wyniki badań, przedstawione na VIII Zjeździe Hydrobiologów Polskich (Białystok, 16—20 IX 1970 r.)² są następujące:

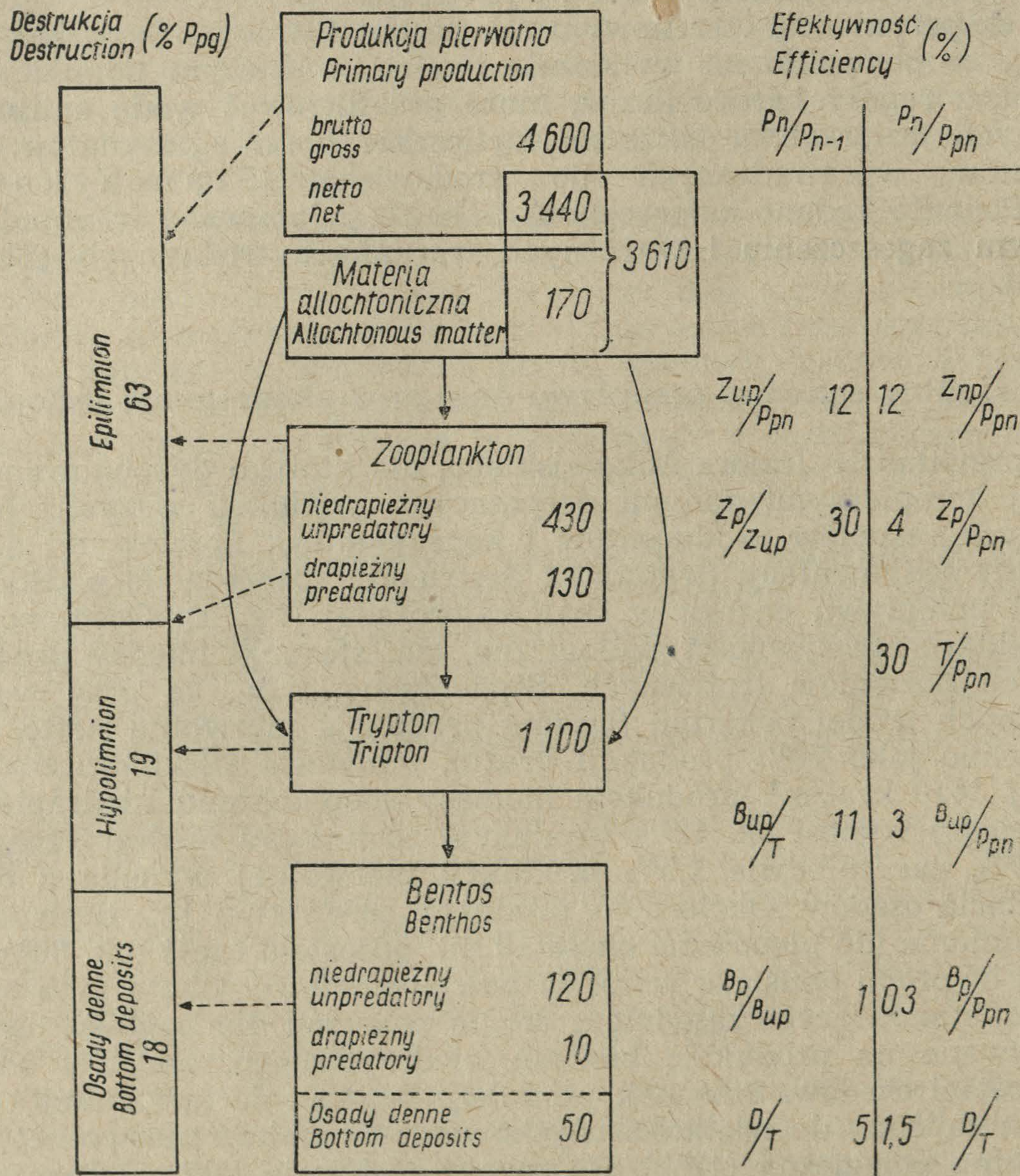


Fig. 1. Schemat przepływu energii w ekosystemie Jeziora Mikołajskiego (w kcal/m²/rok) (wg Kajaka, Hillbricht-Ilkowskiej i Pieczyńskiej 1971)

P_n — produkcja n poziomu troficznego, P_{n-1} — produkcja n-1 (niższego) poziomu troficznego, P_{pg} — produkcja pierwotna brutto, P_{pn} — produkcja pierwotna netto plus materia allochtoniczna, Z_{up} — zooplankton niedrapieżny, Z_p — zooplankton drapieżny, T — trypton, B_{up} — bentos niedrapieżny, B_p — bentos drapieżny, D — osady denne

Scheme of energy flow in ecosystem of Mikolajskie Lake (in kcal/m²/year) (acc. to Kajak, Hillbricht-Ilkowska and Pieczyńska 1971)

P_n — production of n trophic level, P_{n-1} — production of n-1 (lower) trophic level, P_{pg} — gross primary production, P_{pn} — net primary production plus allochthonous matter, Z_{up} — unpredatory zooplankton, Z_p — predatory zooplankton, T — tripton, B_{up} — unpredatory benthos, B_p — predatory benthos, D — bottom deposits

² Pieczyński, E. — Warunki pokarmowe ryb w jeziorze Warniak. Wprowadzenie i fauna naroślinna;
Pieczyńska, E. — Ditto. Pobrzeże;
Kajak, Z., Dusoge, K. — Ditto. Fauna denna;
Prejs, A. — Ditto. Odżywianie się ryb.

A. P l a n k t o n. Analizując biomasę i produkcję fitoplanktonu stwierdzono wyraźne różnice w kolejnych latach badań. Największą biomasę fitoplanktonu (średnio 5 mg/l) i największą produkcję (1700—1800 kcal/m² w okresie 6-miesięcznym) stwierdzono w pierwszym roku eksperymentu (1967 r.). Zmniejszaniu się w kolejnych latach biomasy i produkcji fitoplanktonu towarzyszył wzrost udziału nanoplanktonu (w biomacie i produkcji) oraz wzrost oddychania zespołu planktonowego. Równocześnie obserwowano zmniejszanie się zróżnicowania wartości biomasy i produkcji fitoplanktonu na poszczególnych stanowiskach, co może być wynikiem ujednoczenia środowiska przez zwiększającą się obsadę ryb, analogicznie do obserwacji w stawach rybnych (Hillbricht-Ilkowska i Spodniewska).

W badaniach nad zooplanktonem obserwowano w kolejnych latach wyraźny wzrost liczebności wrotków (szczególnie latem) oraz wzrost udziału w zooplanktonie drobnych gatunków skorupiaków (rodzaje *Bosmina* i *Ceriodaphnia*), a ustępowanie gatunków dużych (rodzaje *Daphnia* i *Diaphanosoma*). Opierając się na podobnych spostrzeżeniach z badań stawowych można stwierdzić, że jest to objaw wzrostu „eutrofizacji” zbiornika silnie przekształcanego przez ryby (Hillbricht-Ilkowska i Węgleńska).

B. P o b r z e ż e. Analizowano zasobność pokarmową oraz dostępność tej strefy dla penetracji ryb. Stwierdzono, że obszar okresowo zalewany i odsłaniany przez wodę w kolejnych latach waha się od 1,9 do 2,7 ha, co stanowi od 5,0 do 7,1% powierzchni jeziora. Wliczając środowiska bardzo płytkie (do 5 cm głębokości), zarośnięte, charakteryzujące się deficytami tlenu, strefa okresowo niedostępna dla ryb wynosi 11% powierzchni jeziora. Największą dostępność pobraża we wszystkich latach obserwowano od kwietnia do maja, najmniejszą — od lipca do września. Fauna w strefie pobraża reprezentowana jest zarówno przez grupy liczne i w innych strefach zbiornika (*Chironomidae*, *Tubificidae*), jak też przez formy wyłączne dla tej strefy (9 rodzin *Diptera*, 3 rodziny *Oligochaeta* i inne; niektóre z nich notowano w przewodach pokarmowych ryb). Liczebność fauny w pobrażu jest zbliżona do liczebności w innych strefach zbiornika, natomiast biomasa — wielokrotnie wyższa (Pieczyńska).

C. B e n t o s. Analiza liczebności i biomasy fauny dennej nie wykazała różnic między zarybioną i kontrolną częścią jeziora. Obserwowano natomiast stopniowe zmniejszanie się ogólnej liczebności i biomasy bentosu w kolejnych latach. Może to być wynik zwiększającej się obsady ryb w jeziorze. W bentosie dominowały larwy *Chironomidae*, okresowo inne grupy bezkręgowców osiągały wysoką liczebność i biomasę (Kajak i Dusoge). Analogiczne wyniki przyniosła analiza zoomikrobentosu — brak różnic między zarybioną i kontrolną częścią jeziora (Stańczykowska).

D. F a u n a n a r o ś l i n n a. Porównując średnią dla sezonu wegetacyjnego liczebność i biomasę dominujących grup fauny (odnoszoną do ciężaru roślin) stwierdzono, że w zarybionej części jeziora jest ona niższa niż w kontrolnej. Na przykład, w 1968 r. biomasa *Chironomidae* (wyraźny dominant) zasiedlających moczarkę (*Elodea canadensis*) była niższa średnio o 37,4%, a zasiedlających osokę (*Stratiotes aloides*) — o 43,8%. Rzecz charakterystyczna, że obniżenie się biomasy *Chirono-*

midae było większe niż obniżenie się liczebności (wynosiło ono, odpowiednio, 29,5 i 28,1%). W 1969 r. obserwowano analogiczne prawidłowości, mimo że — w porównaniu do 1968 r. — zamieniono część kontrolną na zarybioną i vice versa. Wyniki te można, jak się wydaje, interpretować jako efekt żerowania ryb (Pieczyński).

Ponadto zanalizowano liczebność i skład jakościowy fauny zasiedlającej zespoły *Lemnaceae*; stwierdzono bardzo duże zagęszczenie fauny, zwłaszcza w zespole pływającym *Lemna minor*, *L. trisulca* i *Spirodella polyrrhiza* (Kobuszewska, praca magisterska).

E. **O d ż y w i a n i e s i ę r y b.** Analizując zawartość przewodów pokarmowych ryb stwierdzono, że: a) W odżywianiu się karpia, lina i leszcza dominujące znaczenie ma bentos i fauna naroślinna (*Chironomidae*, *Trichoptera* i *Mollusca*); b) W odżywianiu się karasia główną rolę odgrywają *Cladocera*; c) Pokarm płoci stanowią makrofity i glony nitkowate, z niewielką tylko domieszką form zwierzęcych; d) Największą intensywnością odżywiania się w ciągu całego sezonu wegetacyjnego charakteryzuje się karp, a następnie kolejno leszcz, lin i karaś. Analizowano też intensywność odżywiania się poszczególnych gatunków w cyklu dobowym oraz zmiany intensywności żerowania i składu pokarmu związane ze zwiększaniem się w kolejnych latach obsady ryb (A. Prejs). Analiza udziału wodopójek w pokarmie lina, karpia i karasia, uwzględniająca pewne aspekty wybiórczości pokarmowej była tematem specjalnego opracowania (Pieczyński i A. Prejs 1970).

Ponadto zanalizowano pokarm kilku gatunków narybku (lin, karaś, okoń, płoć). Stwierdzono, że w pokarmie lina i karasia dominują *Cladocera*, okonia — *Ephemeroptera*, płoci — dorosłe *Diptera* (nie notowane u innych gatunków). Badane gatunki różniły się intensywnością żerowania (najintensywniej odżywiał się okoń) (Wawrzyniak, praca magisterska).

F. **P o d s u m o w a n i e.** Ogólnie można stwierdzić, że zwiększająca się w kolejnych latach obsada ryb spowodowała wyraźne zmiany w jeziorze, wskazujące na pogorszenie się warunków pokarmowych: a) Zmiany w zespołach planktonu, podobne do obserwowanych w stawach rybnych (mniejsza produkcja fitoplanktonu, wzrost udziału nannoplanktonu, ustępowanie dużych gatunków zooplanktonu), b) Stopniowe zmniejszanie się biomasy bentosu, c) Zmniejszanie się średnich przyrostów ryb i spadek intensywności żerowania.

Piśmiennictwo

- B o w n i k, L.J. 1970 — The periphyton of the submerged macrophytes of Mikołajskie Lake — *Ekol. Pol.* 18: 503—520.
- G l i w i c z, Z.M. 1967 — The contribution of nannoplankton in pelagial primary production in some lakes with varying trophy — *Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II*, 15: 343—347.
- G l i w i c z, Z.M. 1968 — The use of anaesthetizing substance in studies on the food habits of zooplankton communities — *Ekol. Pol. A*, 16: 279—295.
- G l i w i c z, Z.M. 1969a — Wykorzystanie produkcji pierwotnej przez konsumentów planktonowych w zależności od długości łańcucha pokarmowego — *Ekol. Pol. B*, 15: 63—70.

- Gliwicz, Z.M. 1969b — The share of algae, bacteria and trypton in the food of the pelagic zooplankton of lakes with various trophic characteristics — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 17: 159—165.
- Gliwicz, Z.M. 1969c — Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy — Ekol. Pol. A, 17: 663—708.
- Gliwicz, Z.M. 1970 — Calculation of food ratio of zooplankton community as an example of using laboratory data for field conditions — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 168—175.
- Godlewska-Lipowa, W.A. 1969 — Relationship between the generation time of a group of bacteria in water, and the exposure time and capacity of flasks — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 17: 233—237.
- Godlewska-Lipowa, W.A. 1970 — Generation time of a group of bacteria in the water of Masurian lakes — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 116—120.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Karabin, A. 1970 — An attempt to estimate consumption, respiration and production of *Leptodora kindtii* (Focke) in field and laboratory experiments — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 80—86.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Patalas, K. 1967 — Metody oceny produkcji i biomasy oraz niektóre problemy metodyki ilościowej zooplanktonu — Ekol. Pol. B, 13: 139—172.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Pourriot, R. 1970 — Production of experimental populations *Brachionus calyciflorus* Pallas (*Rotatoria*) exposed to the artificial predation of different rates — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 243—250.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Spodniewska, I. 1969 — Comparison of the primary production of phytoplankton in three lakes of different trophic type — Ekol. Pol. A, 17: 241—261.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Spodniewska, I., Węgleńska, T., Karabin, A. 1971 (in press) — The variation of some ecological efficiencies and production rates in plankton community of several lakes of different trophy — IBP-UNESCO Symp. on Productivity Problems of Freshwaters.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Stańczykowska, A. 1969 — The production and standing crop of planktonic larvae of *Dreissena polymorpha* Pall. in two Mazurian lakes — Pol. Arch. Hydrobiol. 16 (39): 193—203.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Węgleńska, T. 1970a — The effect of sampling frequency and the method of assessment on the production values obtained for several zooplankton species — Ekol. Pol. 18: 539—558.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Węgleńska, T. 1970b — Some relations between production and structure of zooplankton in two lakes of a varying trophy — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 235—247.
- Kajak, Z. 1964 — Experimental investigations of benthos abundance on the bottom of lake Śniardwy — Ekol. Pol. A, 12: 11—31.
- Kajak, Z. 1966 — Field experiment in studies on benthos density of some Masurian lakes — Gewässer u. Abwasser, 41/42: 150—158.
- Kajak, Z. 1967 — Uwagi w sprawie metod badania produkcji bentosu — Ekol. Pol. B. 13: 173—195.
- Kajak, Z. 1968 — Analiza eksperymentalna czynników decydujących o obfitości bentosu (ze szczególnym uwzględnieniem *Chironomidae*) — Instytut Ekologii PAN, Warszawa, 94 str.
- Kajak, Z. 1970 — Some remarks on the necessities and prospects of the studies on biological production of freshwater ecosystems — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 42—54.

- Kajak, Z. 1971 (in press) — Experimental analysis of the dependence of the abundance and production of un predatory benthos on its food and predators — IBP-UNESCO Symp. on Productivity Problems of Freshwaters.
- Kajak, Z., Dusoge, K. 1967 — Influence of artificially increased abundance of *Chironomus plumosus* on the benthos — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 15: 27—33.
- Kajak, Z., Dusoge, K. 1970 — Production efficiency of *Procladius choreus* Mg (*Chironomidae*, *Diptera*) and its dependence on the trophic conditions — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 218—226.
- Kajak, Z., Dusoge, K. 1971 (in press) — The regularities of vertical distribution of benthos in bottom sediments of three Masurian lakes — Ekol. Pol. 19.
- Kajak, Z., Dusoge, K., Prejs, A. 1968 — Application of the flotation technique to assessment of absolute numbers of benthos — Ekol. Pol. A, 16: 607—620.
- Kajak, Z., Dusoge, K., Stańczykowska, A. 1968 — Influence of mutual relations of organisms, especially *Chironomidae*, in natural benthic communities, on their abundance — Ann. Zool. Fenn. 5: 49—56.
- Kajak, Z., Hillbricht-Ilkowska, A., Pieczyńska, E. 1971 (in press) — Production processes in several Masurian lakes — IBP-UNESCO Symp. on Productivity Problems of Freshwaters.
- Kajak, Z., Ranke-Rung, B. 1970 — Feeding and production efficiency of *Chaoborus flavicans* Meigen (*Diptera*, *Culicidae*) larvae in eutrophic and dystrophic lake — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 226—234.
- Kajak, Z., Rybak, J. 1970 — Food conditions for larvae of *Chironomidae* in various layers of bottom sediments — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 18: 193—196.
- Kajak, Z., Warda, J. 1968 — Feeding of benthic non-predatory *Chironomidae* in lakes — Ann. Zool. Fenn. 5: 57—64.
- Kowalczewski, A. 1966 — Modyfikacja metody pomiarów produkcji pierwotnej wycinków litoralu — Ekol. Pol. B, 12: 325—329.
- Ławacz, W. 1969 — The characteristics of sinking material and the formation of bottom deposits in a eutrophic lake — Mitt. int. Vereinig. Limnol. 17: 319—331.
- Ławacz, W. 1970a — Formy występowania materii organicznej w wodach i metody jej badania — Wiad. ekol. 16: 55—67.
- Ławacz, W. 1970b — Estimation of the energetic value of non-living particulate organic matter (tripton) by two different methods — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 134—139.
- Pieczyńska, E. 1968 — Dependence of the primary production of periphyton upon the substrate area suitable for colonization — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 16: 165—169.
- Pieczyńska, E. 1970a — Periphyton in the trophic structure of freshwater ecosystems — Pol. Arch. Hydrobiol. 17 (40): 140—147.
- Pieczyńska, E. 1970b — Perifiton jako pokarm zwierząt wodnych (metody badań) — Wiad. ekol. 16: 133—144.
- Pieczyńska, E. 1971a (in press) — Production and decomposition in the eulittoral zone of lake — IBP-UNESCO Symp. on Productivity Problems of Freshwaters.
- Pieczyńska, E. 1971b (in press) — Mass appearance of algae in the littoral of several Masurian lakes — Mitt. int. Vereinig. Limnol. 19.
- Pieczyńska, E., Straškraba, M. 1969 — Field experiments on the effect of light conditions in *Phragmites* stands on the production of littoral algae — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 17: 43—46.

- Pieczyńska, E., Szczepańska, W., Szczepański, A. 1967 — Metody badania produkcji pierwotnej w ekosystemach słodkowodnych — Ekol. Pol. B, 13: 123—138.
- Pieczyński, E., Prejs, A. A. 1970 — The share of water mites (*Hydracarina*) in the food of three species of fish in lake Warniak — Ekol. Pol. 18: 445—452.
- Pourriot, R., Hillbricht-Ilkowska, A. 1969 — Recherches sur la biologie de quelques Rotifères planctoniques. I. Resultats préliminaires — Bull. Soc. Zool. France, 94: 111—118.
- Prejs, A. 1969 — Differences in abundance of benthos and reliability of its assessment in several lake habitats — Ekol. Pol. A, 17: 133—147.
- Prejs, K. 1970 — Some problems of the ecology of benthic nematodes (*Nematoda*) of Mikołajskie Lake — Ekol. Pol. 18: 226—242.
- Rybak, J. I. 1966 — Method for analyzing the microstratifications in the near-bottom water layers — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 14: 321—325.
- Rybak, J.I. 1969 — Bottom sediments of the lakes of various trophic type — Ekol. Pol. A, 17: 611—662.
- Spodniewska, I. 1969 — Day-to-day variations in primary production of phytoplankton in Mikołajskie Lake — Ekol. Pol. A, 17: 503—514.
- Stańczykowska, A. 1966 — Some methodical problems in zoomicrobenthos studies — Ekol. Pol. A, 14: 385—393.
- Stańczykowska, A. 1967 — Comparison of the zoomicrobenthos occurring in the profundal of several lakes in northern Poland — Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 15: 349—353.
- Stańczykowska, A. 1968 — Możliwości filtracyjne populacji *Dreissena polymorpha* Pall. w różnych jeziorach jako czynnik wpływający na obieg materii w jeziorze — Ekol. Pol. B, 14: 265—270.
- Stańczykowska, A., Przytocka-Jusiak M. 1968 — Variations in abundance and biomass of microbenthos in three Mazurian lakes — Ekol. Pol. A, 16: 539—559.
- Straškřaba, M., Pieczyńska, E. 1970 — Field experiments on shading effect by emergents on littoral phytoplankton and periphyton production — Rozpr. Čsl. akad. věd. 80: 7—32.
- Węgleńska, T. 1968 — Wpływ naturalnego pokarmu na rozwój i produkcję zooplanktonu — Ekol. Pol. B, 14: 271—277.
- Węgleńska, T. 1971 (in press) — The influence of various concentrations of natural food on the development, fecundity and production of planktonic crustacean filtrators — Ekol. Pol. 19.

Summary

The article presents the results of the several years studies dealing with two subjects:

1) Productivity of the Masurian lakes (regularities and mechanisms of the abundance, biomass and production of organisms). Investigations were carried out in several lakes with different trophy (Tab. I). The following were studied: allochthonous matter, primary production of macrophytes, periphyton and littoral plankton, destruction in the eulittoral zone, production of pelagial phytoplankton and zooplankton, processes of destruction and sedimentation in the pelagial, production of bacteria, biomass and production of profundal benthos, and trophic

rélations in benthos. On the example of Mikołajskie Lake a general scheme was made of the energy flow through the ecosystem (Fig. 1). Synthesis of these studies was presented in several papers at the IBP-UNESCO Symposium on productivity problems of freshwaters (Kazimierz-Dolny, May 6—12, 1970).

2) The effects of artificially increased fish stocks on lake biocenosis. The following were studied: biomass and production of phyto- and zooplankton, food resources of the eulittoral zone and their accessibility for fish, abundance and biomass of bottom fauna and fauna living on plants, and feeding habits of fish. The results were presented in several papers at the VIII Conference of Polish Hydrobiologists (Białystok, September 16—20, 1970).