Acta Agrophysica, 2002,66, 89-120

EKOSYSTEMY WODNE POLESIA – STAN AKTUALNY I KIERUNKI ZMIAN

S. Radwan[1], *T. Mieczan*[1], *W. Płaska*[1], *W. Wojciechowska*[2]
J. Sender[1], *P. Jaszczenko*[3]

[1]Katedra Hydrobiologii i Ichtiobiologii, Akademia Rolnicza
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
[2]Katedra Botaniki i Hydrobiologii, Katolicki Uniwersytet Lubelski
ul. C.K. Norwida 4, 20-061 Lublin
[3]Instytut Ekologii Karpat, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy
Kozelnytska St. 4, Lviv, 79026, Ukraine

S t r e s z c z e n i e. Zachodzące w ostatnim czterdziestoleciu zmiany ekologiczne w ekosystemach wodnych Polesia Lubelskiego dotyczą zarówno ich funkcjonowania, jak i kształtowania się czynników fizyko-chemicznych oraz nasilających się zmian w strukturach jakościowych i ilościowych biocenoz – fito- i zoocenoz.

W grupie czynników fizyko-chemicznych przewodnictwo elektrolityczne i zawartość tlenu w przydennych warstwach wody kształtowały się na coraz niższym poziomie w kolejnych dekadach. Z kolei fosforany, fosfor całkowity i azot amonowy osiągały coraz wyższe wartości w wodach zdecydowanej większości jezior. Szczególnie wyraźnie zjawisko to występowało w jeziorach (niezależnie od ich trofii) znajdujących się pod narastającym wpływem działalności gospodarczej człowieka. Wody tych jezior ulegały wyraźnej alkalizacji w kolejnych dekadach. W większości jezior największy wzrost wartości pH wystąpił w dekadzie lat 80-tych, zaś w końcu lat 90-tych proces alkalizacji wód przebiegał na nieco niższym poziomie.

Natomiast w grupie czynników biocenotycznych badanych jezior najwyraźniejsze zmiany w czasie zaszły w strukturze jakościowej zooplanktonu i zoobentosu. W kolejnych dekadach następował stopniowy wzrost ogólnej liczby taksonów, przy jednoczesnym spadku liczby gatunków rzadkich i wskaźnikowych mezotrofii i dystrofii oraz wzroście wskaźników eutrofii. Zmiany liczebności zooplanktonu a szczególnie zoobentosu miały charakter zmian fluktuacyjnych, jednak w skali 40-lecia zaznaczała się dość wyraźna tendencja wzrostowa tej liczebności. Współczynnik różnorodności gatunkowej Shannona – Wienera wskazuje na dość duże i wyraźnie wahające się w czasie zróżnicowanie jakościowe obydwu zespołów bezkręgowców. Zooplankton najwyższą różnorodność gatunkową osiągał z reguły w latach 60-tych, zaś zoobentos w latach 90-tych.

Również status troficzny jezior Polesia Lubelskiego podlegał zmianom w czasie. W niektórych jeziorach w kolejnych dziesięcioleciach następował – z różnym natężeniem – wzrost trofii. W innych

zaś zmiany te miały charakter fluktuacyjny, ich żyzność podlegała różnym wahaniom w czasie – w wielu jeziorach wzrastała w latach 1960-1970 i zmniejszała się w latach 1980-1990, w innych zaś zjawisko to przebiegało odwrotnie. Największe wahania trofii w kolejnych 10-leciach zachodziły w jeziorach bardzo płytkich (Bikcze, Nadrybie, Moszne).

S ł o w a k l u c z o w e: ekosystemy wodne, struktura ekologiczna, zmiany, Polesie

WSTĘP

Jeziora wraz z torfowiskami i bagnami stanowią charakterystyczny element poleskiego krajobrazu. Na stosunkowo niewielkim obszarze Polesia lubelskiego znajduje się 67 jezior o powierzchni przekraczającej 1 ha, 12 rzek i 15 kompleksów stawów. Na tak wyraźnie krajobrazowo i ekosystemowo zróżnicowanym obszarze szczególne znaczenie posiadają jeziora i torfowiska – ekosystemy o niepowtarzalnych walorach przyrodniczych, z reliktowymi elementami flory i fauny wodnej [15,24]

STAN AKTUALNY – RÓŻNORODNOŚĆ SIEDLISKOWA EKOSYSTEMÓW

Jeziora Polesia charakteryzują się dużą różnorodnością pod względem genezy, morfometrii, reżimu hydrologicznego, stopnia pokrycia makrofitami i intensywności użytkowania oraz gospodarowania w ich zlewniach [1,4]. Aktualnie jeziora Polesia Lubelskiego wykazują duże zróżnicowanie limnologiczne. Są wśród nich nieliczne już jeziora mezotroficzne: jezioro Piaseczno, Białe Włodawskie, Bialskie, Krasne, Zagłębocze i Rogóźno i jeziora dystroficzne: Brzeziczno, Czarne Gościnieckie, Moszne, Długie, Płotycze k. Włodawy i Łukietek oraz najliczniej reprezentowane jeziora eutroficzne. Obejmują one aż 47 jezior znajdujących się w różnych stadiach eutrofii, od słabej eutrofii (np. jeziora: Uściwierz, Gumienek, Mytycze) poprzez umiarkowaną eutrofię (zdecydowana większość jezior), aż do hypertrofii (np. jeziora: Karaśne k. Urszulina, Ciesacin, Głębokie Uścimowskie i in.). Jeziora Polesia Lubelskiego wykazują także duże zróżnicowanie rybackie. Wśród nich występuje 6 jezior leszczowo-sielawowych (np. jeziora: Białe Włodawskie, Krasne, Piaseczno i Zagłębocze), 3 jeziora leszczowo-sandaczowe (jezioro Glinki, Sumin, Uściwierz), 46 jezior linowo-szczupakowych oraz 12 jezior karasiowych (Tabela 1) [20]. Różnorodności limnologicznej i rybackiej jezior towarzyszy duża różnorodność typów litoralu, począwszy od litoralu wielkojeziornego poprzez małojeziorny aż do litoralu bagiennego – co świadczyć może o bardzo dużej mozaikowatości siedliskowej ich strefy przybrzeżnej. W strefach litoralowych jezior występuje z reguły od 3 do 4 typów ekotonów, zwykle

Tabela 1. Różnorodność siedliskowo – ekosystemowa wód Polesia
Table 1. Habitat and ecosystem diversity in the waters of the Polesie Lubelskie Region

a. JEZIORA			
Typ troficzny	Liczba	Typ rybacki	Liczba
eutroficzne	47	leszczowo-sielawowe	6
mezotroficzne	6	leszczowo-sandaczowe	3
dystroficzne	7	linowo-szczupakowe	46
eutroficzno-dystroficzne	7	karasiowe	12
Razem jezior	67	Razem jezior	67
b. RZEKI			
Liczba rzek - 12			
główne rzeki: Bug, Wieprz, Tyśmienica, Włodawka, Piwonia – o różnym stopniu ekologicznego zróżnicowania (zwłaszcza małe rzeki)			
c. STAWY			
15 kompleksów stawowych – ekstensywna gospodarka rybacka o kierunku karpiowym			
d. TORFIANKI			
1) kwaśne (np. wokół jeziora Moszne, Załucza i Parczewa)		2) węglanowe (np. Bagno Bubnów – unikalne w skali Europy)	

dominują dwa lub jeden. W mezotroficznych jeziorach (np. jezioro Piaseczno), z dobrze rozwiniętym psammolitoralem, dominuje ekoton charakteryzujący się brakiem roślinności lub bardzo ubogą roślinnością wynurzoną w eulitoralu oraz występowaniem makrofitów zanurzonych w litoralu i sublitoralu. We wszystkich zaś jeziorach eutroficznych (np. jeziora: Uściwierz, Głębokie Uścimowskie, Bikcze, Łukie itp.), z typowym fitolitoralem małojeziornym lub małojeziornym stawowym, dominuje ekoton z dobrze wykształconym pasmem makrofitów wynurzonych w eulitoralu i z dwoma pasmami makrofitów (wynurzonych i zanurzonych) w litoralu.

Natomiast w jeziorach dystroficznych (np. jeziora: Moszne, Długie, Czarne Gościnieckie), z dominującym fitolitoralem bagiennym lub zanikającym występuje ekoton składający się z makrofitów wynurzonych w strefie brzegowej, jak i nasuwającej się na lustro wody, charakterystyczny dla torfowisk wysokich (np. gatunki z rodzaju *Sphagnum*) oraz gęsto porastających dno jeziora makrofitów zanurzonych (głównie *Chara fragilis*) [18].

Jeziora leżące na Polesiu charakteryzują się małą odpornością na antropopresję, wskutek czego podlegają coraz szybciej zaznaczającej się degradacji ekologicznej [6,17,23,29].

Rzeki Polesia wykazują wysoki stopień ekologicznego zróżnicowania, gdyż podlegają wyraźnej i różnej presji antropogenicznej. Wiele małych rzek w ostatnich trzech dziesięcioleciach uległo głębokim przeobrażeniom ekologicznym. Koryta tych rzek przypominają rowy melioracyjne o różnej szerokości i głębokości z niewielką ilością stagnującej lub leniwie płynącej wody. Typowe dla strefy brzegowej zakrzaczenia i zadrzewienia o charakterze olsowym uległy całkowitemu zniszczeniu lub częściowemu przekształceniu. Postępuje homogenizacja warunków siedliskowych oraz niszczenie miejsc schronienia i tarlisk dla wielu gatunków ryb. Do najbardziej zagrożonych lub silnie zdegradowanych rzek należą: Krzemionka, Mietiułka, Włodawka. Koryta tych rzek nie mają już naturalnego charakteru. Zostały one wyprostowane, pogłębione i pozbawione naturalnych, niegdyś bardzo rozległych ekotonów woda/ląd, odgrywających zasadniczą rolę w funkcjonowaniu całego układu wodno-bagiennego terenów Polesia. Nieco mniejsze objawy ekologicznej degradacji występują w rzece Piwonii. Jedynie dwie duże rzeki regionu – Wieprz i Bug – posiadają dość wysoki stopień naturalności i mozaikowatości siedlisk, wyrażający się meandrującymi korytami oraz naturanie zarastającymi roślinnością brzegową i niekiedy niedostępnymi pobrzeżami.

Stawy objęte są ekstensywną gospodarką rybacką preferującą karpiowy kierunek hodowli. Otaczające je groble porośnięte są zakrzaczeniami i zadrzewieniami. Zwierciadło wody w tych stawach porośnięte jest zazwyczaj makrofitami (helofity, nimfeidy, elodeidy). Dzięki temu występuje w nich dość duże siedliskowe zróżnicowanie, stanowiące dogodne warunki do bytowania i rozwoju ptaków wodno-błotnych. Ze stawów tych w okresie odłowów ryb spuszczana jest woda, stąd też wykształcają się w nich biocenozy wodne zbliżone do tych w zbiornikach astatycznych.

Występujące na terenie Polesia stosunkowo liczne torfianki wykazują różny stopień degradacji, zależny od rodzaju i intensywności antropopresji. Niektóre z nich są unikatowe w skali Europy i posiadają bardzo wysoki stopień naturalności, jak np. torfianki węglanowe na torfowiskach Bagno Bubnów i Bagno Staw. Bardzo wysokie walory przyrodnicze mają także torfianki kwaśne leżące na torfowiskach koło jeziora Moszne, Załucza i Parczewa (Tabela 1) [18].

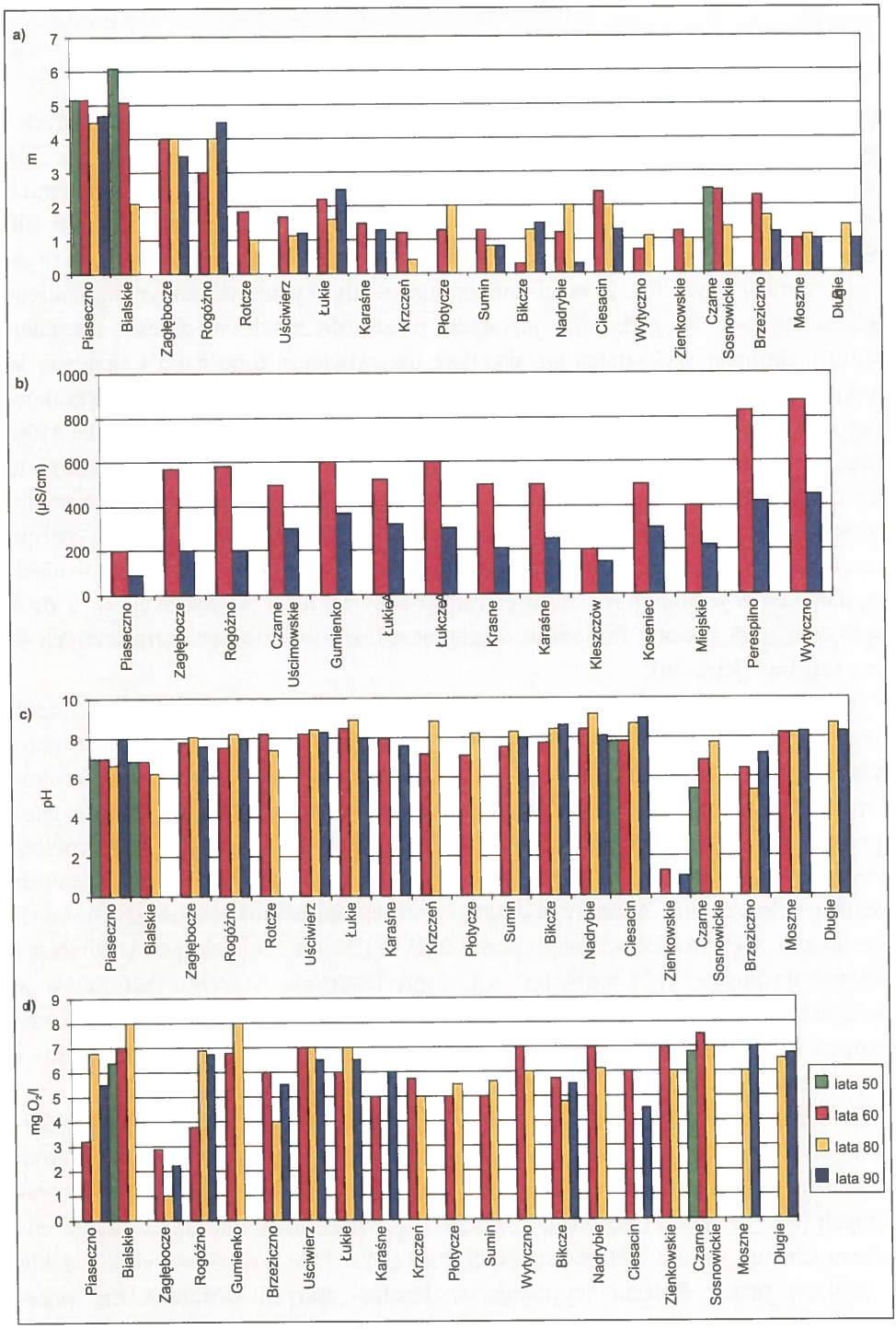
KSZTAŁTOWANIE SIĘ CZYNNIKÓW FIZYCZNO–CHEMICZNYCH WÓD JEZIOR

Właściwości fizyczne i chemiczne wód jeziornych są zmienne i zależne od stanu troficznego jeziora [14,21]. Wśród czynników fizycznych widzialność wody

osiągała największe wartości w jeziorach mezotroficznych i lekko eutroficznych i wynosiła maksymalnie do 4,6 m (np. jezioro Piaseczno, Zagłębocze) (Rys. 1a). Natomiast przewodnictwo elektrolityczne kształtowało się odwrotnie. W jeziorach mezotroficznych osiągało najniższe wartości (np. w jeziorze Piaseczno 100 μS/cm), a najwyższe w jeziorach eutroficznych (np. powyżej 600 μmS/ cm w jeziorze Sumin) (Rys. 1b). Z kolei temperatura wody wykazywała wyraźną zmienność sezonową. W głębokich jeziorach mezotroficznych w okresie stagnacji letniej i zimowej wykształca się wyraźne uwarstwienie termiczne i tlenowe, w płytkich zaś jeziorach osiąga podobne wartości. W grupie czynników chemicznych wyraźne zróżnicowanie w różnych typach jezior wykazuje pH, które waha się od 7 aż do 9. W jeziorach dystroficznych (np. jezioro Brzeziczno) i w niektórych jeziorach mezotroficznych (np. jezioro Piaseczno) pH osiąga z reguły niższe wartości. Natomiast w jeziorach eutroficznych pH wody jest wyraźnie zasadowe (np. jeziora: Uściwierz, Nadrybie) (Rys. 1c). Zawartość tlenu w wodach przydennych w jeziorach mezotroficznych osiąga wartości wahające się od 2 do 5 mg O_2/dm^3 (np. jeziora: Piaseczno, Zagłębocze), zaś w jeziorach eutroficznych 4-8 mg O_2/dm^3 (Rys. 1d).

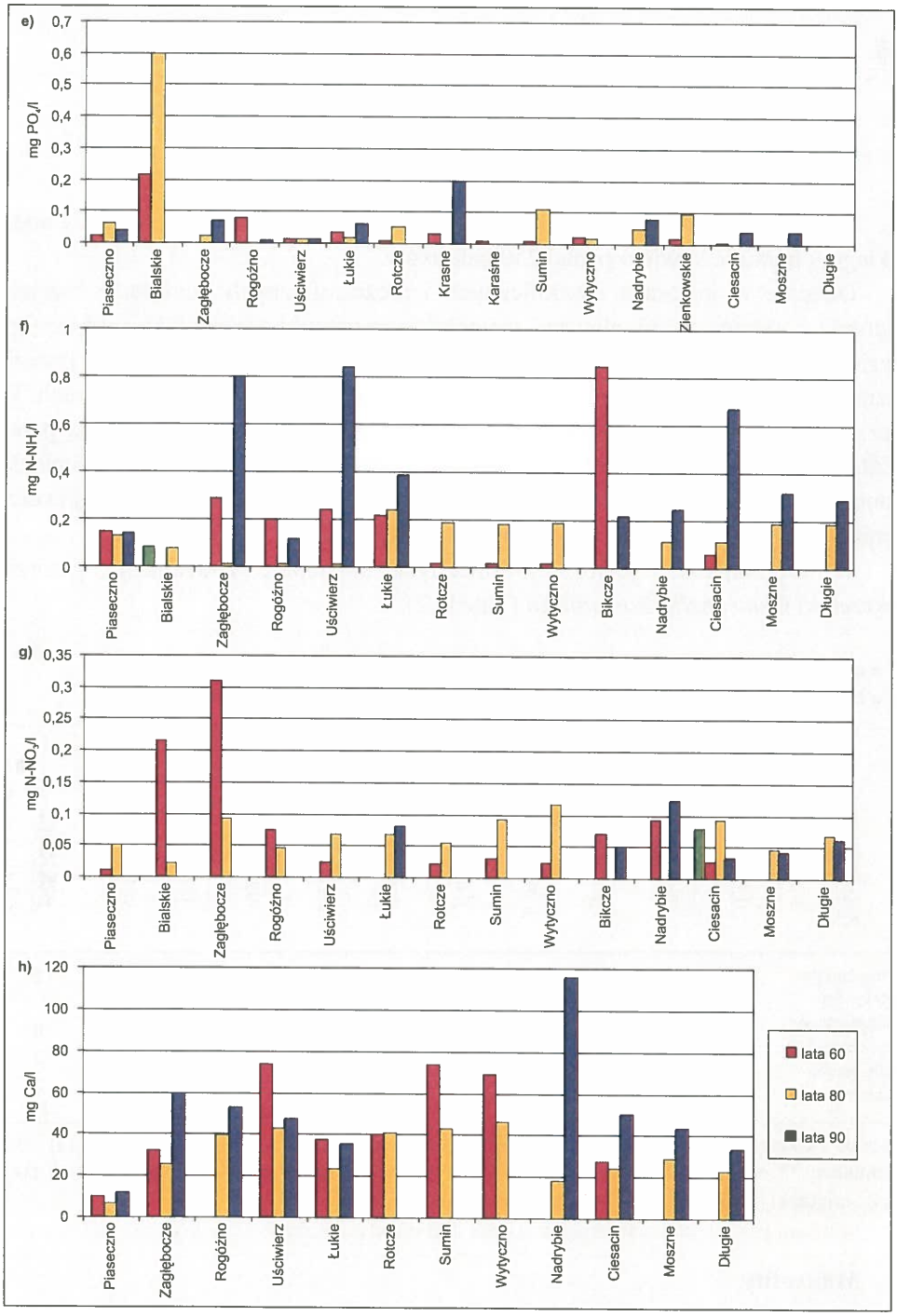
Stężenia pierwiastków biogennych (azotu i fosforu) we wszystkich jeziorach (niezależnie od ich trofii) kształtowały się na niskim poziomie, przy czym nieco wyższe stężenia tych składników występują w jeziorach żyźniejszych, eutroficznych. Najwyższe stężenie osiąga azot amonowy w silnie zdegradowanym ekologicznie jeziorze Ciesacin (0,67 mgN/dm^3), a także w jeziorze Uściwierz (powyżej 0,80 mgN/dm^3), natomiast najniższe w jeziorach mezotroficznych Rogóźno i Piaseczno. Azotany wykazują znaczną zmienność w poszczególnych zbiornikach. Stężenia ich wahają się od 0-0,05 mg N/ dm^3 w jeziorach Uściwierz i Rogóźno do blisko 0,125 mgN/dm^3 w jeziorze Nadrybie. Stężenie fosforanów w powierzchniowych warstwach wody najwyższe wartości osiąga w jeziorach eutroficznych (0,08 mg/dm^3 w jeziorze Nadrybie), a najniższe w jeziorach mezo- i dystroficznych (poniżej 0,015 mg/dm^3 w jeziorze Długie) (Rys. 1e-g).

Składniki mineralne (Ca, Mg, Na, K) występują w poszczególnych jeziorach w bardzo zmiennych ilościach. Szczególne zróżnicowanie wykazuje wapń, gdyż zawartość jego w wodzie waha się od 12,3-17 mgCa/l w jeziorach mezotroficznych (np. jeziorze Piaseczno), aż do 54-116,7 mgCa/l w większości jezior eutroficznych (np. jeziora: Uściwierz, Nadrybie) (Rys. 1h). Wreszcie metale ciężkie w wodach jezior Polesia występują w bardzo małych ilościach nie przekraczających stężeń dla wód I klasy czystości. Wartości stężeń tych pierwiastków w wodzie wszystkich typów jezior kształtują się następująco: Fe>Zn>Mn>Cu>Cd>Pb [22].



Rys. 1. Wybrane czynniki fizyczne i chemiczne jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960–1970, 1980–1990, 1990–2000): a) widzialność krążka Secchiego, b) przewodnictwo elektrolityczne, c) pH, d) tlen w przydennych warstwach wody.

Fig. 1. Some physical and chemical factors in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1950, 60, 70, 80, 90): a) visibility, b) conductivity, c) pH, d) oxygen in the bottom zone.



Rys. 1. cd. Wybrane czynniki chemiczne w jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90): e) stężenie fosforanów (mg PO_4/l) w powierzchniowych warstwach wody, f) Stężenie azotu amonowego (mg N-NH_4/l) w powierzchniowych warstwach wody, g) Stężenie azotu azotanowego (mg N-NO_3/l) w powierzchniowych warstwach wody, h) Stężenie wapnia (mg Ca/l) w powierzchniowych warstwach wody.

Fig. 1. e) phosphates concetration in surface layer of water, f) ammonium nitrogen concentration in surface layer of water, g) nitrate concentration in surface layer of water, h) calcium concentration in surface layer of water.

KSZTAŁTOWANIE SIĘ BIOCENOZ WODNYCH

Fitoplankton

Zespół fitoplanktonu jest bogato reprezentowany w jeziorach Polesia Lubelskiego, obejmuje bowiem ponad 250 gatunków.

Obecnie w jeziorach dystroficznych i mezotroficznych dominację przejęły gatunki z rodziny *Cryptophyceae*, uzupełniają je gatunki z klasy *Chlorophyta* (np. jeziora: Piaseczno, Moszne, Długie) lub z klasy *Cyanophyta* (np. jezioro Brzeziczno). Grupy te stanowią od 25 do 45% całego fitoplanktonu w tych jeziorach. W jeziorach dystrofizujących dodatkowo zbiorowiska glonów uzupełniane są przez *Chlorophyta*, które niekiedy stanowią w nich nawet powyżej 80% całego fitoplanktonu. W jeziorach eutroficznych natomiast grupę dominantów (od 27 do 67%) tworzą gatunki z klasy *Cyanophyta* (np. jeziora: Nadrybie, Karaśne, Łukie) [8,19].

W fitoplanktonie jezior dystroficznych występuje endemiczny gatunek okrzemki *Centronella Rostafińskii* (Tabela 2).

Tabela 2. Różnorodność biocenotyczna i gatunkowa jezior Polesia
Table 2. Biocenotic and species diversity in lakes of the Polesie Lubelskie Region

Zespół ekologiczny	Liczba taksonów	Typ trof. jez.	Liczba gat. dominujących			Liczba gat. wskaźnikowych			Liczba gat. rzadkich		
			j. eutrof.	j. mezotrof.	j. dystrof.	eutrofii	mezotrofii	dystrofii	j. eutrof.	j. mezotrof.	j. dystrof.
Fitoplankton	250	4	6	4	11	7		1	1		1
Makrofity	114				4	2		1	1	1	
Zooplankton*	302	24	26	19	14	6	4	5	5	11	8
Zoobentos**	284	12	10	10	5	2	1	1	1	2	2
Ichtiofauna	41							8	8	9	2
Razem	991	40	42	33	34	17	5	16	16	24	12

*wrotki (Rotatoria) - 202 gatunki, wioślarki (Cladocera) - 64 gatunki, widłonogi (Copepoda) - 36 gatunków; ** ochotkowate (Chironomidae) - 100 gatunków, skąposzczety (Oligochaeta) - 4 taksony, mięczaki (Mollusca) - 24 taksony, inne - 156 taksonów.

Makrofity

Jeziora Polesia zasiedla około 114 gatunków makrofitów należących do 45 zespołów roślinnych (Tabela 2). Najwięcej, bo aż 65 gatunków należy do roślinności

ziemnowodnej i wynurzonej, nieco mniej – 34 gatunki do roślinności zanurzonej, a najmniej – 15 gatunków do roślinności o liściach pływających [2].

W niektórych mezo- i eutroficznych jeziorach (np. jeziora: Rogóźno i Uściwierz) występuje 19-20 zespołów roślinnych, natomiast w innych jeziorach o podobnej trofii (np. jeziora: Piaseczno, Bikcze) od 6 do 11 zespołów roślinnych. Największa różnorodność gatunków występowała w jeziorach eutroficznych (np. jeziora: Uściwierz, Łukie), a najmniejsza w jeziorach mezotroficznych (np. jezioro Piaseczno) (Rys. 4-5).

Wśród makrofitów występujących w jeziorach Polesia Lubelskiego największą grupę stanowią gatunki charakterystyczne dla wód eutroficznych. Natomiast zaledwie kilka z nich to gatunki charakterystyczne dla wód mezotroficznych (np. wywłócznik skrętoległy (*Myriophyllum alternifolium*) i krynicznik (*Nitella flexis*). Spotkać je można w niektórych lekko eutroficznych i mezotroficznych jeziorach (np. jeziora: Piaseczno, Uściwierz). Do gatunków zagrożonych wyginięciem, lecz dotąd dość często notowanych w jeziorach Polesia Lubelskiego, należą: grzybień północny *(Nymphaea candida)*, poryblin jeziorny *(Isöetes lacustris)* i turzyca bagienna *Carex limosa.*

W jeziorach Polesia Szackiego leżącego na Ukrainie stwierdzono występowanie 22 zespołów roślinnych (dane z 6 jezior). Najwięcej zespołów roślinnych 15-17 występuje w jeziorach oligotroficznych (np. jezioro Piaseczno, Świtaź). Najmniej zrożnicowana zaś roślinność 4-5 zespołów roślinnych porasta jeziora eutroficzne (np. jeziora: Moszne, Lucymierz). W eutroficznych jeziorach Lucymierz i Moszne nie występują nimfeidy i elodeidy, zaś w jeziorze mezotroficznym Krymno nie wykształciły się elodeidy.

Większość z wykształconych w jeziorach Szackich zespołów roślinnych charakteryzuje się szeroką tolerancją warunków środowiskowych (*Phragmitetum*, *Hydrochario-Stratiotetum aloides*). Natomiast w jeziorach oligotroficznych i mezotroficznych występują także zespoły charakterystyczne dla tego typu wód między innymi *Potametum compressi*, *Potametum graminei.*

Zooplankton

W jeziorach Polesia Lubelskiego stwierdzono występowanie 302 gatunków zooplanktonu, w skład którego wchodziło: 202 gatunki wrotków (117 gatunków pelagicznych i 85 gatunków litoralowych), 64 gatunki wioślarek (49 gatunków pelagicznych i 15 gatunków litoralowych) oraz 36 gatunków widłonogów (25 gatunków pelagicznych i 11 gatunków litoralowych), 24 gatunki wrotków

zaliczono do gatunków rzadkich, zaś wśród skorupiaków 16 gatunków reprezentowało grupę gatunków rzadkich (Tabela 2) [9-11,16,20].

Wśród gatunków wskaźnikowych występujących w jeziorach Polesia największą grupę stanowią wskaźniki eutrofii, najliczniej pojawiają się one w jeziorach eutroficznych (np. w jeziorach Łukie, Bikcze, Uściwierz) i w niektórych jeziorach dystroficznych (np. w jeziorze Moszne). Wskaźniki mezotrofii obecne są we wszystkich typach troficznych jezior, przy czym aż 7 gatunków pojawia się zazwyczaj w jeziorach mezotroficznych i dystroficznych (np. jeziora: Piaseczno, Rogóźno, Długie). Liczebność zooplanktonu osiąga najwyższe wartości dochodzące do 1000 osobn./dm^3 w jeziorach eutroficznych (np. jeziora: Głębokie Uścimowskie, Uściwierz, Łukie), zaś najniższe w jeziorach dystroficznych, (np. w jeziorach Moszne i Długie), oraz w zdegradowanym jeziorze Nadrybie (poniżej 30 osobn./dm^3). W strukturze gatunkowej zooplanktonu w większości jezior wrotki stanowią ponad 50% udziału w ogólnej liczebności zooplanktonu. Największy udział mają one z reguły w jeziorach dystroficznych (np. jeziora: Moszne, Długie). Skorupiaki planktonowe (głównie *Cladocera*) dominują jedynie w niektórych jeziorach eutroficznych (np. jeziora: Nadrybie, Głębokie Uścimowskie, Łukie).

Zoobentos (Excl. *Hydracarina*)

Fauna makrobezkręgowców aktualnie zasiedlających jeziora Polesia Lubelskiego obejmuje 284 taksony. Wśród nich *Chironomidae* stanowią 100 taksonów, *Oligochaeta* - 4 taksony, *Mollusca* – 24 taksony oraz *Hirudinea*, *Crustacea* i *Insecta* (excl. *Chironomidae*) – 156 taksonów (Tabela 2).

Największa liczba taksonów w zoobentosie wynosząca 60 taksonów występuje w jeziorach eutroficznych (np. jeziorach: Bikcze, Uściwierz, Łukie) oraz w grupie jezior dystroficznych (np. jeziora: Moszne, Długie). W jeziorach mezotroficznych i niektórych jeziorach eutroficznych liczba taksonów jest znacznie niższa i waha się od 5 do 30.

Wśród wskaźników trofii najliczniej reprezentowana jest grupa gatunków charakterystyczna dla wód żyznych występująca we wszystkich typach troficznych jezior. Największa liczba eutrofobiontów pojawia się w jeziorach eutroficznych (np. jeziorach Uściwierz, Łukie, Bikcze). Gatunki wskaźnikowe mezotrofii i dystrofii występują w jeziorach mezotroficznych, dystroficznych i dystrofizujących (np. jeziora: Piaseczno, Bikcze, i Długie). Gatunki rzadkie pojawiają się w jeziorach mezotroficznych i dystroficznych (np. jeziora: Piaseczno, Bikcze, Moszne, Długie).

Liczebność bentosu różnicuje jeziora Polesia na dwie grupy: 1) jeziora o liczebności w przedziale od 300 do 12000 osobn./m^2 , są to z reguły jeziora mezotroficzne i znaczna większość jezior dystroficznych; 2) jeziora o liczebności nie przekraczającej 200 osobn./m^2 – jeziora eutroficzne i niektóre jeziora dystroficzne (np. jezioro Brzeziczno).

Ichtiofauna

W wodach Polesia Lubelskiego występuje 41 gatunków ryb, w tym 31 gatunków zasiedla rzeki i 35 jeziora. Do gatunków rodzimych zaliczono 34 gatunki ryb, zaś 7 do obcych. Do gatunków obcych należą: karp, karaś srebrzysty, amur biały, tołpygi biała i pstra, sumik karłowaty oraz pstrąg tęczowy. W rybostanie wód Polesia znajduje się 10 gatunków rzadko spotykanych w Polsce lub zagrożonych wyginięciem. Są to m.in. objęte ochroną gatunkową: różanka, strzebla przekopowa, koza pospolita, śliz i piskorz (Tabela 2).

ZMIANY CZYNNIKÓW FIZYCZNO-CHEMICZNYCH WODY W CZASIE

W poszczególnych jeziorach Polesia Lubelskiego czynniki fizyczne i chemiczne wody wykazują mniejsze lub większe zmiany w czasie. Największym zmianom w ostatnim czterdziestoleciu XX wieku podlegały: przewodnictwo elektrolityczne, widzialność, odczyn wody, tlen w przydennych warstwach wody, zaś nieco mniejszym zmianom związki biogenne (głównie fosforany i w niektórych jeziorach azot amonowy).

W jeziorach mezotroficznych najwyraźniej widocznymi symptomami zmian były: stopniowe obniżanie się widzialności, spadek przewodnictwa elektrolitycznego oraz wyjątkowo niska zawartość tlenu w przydennych warstwach wody. W jeziorach tych widzialność wody mierzona krążkiem Secchiego w latach sześćdziesiątych wynosiła od 5,70 m (np. jezioro Piaseczno) do 4,04 m (np. jezioro Zagłębocze), zaś w latach osiemdziesiątych zmniejszyła się do 4 m (np. jezioro Piaseczno). Z kolei w latach dziewięćdziesiątych w jeziorze Piaseczno nastąpiło zahamowanie tej długofalowej tendencji niekorzystnych zmian i widzialność wody osiągnęła wtedy wartości sprzed 30 lat (Rys. 1a). Natomiast zawartość tlenu w przydennych warstwach wody podlegała z reguły zmianom fluktuacyjnym, wzrastała w latach osiemdziesiątych i zmniejszała się w latach dziewięćdziesiątych, lub odwrotnie (Rys. 1d). Stężenia związków biogennych przyjmowały niewielkie wartości, a ich zmiany w czasie były na ogół niewielkie. Jedynie w latach osiemdziesiątych nastąpił znaczny wzrost stężenia fosforanów w mezotro-

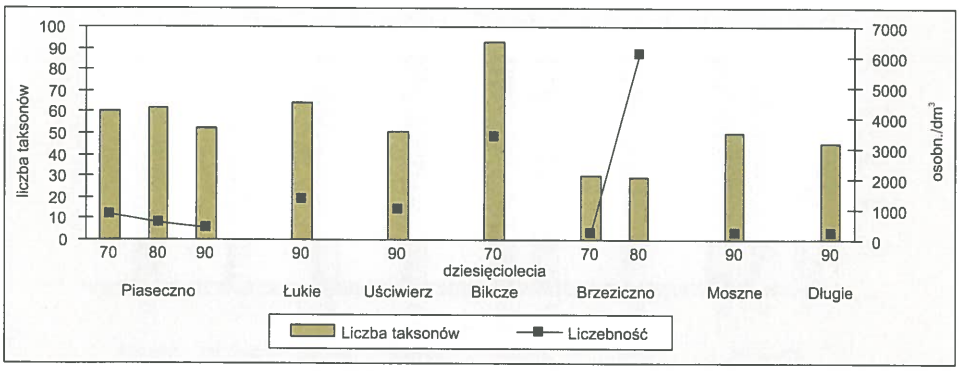
ficznym jeziorze Piaseczno, zaś w pozostałych jeziorach mezotroficznych obserwowano wyraźny wzrost stężenia azotanów i fosforanów (Rys. 1e-g). Odczyn wody, ważny czynnik limitujący kształtowanie się biocenoz, wykazywał na ogół stopniowy wzrost, w jednych jeziorach wzrastał w latach osiemdziesiątych, w innych zaś w latach dziewięćdziesiątych (Rys. 1c)

W jeziorach eu- i dystroficznych czynniki fizyczno-chemiczne podlegały także znacznym zmianom w czasie. W jeziorach tych w latach dziewięćdziesiątych znacznie obniżyła się widzialność (np. jeziora: Nadrybie, Uściwierz, Sumin, Długie) (Rys. 1a). W większości jezior eutroficznych spadała zawartość tlenu w przydennych warstwach wody. W niektórych zaś jeziorach dystroficznych, a także w eutroficznym jeziorze Bikcze nastąpił znaczny wzrost zawartości tlenu w przydennych warstwach wody (głównie w latach dziewięćdziesiątych) (Rys. 1d). Przewodnictwo elektrolityczne w jeziorach eutroficznych Polesia osiągało znacznie niższe wartości w latach 90-tych niż w latach 60-tych. W ostatnich 40 latach XX wieku notowano wyraźny wzrost stężeń biogenów. W latach 60-tych zawartość azotu amonowego wynosiła od 0,02 do 0,84 mg/l (np. jeziora Sumin, Bikcze) zawartość azotanów wahała się od 0,07 do 0,093 mg/l (np. jeziora Bikcze, Nadrybie), zawartość fosforanów od 0,01 do 0,035mg/l (np. jeziora Łukie, Sumin). W następnych dziesięcioleciach nastąpił wyraźny wzrost stężenia jonów amonowych i wahał się od 0,29 do 0,84 mg/l (np. jezioro Uściwierz), azotanowych od 0,033 do 0,123 mg/l (np. jezioro Ciesacin, Uściwierz) i fosforanowych od 0,04 do 0,80 mg/l (np. jezioro: Karaśne) (Rys. 1e-g). W ostatniej dekadzie XX wieku nastąpił wzrost odczynu wody. W większości z nich wystąpił w latach osiemdziesiątych wyraźny wzrost pH, zaś w latach dziewięćdziesiątych proces alkalizacji wód przebiegał wolniej (Rys. 1c).

ZMIANY BIOCENOZ WODNYCH W CZASIE

Fitoplankton

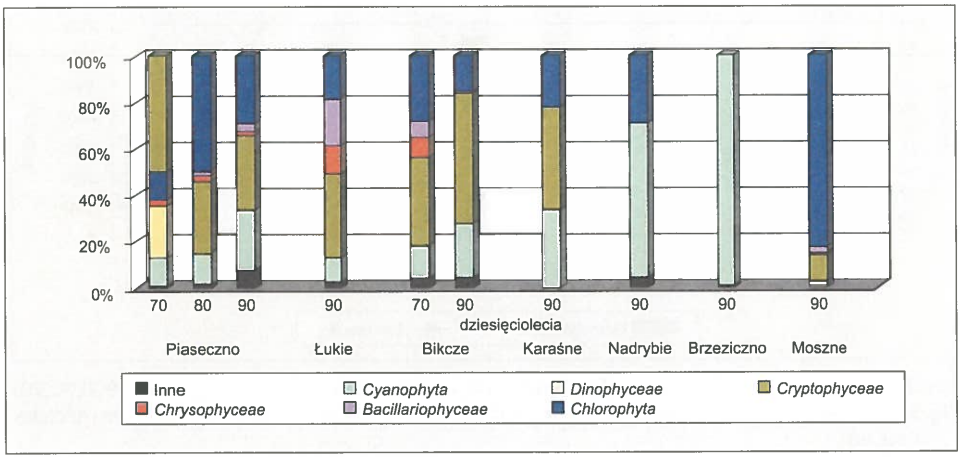
W jeziorach mezotroficznych na przestrzeni 30 lat struktura jakościowa fitoplanktonu wykazywała znaczne zmiany, prowadzące do zmniejszenia liczby gatunków z około 60 w latach siedemdziesiątych do około 50 w latach dziewięćdziesiątych (Rys. 2). W tej grupie jezior w latach 70-tych występowała endemiczna dla Pojezierza okrzemka *Centronella Rostafińskii* (np. jezioro Bialskie). Największą różnorodność gatunkową w tych jeziorach wykazywały zielenice. W jeziorach eutroficznych, w latach siedemdziesiątych dość duża



Rys. 2. Liczba taksonów i liczebność fitoplanktonu w jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1970,80,90)
Fig. 2. Number of taksa and density of phytoplankton in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1970, 80, 90)

różnorodność gatunkowa występowała wśród sinic, zielenic oraz okrzemek, zaś w latach dziewięćdziesiątych nastąpiło w tych grupach taksonomicznych zubożenie gatunkowe. I tak np. w jeziorze Czarnym Sosnowickim w latach sześćdziesiątych występowało 136 gatunków, zaś w latach dziewięćdziesiątych tylko 10 gatunków [19].

Struktura dominacji glonów zasiedlających jeziora Polesia Lubelskiego wykazywała wyraźne zmiany w kolejnych latach XX wieku. W jeziorach mezotroficznych były to zmiany fluktuacyjne. W fitoplanktonie najliczniejsze były gatunki należące do trzech grup taksonomicznych: sinic, kryptofitów i zielenic. Na początku lat siedemdziesiątych wśród sinic gatunkiem dominującym była *Aphanothece clathrata*, w latach osiemdziesiątych najliczniejsze były sinice nitkowate [13]. W latach dziewięćdziesiątych sinice nitkowate albo nie występowały w ogóle albo w niewielkich ilościach, a ponownie liczniej pojawiła się *Aphanothece clathrata*. W jeziorach mezotroficznych, w wieloletnich zmianach zauważa się pewną tendencję dotyczącą zmniejszania się ilości kryptofitów, które w latach siedemdziesiątych stanowiły w fitoplanktonie około 45%, a w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych ich udział utrzymywał się na poziomie 20-30% (Rys. 3). W grupie zielenic stwierdzono natomiast utrzymywanie się niewielkiego ale konsekwentnego wzrostu udziału gatunków dominujących z rzędu *Chlorococcales* np. *Monoraphidium minutum*, *Tetraëdron minimum*, *Crucigenia tetrapedia*, *Quadrigula closterioides* oraz zielenicy *Closterium acutum*. Wymienione gatunki fitoplanktonu często występują także w wodach eutroficznych. [25-29].

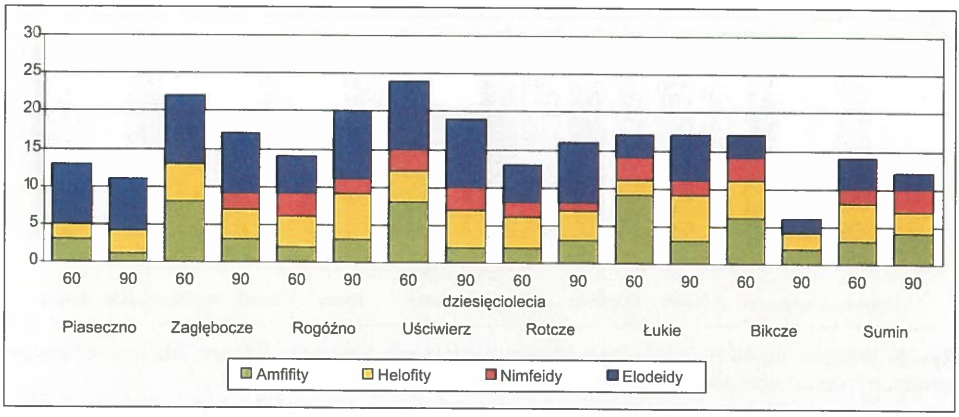


Rys. 3. Udział procentowy poszczególnych grup taksonomicznych w ogólnej liczebności fitoplanktonu w jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1970, 90)
Fig. 3. Percentage of phytoplankton taxa in the total density of phytoplankton in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1970, 90)

Niewielkie zmiany ilościowe wykazywał fitoplankton w jeziorach eutroficznych. W porównaniu z latami siedemdziesiątymi, kiedy dominowały *Cryptophyceae* i *Chlorophta* w latach dziewięćdziesiątych, w fitoplanktonie wyraźnie dominowały (50%) *Cryptophyceae* (np. w jeziorze Bikcze). W niektórych jeziorach dystroficznych (np. w jeziorze Moszne) dominowały zielenice (90%) (Rys. 3). W dystroficznym jeziorze Długie zespół dominantów stanowiły wówczas peryfitonowe okrzemki z klasy *Naviculaceae*.

Makrofity

Ogółem w badanych jeziorach stwierdzono w latach sześćdziesiątych 46 zespołów roślinnych, natomiast w latach dziewięćdziesiątych 44 zespoły roślinne. W jeziorach mezotroficznych (np. jezioro Piaseczno, Zagłębocze) i w niektórych jeziorach dystroficznych zaobserwowano zmniejszanie się liczby zespołów roślinnych tam występujących (Rys. 4). W jeziorach eutroficznych zmiany w liczbie zespołów zachodziły odmiennie w różnych jeziorach. W jeziorach Uściwierz, Łukie, Bikcze i Sumin liczba zespołów ulegała redukcji, natomiast w jeziorach Rogóźno, Rotcze oraz Głębokie Uścimowskie zaobserwowano odwrotną tendencję. We wszystkich typach troficznych jezior największe zmiany zachodziły wśród amfifitów (np. w jeziorach: Zagłębocze, Uściwierz, Łukie) (Rys. 4).

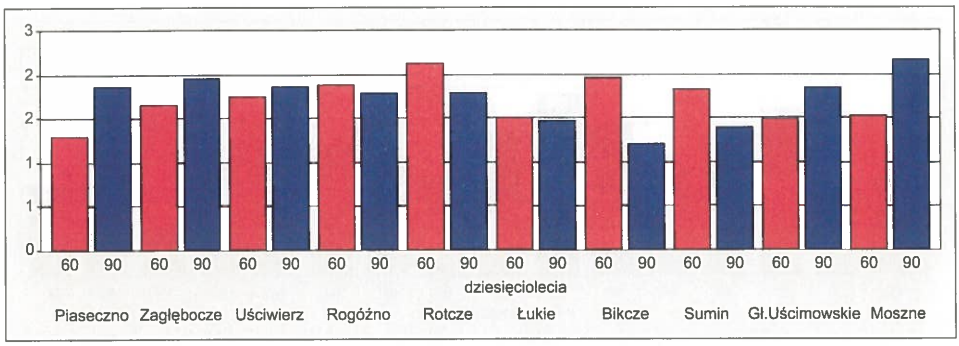


Rys. 4. Zespoły makrofitów w jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1960–90)
Fig. 4. Plant communities in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960–90)

W badanych jeziorach Polesia ogółem występowały 84 gatunki roślin naczyniowych w latach sześćdziesiątych, zaś 85 gatunków w latach dziewięćdziesiątych. Podobna liczba gatunków nie świadczy o braku zmian. Zmiany te zachodziły głównie w ich strukturze gatunkowej.

Największa różnorodność występowała we wszystkich typach troficznych jezior wśród amfifitów, porastających pobrzeże jeziora, najmniejsza zaś różnorodność wśród nimfeidów i isoetidów w obydwu dziesięcioleciach. Największą liczbę gatunków stwierdzono w jeziorze Uściwierz, a najmniejszą w jeziorze Sumin. W jeziorach mezotroficznych i dystroficznych (np. jezioro Zagłębocze) obserwowano tendencję spadku liczby gatunków wraz z upływem czasu. Z ich składu ustąpiło wiele gatunków typowych dla tych wód między innymi poryblin jeziorny (np. jezioro Piaseczno), czy też niektóre gatunki rosiczek. Pojawiły się natomiast nie notowane od lat sześćdziesiątych gatunki aldrowanda pęcherzykowata *Aldrovanda vesiculosa* (np. w jeziorze Uściwierz), czy *Lychnothamnus barbatus* (np. w jeziorze Rotcze) [3]. W jeziorach eutroficznych natomiast obserwowano wzrost liczby gatunków (ryc. 4).

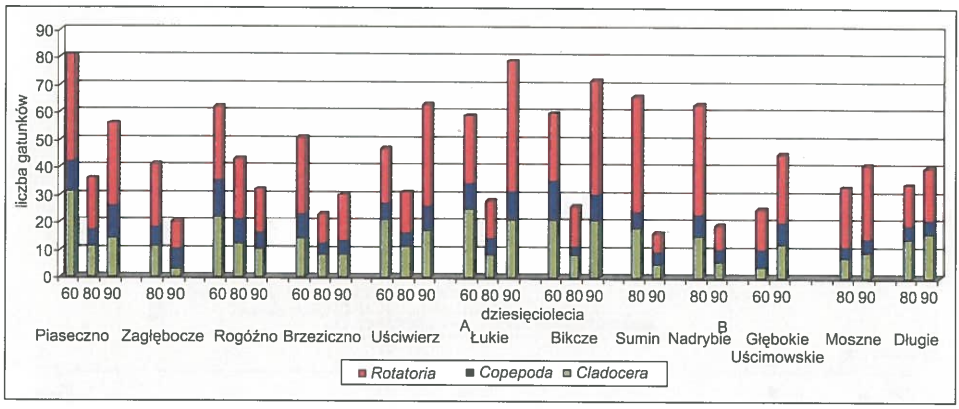
Najwyższą różnorodność gatunkową w latach sześćdziesiątych miały jeziora Rotcze i Bikcze, najniższą natomiast jezioro Głębokie Uścimowskie. W latach dziewięćdziesiątych najwyższą różnorodność gatunkową osiągało dystroficzne jezioro Moszne, a najniższą eutroficzne jezioro Sumin (Rys. 5).



Rys. 5. Wartość współczynnika różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera dla makrofitów w jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1960–90)
Fig. 5. Shannon-Wiener diversity index for macrophytes in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960–90)

Zooplankton

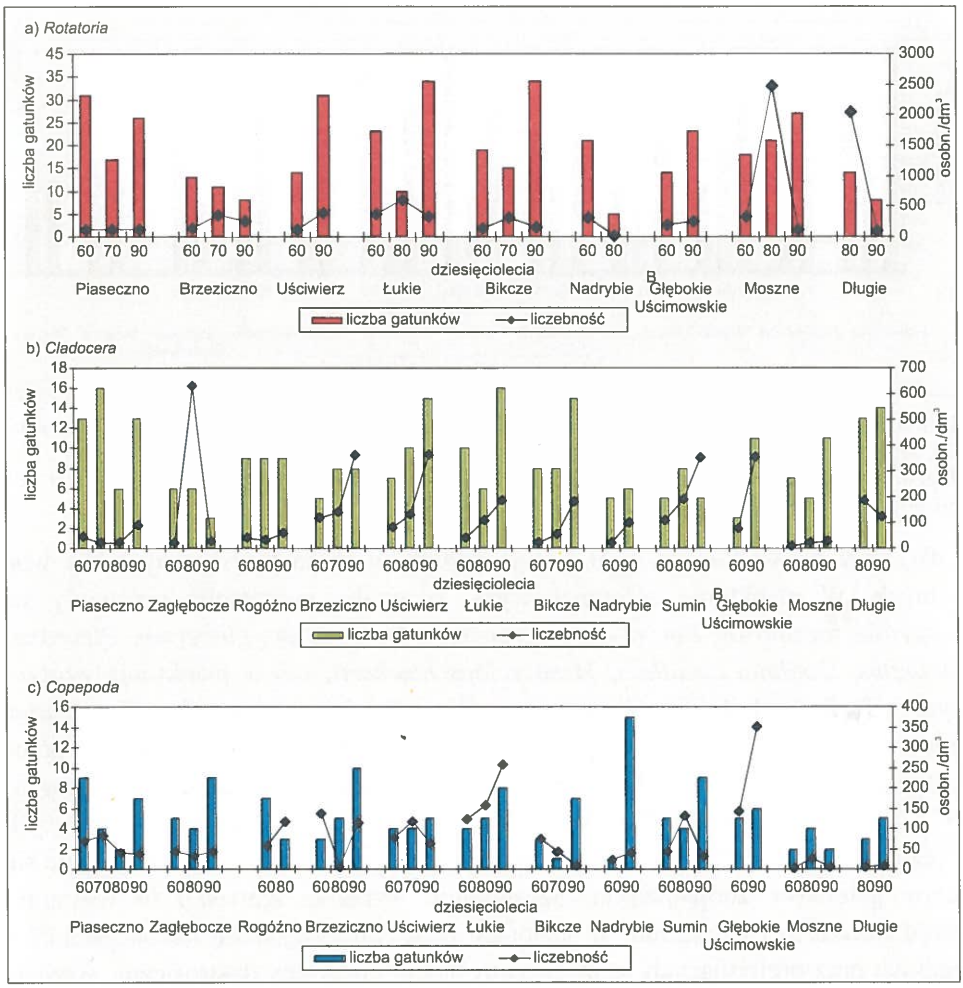
W ciągu ostatnich 40 lat XX wieku nastąpiły wyraźne fluktuacyjne zmiany w bogactwie gatunkowym zooplanktonu we wszystkich typach troficznych jezior Polesia Lubelskiego. W jeziorach mezotroficznych i niektórych jeziorach dystroficznych lub dystrofizujących nastąpiło wyraźne zubożenie gatunkowe zooplanktonu (głównie *Cladocera* i *Rotatoria*). W latach sześćdziesiątych w jeziorach tych różnorodność gatunkowa była bardzo wysoka, gdyż wahała się od 81 gatunków w jeziorze Piaseczno do 40 gatunków w jeziorze Zagłębocze (Rys. 6, 7a-c). W jeziorach tych notowano znaczną liczbę gatunków rzadkich: od 2 w jeziorze Zagłębocze do 11 w jeziorze Piaseczno. W zooplanktonie pelagicznym w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych stwierdzono kilka gatunków nowych dla fauny Polski bądź rzadkich w wodach Europy. Były to między innymi wrotki: *Cephalodella reimanni, Collotheca calva, Lepadella vitrea, Trichocerca nitida, Monostylla thetis* i *Monostylla ivli*. Ten ostatni gatunek jest niezwykle rzadki, albowiem znaleziony został dotychczas tylko w jeziorze Ochryda (2 okazy) na Bałkanach. Na Polesiu jeden okaz tego gatunku stwierdzono w jeziorze Zienkowskim. Znaczną grupę stanowiły gatunki rzadkie dla fauny Polski lub wymagające specyficznych warunków środowiskowych. Wśród nich znalazły się dwa relikty polodowcowe: *Keratella hiemalis* i *Holopedium gibberum*, oraz rzadko spotykane *Drepanotrix gracilis, Kurtzia latissima, Elophoidea gracilis* i *Acanthocyclops longuides* [9,10,16,20]. Wówczas to w zooplanktonie poszczególnych typów jezior stosunkowo bogaty jakościowo zespół stanowiły gatunki typowe dla wód o niskiej



Rys. 6. Struktura jakościowa zooplanktonu w wybranych jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 6. Qualitative structure of zooplankton in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 70, 80, 90)

trofii, przy niewielkiej na ogół liczbie gatunków charakterystycznych dla wód żyznych. W planktonie skorupiakowym, z reguły, najczęściej pojawiały się wskaźniki mezotrofii: *Eucyclops macruroides, Holopedium gibberum, Pleuroxus uncinatus, Daphnia cucullata, Mesocyclops leuckarti*, zaś w planktonie wrotkowym wskaźniki dystrofii: *Gastro*pus *stylifer, Trichocerca similis*, *Conochilus uni*cornis, rzadziej wskaźniki mezotrofii, reprezentowane głównie przez następujące taksony: *Collotheca mutabilis, Chromatogaster ovalis*, *Chromatogaster testudo, Gastropus stylifer, Keratella hiemalis*. W latach dziewięćdziesiątych w jeziorach mezotroficznych i dystroficznych nastąpiło znaczne zmniejszenie się liczby gatunków zooplanktonu. Szczególnie wyraźnie zjawisko to wystąpiło wśród *Rotatoria* i *Copepoda*. W jeziorach tych zmniejszyła się liczba gatunków rzadkich oraz preferujących wody mezotroficzne i niekiedy dystroficzne, wzrosła zaś liczba wskaźników eutrofii. Wśród wrotków częściej pojawiały się: *Brachionus angularis, Keratella quadrata*, zaś wśród skorupiaków *Mesocyclops oithonoides, Cyclops strenuus, Diaphanosoma brachyurum*.

W jeziorach eutroficznych i niektórych jeziorach dystroficznych bogactwo gatunkowe zooplanktonu kształtowało się odmiennie niż w jeziorach mezotroficznych, albowiem w latach sześćdziesiątych występowało w nich znacznie mniej gatunków niż w latach dziewięćdziesiątych (Rys. 6, 7a-c). W latach sześćdziesiątych liczba gatunków wahała się od 23 w jeziorze Uściwierz do 40 w jeziorze Łukie, zaś w latach dziewięćdziesiątych od 22 w jeziorze Brzeziczno do 79 w jeziorze Łukie. W jeziorach tych, w latach sześćdziesiątych występowało kilka

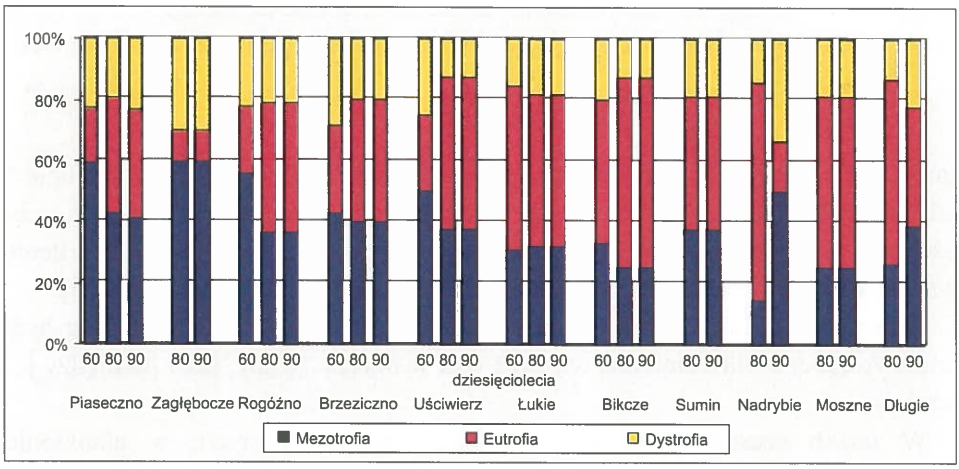


Rys. 7. Liczba gatunków i średnia liczebność zooplanktonu w wybranych jeziorach Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 7. Number of species and density of zooplankton in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 70, 80, 90)

gatunków rzadkich. Najwięcej, bo 8 gatunków, w jeziorze Brzeziczno – m. in.: *Brachionus benini* i *Holopedium gibberum,* zaś najmniej w jeziorze Moszne tylko jeden gatunek – *Ceriodaphnia setosa.*

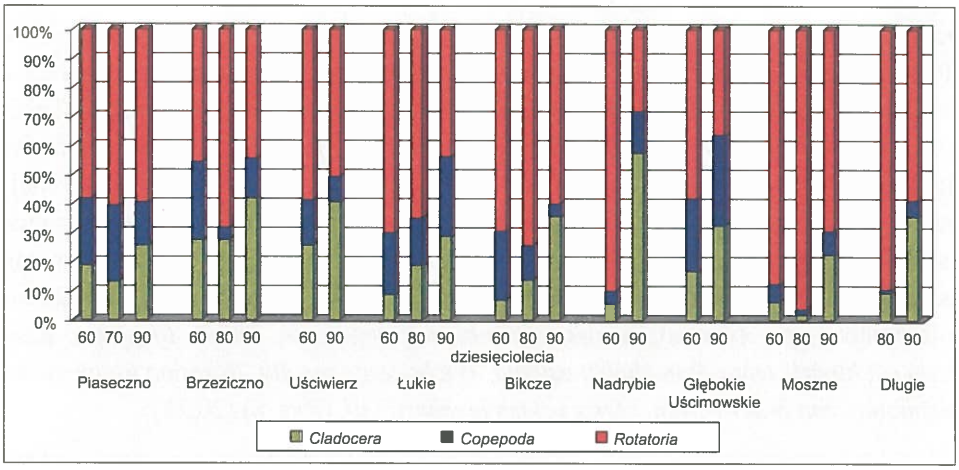
W latach osiemdziesiątych w zooplanktonie większości jezior – niezależnie od ich trofii – nastąpił gwałtowny spadek liczby gatunków. W zespole tym dość znaczne zmiany zaznaczały się w liczbie gatunków rzadkich i wskaźników trofii.

Największy spadek liczby gatunków rzadkich obserwowano w jeziorach: Brzeziczno, Łukie, Sumin i Rogóźno, najmniejszy zaś w dystroficznym jeziorze Moszne i lekko eutroficznym jeziorze Uściwierz. W grupie gatunków rzadkich z zooplanktonu ustąpiły m.in.: *Holopedium gibberum, Drepanothrix dentata, Kurzia latissima, Epiphanes pelagica, Acanthocyclops gigas*. Wśród skorupiaków planktonowych, a zwłaszcza wśród wioślarek, nastąpiło stosunkowo duże zmniejszenie się liczby wskaźników mezotrofii, zaś wśród wrotków wyraźny spadek wskaźników dystrofii. W zooplanktonie wszystkich jezior zaszły gwałtowne zmiany jakościowe, albowiem przejęły w nich dominację gatunki należące do typowych eutrofobiontów np.: *Anuraeopsis fissa, Brachionus angularis, Filinia longiseta, Keratella cochlearis tecta, Pompholyx sulcata, Trichocerca pusilla, Bosmina longirostris, Diaphanosoma brachyurum, Mesocyclops leuckarti* i in. (Rys. 8) [20,24].



Rys. 8. Procentowy udział gatunków wskaźnikowych w zooplanktonie jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 80, 90)
Fig. 8. Percentage of species indicator in zooplankton of lakes in the Lublin Polesie Region (decades 1960, 80, 90)

Liczebność zooplanktonu w jeziorach Polesia Lubelskiego była wyraźnie zróżnicowana i zmienna w czasie. W większości jezior najwyższe liczebności zooplankton osiągał w latach osiemdziesiątych, a najniższe w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. W tym zespole ekologicznym wrotki osiągały najwyższe liczebności w latach osiemdziesiątych, a najniższe w latach sześćdziesiątych lub dziewięćdziesiątych, wioślarki najwyższe liczebności osiągały w latach dziewięćdziesiątych i najniższe w latach sześćdziesiątych, zaś widłonogi najwyższe w latach osiemdziesiątych i najniższe w latach dziewięćdziesiątych. Jedynie w

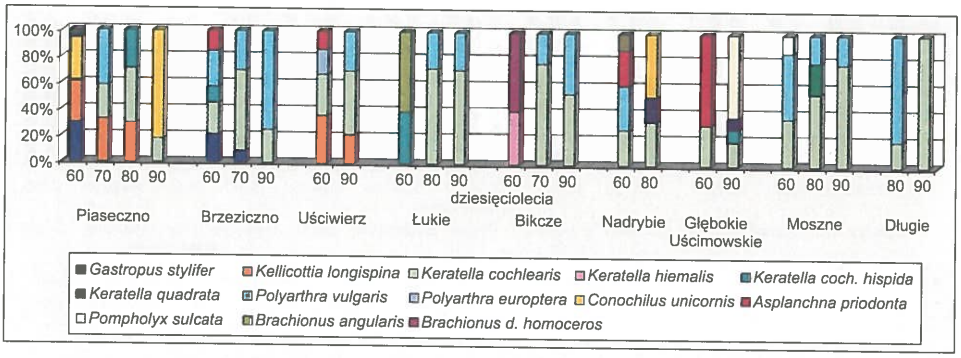


Rys. 9. Kształtowanie się liczebności zooplanktonu wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 9. Density of zooplankton in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 70, 80, 90)

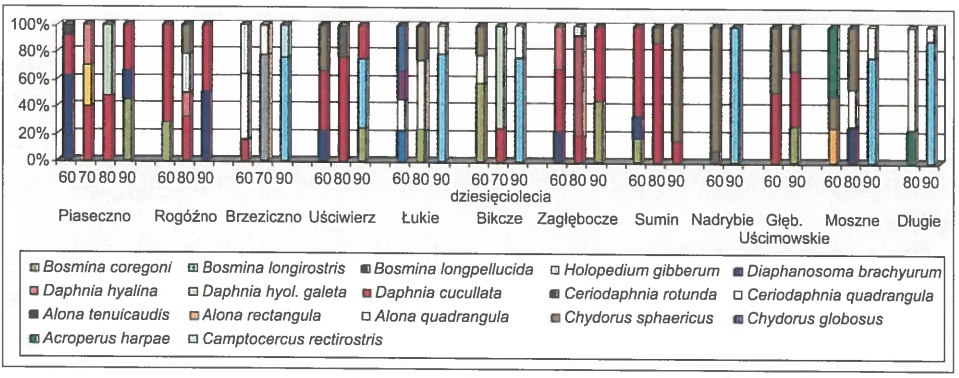
planktonie skorupiakowym czterech jezior (jeziora: Bikcze, Moszne, Długie i Łukie) w latach dziewięćdziesiątych występowała wyraźna przewaga liczebnościowa widłonogów. Układ taki stanowi prawdopodobnie odzwierciedlenie występowania tzw. chwiejnej równowagi biocenotycznej (Rys. 7a-c, 9) [5,19].

Również struktura dominacji w poszczególnych grupach zooplanktonu była bardzo zróżnicowana i zmienna w czasie (tak w obrębie grupy, jak i pomiędzy jeziorami).

W latach sześćdziesiątych, w jeziorach mezotroficznych, w planktonie wrotkowym grupę gatunków kluczowych (o wysokiej dominacji i frekwencji) tworzyło 11 taksonów. Najwięcej tych gatunków występowało w jeziorze Piaseczno – 8 i były to: *Gastropus stylifer, Trichocerca cylindrica, Anuraeopsis fissa, Conochilus unicornis, Keratella hiemalis, Syncheta pectinata, Kellicottia longispina* i *Asplanchna priodonta* (Rys. 10). W planktonie skorupiakowym, wśród widłonogów wyraźnymi dominantami były: *Mesocyclops leuckarti* i *Eudiaptomus gracioloides*, zaś wśród wioślarek grupę gatunków kluczowych tworzyły: *Diaphanosoma brachyurum, Daphnia cucullata, Alona costata* i *Chydorus sphaericus* (Rys. 11, 12). Z kolei w jeziorach eutroficznych i niektórych jeziorach dystroficznych dominującymi gatunkami wrotków były: *Asplanchna priodonta, Keratella cochlearis, Polyarthra euryptera, Keratella coch. tecta* i *Polyarthra vulgaris*, wśród widłonogów *Eudiaptomus gracioloides, Mesocyclops*

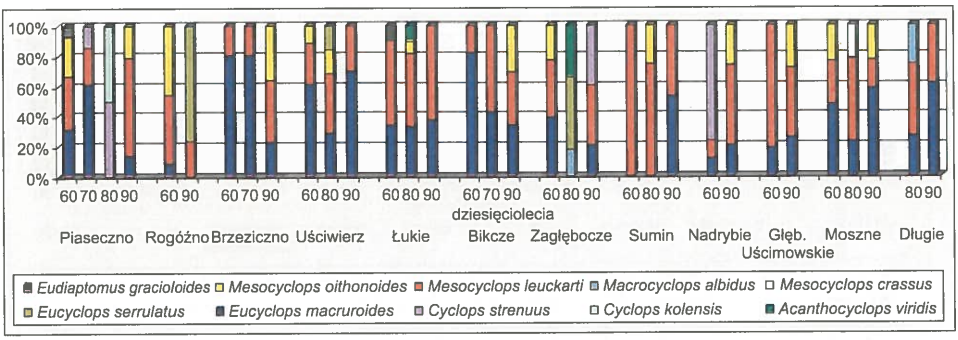


Rys. 10. Udział procentowy gatunków dominujących w ogólnej liczebności *Rotatoria* wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 10. Percentage of dominant taxa in the total density of *Rotatoria* in the lakes of Lublin Polesie (decades 1960, 70, 80, 90)



Rys. 11. Udział procentowy gatunków dominujących w ogólnej liczebności *Cladocera* wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 11. Percentage of dominant taxa in the total density of *Cladocera* in the lakes of Lublin Polesie (decades 1960, 70, 80, 90)

leuckarti, *idus*, zaś wśród wioślarek: *Daphnia cucullata, Chydorus globosus, Bosmina longilostris pellucida, Cariodaphnia quadrangula, Alona quadrangularis i Alona tenuicaudis.* W następnych dziesięcioleciach (lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte) w planktonie jezior Polesia – niezależnie od ich trofii w planktonie wrotkowym dominowały: *Kellikottia longispina, Keratella cochlearis* i *Polyarthra vulgaris* (Rys. 10). Natomiast w zespole wioślarek planktonowych dominowały *Daphnia cucullata, Bosmina longirostris pellucida* i *Chydorus globulosus*, zaś wśród widłonogów *Eudiaptomus gracioloides, Mesocyclops leuckarti, Eucyclops serrulatus* i *Acanthocyclops viridis* (Rys. 11, 12). Z kolei w jeziorach



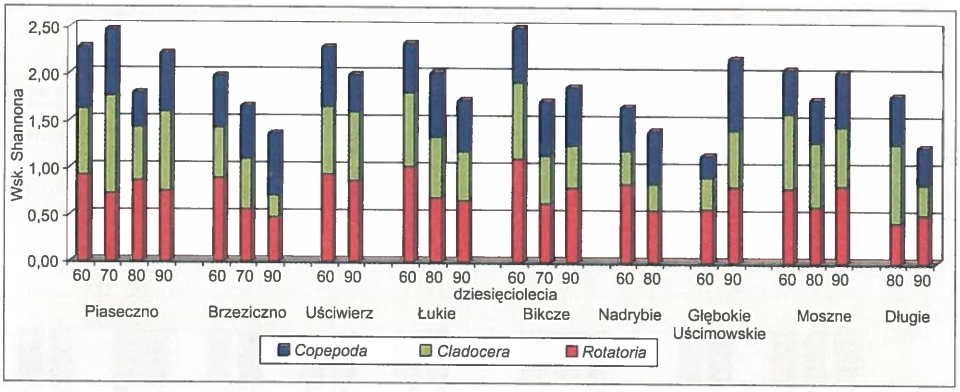
Rys. 12. Udział procentowy gatunków dominujących w ogólnej liczebności *Copepoda* wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 12. Percentage of dominant taxa in the total density of *Copepoda* in the lakes of Lublin Polesie (decades 1960, 70, 80, 90)

eutroficznych i dystroficznych największy udział w ogólnej liczebności *Cladocera* miały: *Bosmina longirostris pellucida, Ceriodaphnia quadrangula* i *Bosmina coregoni*, wśród *Copepoda: Eudiaptomus gracioloides*, *Mesocyclops leuckarti*, nieco mniejszy *Mesocyclops oithonoides* i *Macrocyclops albidus* głównie w dystroficznym jeziorze Długie i *Mesocyclops crassus* w dystroficznym jeziorze Moszne.

W latach dziewięćdziesiątych we wszystkich niemalże jeziorach, w planktonie wrotkowym dominowała eurytopowa *Keratella cochlearis*. Zespół gatunków dominujących w jeziorach mezotroficznych, a także w słabo eutroficznym jeziorze Uściwierz, uzupełniały formy eulimnetyczne: *Conochilus unicornis* i *Kellicottia longispina*, a także *Polyarthra vulgaris*, zaś w jeziorach dystroficznych i eutroficznych: *Polyarthra vulgaris* i *Keratella quadrata*. W poszczególnych jeziorach zespół dominantów wahał się z reguły od 1 do 3 gatunków. Również struktura dominacji skorupiaków planktonowych była bardzo zróżnicowana i zmienna. W jeziorach Piaseczno i Zagłębocze, a także w jeziorze Sumin, dominowały dwa gatunki pelagiczne: *Daphnia cucullata* i *Bosmina coregoni*. W jeziorach dystroficznych dominowały głównie *Ceriodaphnia quadrangula* i *Bosmina longirostris*. Wśród widłonogów wyraźnymi dominantami były dwa gatunki eulimnetyczne *Mesocyclops leuckarti* i *Eudiaptomus gracioloides* (Rys. 10-12).

Różnorodność gatunkowa zooplanktonu zasiedlającego jeziora Polesia lubelskiego wskazuje na dość duże zróżnicowanie gatunkowe zarówno w całym zespole, jak i w poszczególnych grupach taksonomicznych. Wrotki, we wszystkich

jeziorach najwyższe zróżnicowanie osiągały w latach sześćdziesiątych, a najniższe zróżnicowanie gatunkowe w latach osiemdziesiątych. Skorupiaki w niektórych jeziorach najwyższą różnorodność gatunkową osiągały w latach osiemdziesiątych, w innych w latach sześćdziesiątych bądź dziewięćdziesiątych, zaś najniższą, w latach dziewięćdziesiątych i w kilku tylko w latach sześćdziesiątych. Kierunki tych zmian odzwierciedlają wskaźniki Shannona-Wienera (Rys. 13).

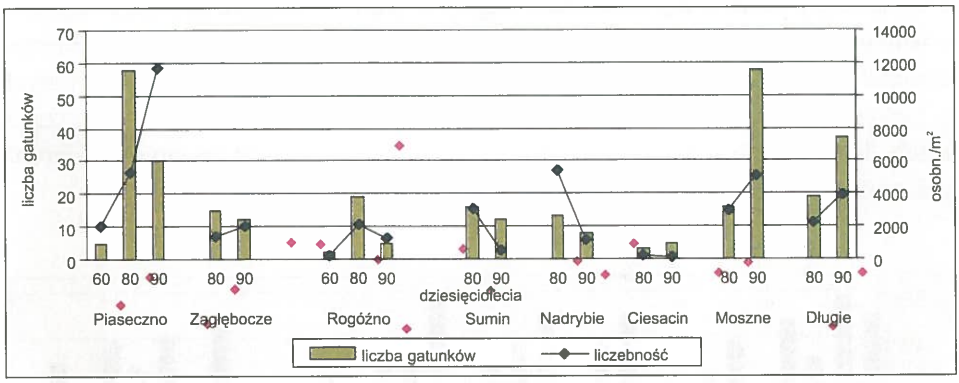


Rys. 13. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera dla zooplanktonu wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 70, 80, 90)
Fig. 13. Shannon-Wiener diversity index of zooplankton in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 70, 80, 90)

Zoobentos (excl. *Hydracarina*)

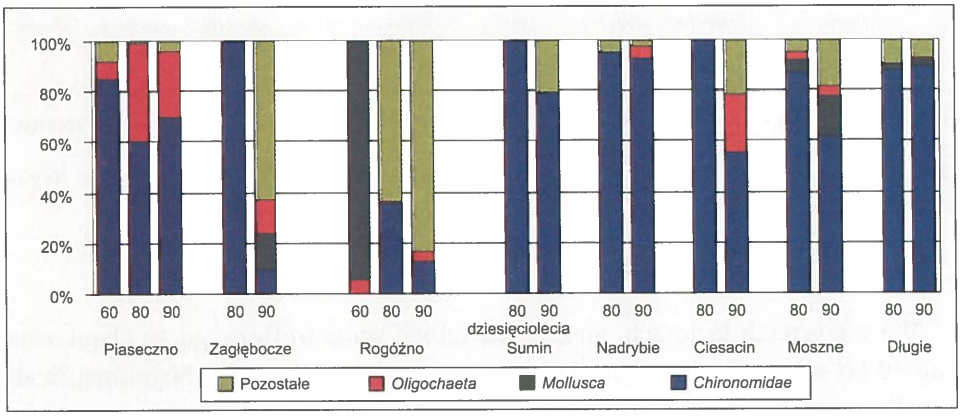
We wszystkich jeziorach, niezależnie od ich stanu troficznego, w ciągu ostatnich 40 lat sukcesywnie wzrastała liczba gatunków zoobentosu. Najniższą liczbę gatunków notowano z reguły w latach sześćdziesiątych, zaś najwyższą w latach osiemdziesiątych lub dziewięćdziesiątych (Rys. 14). W składzie jakościowym zdecydowaną przewagę miały z reguły *Chironomidae*. Wyjątek stanowiło mezotroficzne jezioro Rogóźno, w którym w latach sześćdziesiątych w zespole bentosu zabrakło *Chironomidae*, a wystąpiły niemalże wyłącznie *Oligochaeta* i *Mollusca* (Rys. 15). W każdej dekadzie ostatniego czterdziestolecia w niektórych jeziorach pojawiały się nieregularnie (fluktuacyjnie) pojedyncze gatunki należące do mięczaków – *Mollusca* oraz larwy wodzienia – *Chaoborus flavicans* [20].

W liczbie gatunków rzadkich i wskaźnikowych wystąpiły na ogół niewielkie zmiany. W jeziorach mezotroficznych i dystroficznych występuje nadal po kilka gatunków nowych dla Polski i Europy np. *Paratendipes transcaucasicus*, rzadkich



Rys. 14. Struktura jakościowa i ilościowa bentosu wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 80, 90)

Fig. 14. Qualitative and quantitative composition of zoobenthos in lakes of the Lublin Polesie (decades 1970, 80, 90)



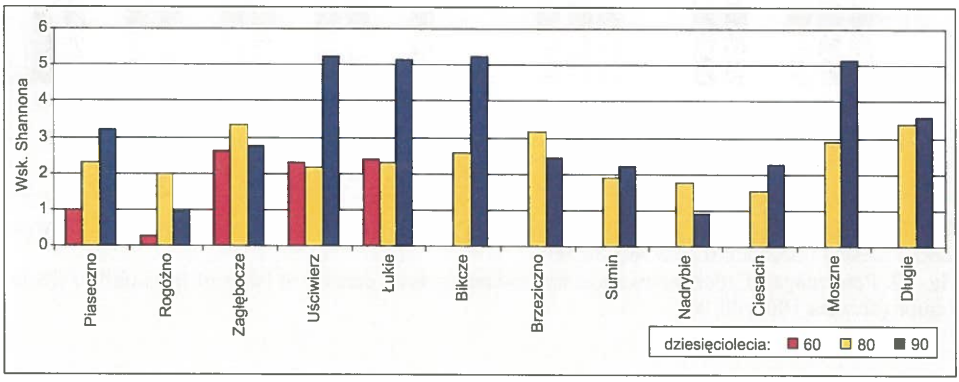
Rys. 15. Udział procentowy głównych grup taksonomicznych bentosu jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 80, 90)

Fig. 15. Structure of dominance of zoobenthos in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 80, 90)

np.: *Pagastiella orophila, Chironomus* sp. f. l. *salinarius*. W przybrzeżnym bentosie jezior: Piaseczno, Zagłębocze i Łukie od kilku dziesięcioleci utrzymuje się populacja raka błotnego. Względną stabilność w czasie wykazywała struktura gatunkowa i ekologiczna wskaźników trofii. W jeziorach mezotroficznych od 40 lat zdecydowaną przewagę miały wskaźniki mezotrofii (jak np. bytująca w jeziorze Piaseczno *Sergentia coracina*, lub *Chironomus* sp. f. l. *salinarius*), w dystroficznych wskaźniki dystrofii (*Pagastiella arophila*), zaś w jeziorach eutroficznych wskaźniki eutrofii (*Chironomus* f. l. *plumosus, Einfelda* f .l. *carbonaria, Einfelda* f. l. *pagana, Pseudochironomus* ex grege *prasinatus, Chaoborus flavicans*) [7,8].

W większości jezior Polesia Lubelskiego obserwuje się stopniowy wzrost różnorodności gatunkowej. Szczególnie wysoki wzrost różnorodności stwierdzono w objętych ochroną jeziorach eutroficznych i dystroficznych. W jeziorach poddanych silnej antropopresji (np. jeziora: Zagłębocze, Nadrybie) zanotowano wyraźny spadek różnorodności gatunkowej (Rys. 16).

Liczebność zoobentosu poszczególnych jezior Polesia Lubelskiego była zróżnicowana, a w wielu z nich wykazywała wyraźne tendencje wzrostowe w kolejnych dekadach, osiągając najniższe wartości w latach sześćdziesiątych i najwyższe w latach dziewięćdziesiątych. W niektórych jeziorach jednakże cecha ta przyjmowała charakter zmian fluktuacyjnych. Trofia jezior nie miała wpływu na



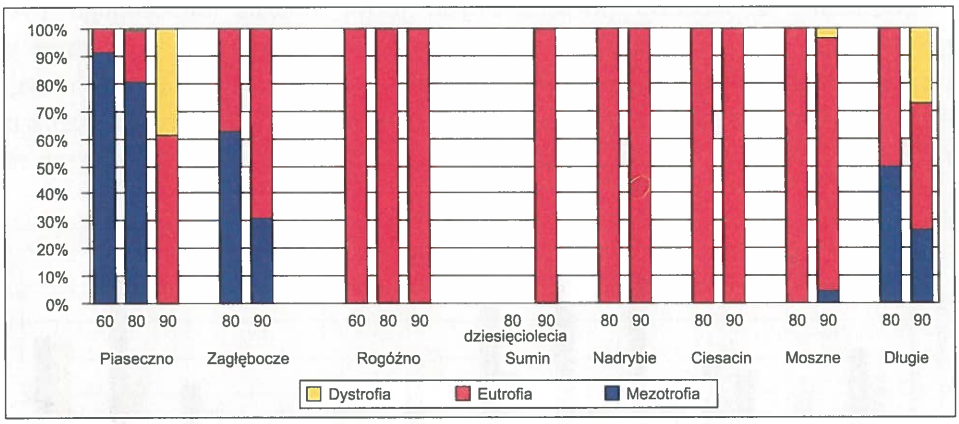
Rys. 16. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera dla zoobentosu wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 80, 90)

Fig. 16. Shannon-Wiener diversity index of zoobenthos in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 80, 90)

kształtowanie liczebności zoobentosu (Rys. 14).

Grupę dominantów w tych jeziorach tworzyło łącznie 29 taksonów. Najczęściej występującymi dominantami były: *Tubificidae, Chaoborus flavicans, Einfeldia carbonaria, Procladius Skuse.*

W strukturze ilościowej zoobentosu prawie wszystkich jezior Polesia przeważającą grupę stanowiły gatunki wskaźniki eutrofii. W większości jezior eutroficznych i mezotroficznych wskaźniki te należały do grupy dominantów. W jeziorach dystroficznych (np. jezioro Moszne, Długie) wskaźniki eutrofii stanowiły zwykle nie więcej niż kilkanaście procent ogólnej liczebności zoobentosu. Wyraźny udział procentowy w tych jeziorach osiągały gatunki wskaźniki dystrofii (*Pagastiella orophila*), i mezotrofii (*Chironomus* f. l. *salinarius*). Gatunki wskaźnikowe dystrofii pojawiały się także w innych typach troficznych jezior (np. jeziora: Piaseczno, Uściwierz) (Rys. 17).



Rys. 17. Udział procentowy gatunków wskaźnikowych w ogólnej liczebności bentosu wybranych jezior Polesia Lubelskiego (lata 1960, 80, 90)

Fig. 17. Percentage of zoobenthos indicator species in total density in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1960, 80, 90)

Ichtiofauna

W ciągu ostatnich 40 lat XX wieku nastąpiły wyraźne zmiany w bogactwie gatunkowym ichtiofauny w rzekach i jeziorach Polesia Lubelskiego. W jeziorach mezotroficznych rzadko występuje już sieja i sielawa. W większości jezior natomiast, w których prowadzona była gospodarka rybacka, pojawiły się nowe gatunki ryb m.in. karaś srebrzysty i sumik karłowaty. Gatunki te bardzo dobrze zaaklimatyzowały się w rzekach i jeziorach Polesia i wytworzyły w nich bardzo liczne populacje. W strukturze ekologicznej dominują ryby spokojnego żeru, przy niewielkim udziale ryb drapieżnych (Rys. 18a-b).

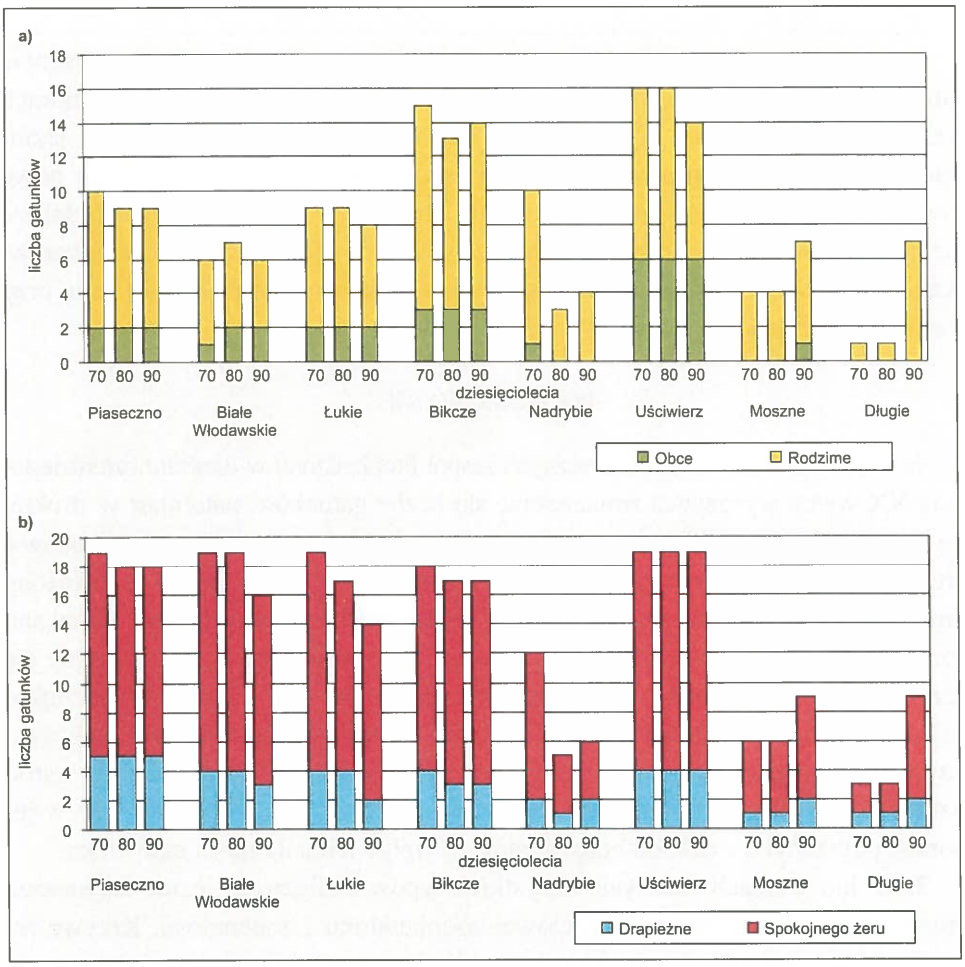
PODSUMOWANIE

1. Wśród czynników fitocenotycznych zespół fitoplanktonu w ostatnim czterdziestoleciu XX wieku wykazywał zmniejszenie się liczby gatunków, natomiast w strukturze ilościowej nie utrwaliła się wyraźna zmiana, która wyrażała się w przebudowie struktury dominacji biocenoz wodnych. Jedynie w kilku jeziorach zauważono zmniejszanie się ilości kryptofitów. W zbiorowiskach makrofitów notowano wzrost udziału zespołów roślinności szuwarowej i jednocześnie zmniejszanie się liczby zespołów roślinności zanurzonej. Największe zmiany w strukturze gatunkowej makrofitów występowały w jeziorach znajdujących się pod silnym wpływem aktywności gospodarczej człowieka. Niewielkie zaś zmiany jakościowe wśród makrofitów wystąpiły w jeziorach objętych najwyższą formą ochrony oraz w jeziorach położonych z dala od bezpośredniego wpływu działalności człowieka.

2. W biocenozach wodnych wszystkich typów troficznych jezior największe zmiany zaszły w strukturze jakościowej zooplanktonu i zoobentosu. Krzywe regresji wykazują tendencję wzrostu ogólnej liczby gatunków oraz zmniejszania się liczby gatunków rzadkich, wskaźników dystrofii i mezotrofii, przy równoczesnym wzroście liczby gatunków wskaźników eutrofii. Zjawisko to świadczy o postępującej eutrofizacji wód jezior Polesia Lubelskiego.

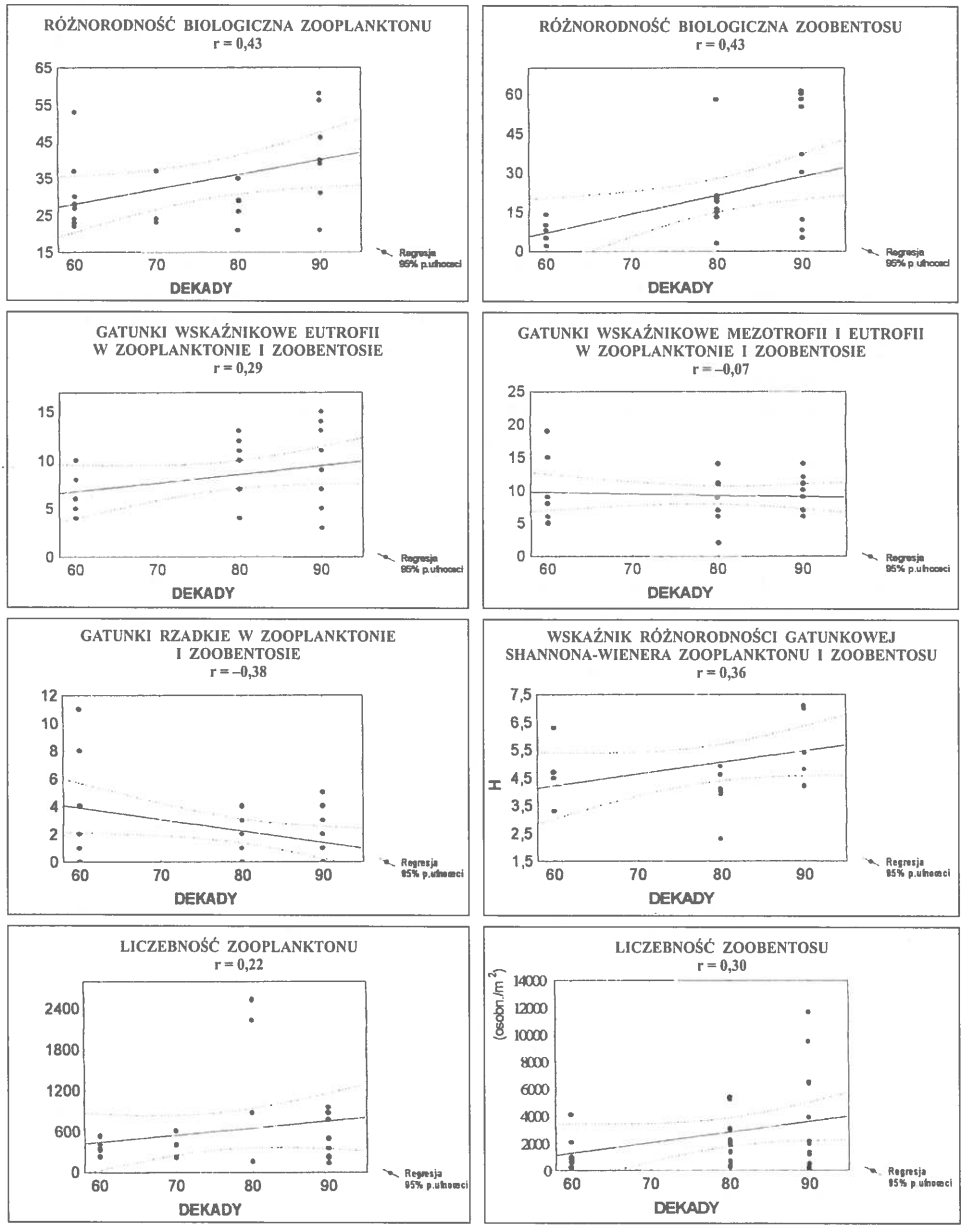
W jeziorach liczebność zooplanktonu, a zwłaszcza zoobentosu miała charakter zmian fluktuacyjnych, jednakże w kolejnych dziesięcioleciach zaznaczała się tendencja stopniowego jej wzrostu (Rys. 19).

3. Status troficzny jezior Polesia Lubelskiego podlegał wielokierunkowym zmianom w czasie. W pewnej grupie jezior, w kolejnych dziesięcioleciach następował – z różnym natężeniem – wzrost trofii, w innych zaś zmiany te miały charakter fluktuacyjny. Trofia w nich podlegała wahaniom w czasie – wzrastała w



Rys. 18. a) Różnorodność gatunkowa ichtiofauny jezior Polesia Lubelskiego (lata 1970, 80, 90), b) zróżnicowanie ekologiczne ichtiofauny jezior Polesia Lubelskiego (lata 1970, 80, 90)

Fig. 18. a) species diversity, b) ecological diversity of ichtyofauna in lakes of the Lublin Polesie Region (decades 1970, 80, 90)



Rys. 19. Zależność pomiędzy czynnikami biocenotycznymi a kolejnymi dekadami w jeziorach Polesia

Fig. 19. Correlation coefficients and regression curves for the chosen biocenotic parameters in Polesie lakes

latach 1960-1970, zmniejszała się w latach 1980-1990, lub też zjawisko to przebiegało odwrotnie. Największe wahania trofii w czasie wykazywały jeziora bardzo płytkie takie jak jeziora: Bikcze, Nadrybie i Moszne.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bałaga K.:** Vegetatial history of the Lake Łukcze enviroment (Lublin Polesie, E. Poland) durling the lakeglatial on Holocene. Acta Paleobot., 22, 1-22, 1982.
2. **Baryła R., Fijałkowski D.:** Roślinność naczyniowa jezior i torfowisk w rejonie Poleskiego Parku Narodowego i jego otulinie. W: Ochrona ekosystemów wodnych i torfowiskowych w Poleskim Parku Narodowym i jego otulinie (Red. S. Radwan). AR Lublin, TWWP Lublin, 79-84, 1995.
3. **Fijałkowski D.:** Stanowiska *Isoetes lacustris* L. w województwie lubelskim. Fragmenta Floristica et Geobotanica, 19, 5-7, 1973.
4. **Harasimiuk M., Michalczyk Z., Turczyński M.:** Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie – monografia przyrodnicza. Wyd. UMCS, Lublin, 1-210, 1998.
5. **Hillbricht-Ilkowska A., Spodniewska I, Węgleńska T., Karabin A.:** The sesonal varilation of some ecological efficiencies and productions rates in plankton community of several polish Lakes of different trophy. Proc. IBP – Unesco Symp. On Productiv. Problems of Freshwat. Warszawa-Kraków, 111-127, 1972.
6. **Kornijów R., Radwan S., Kowalik W., Kowalczyk C., Wojciechowska W..:** Zmiany jakościowe i ilościowew biocenozach jezior Poleskiego Parku Narodowego i jego otuliny w latach 1955-1994. W: Ochrona ekosystemów wodnych w Poleskim Parku Narodowym i jego otulinie (Red. S. Radwan). Wyd. AR Lublin, TWWP Lublin, 63-68, 1995.
7. **Kornijów R.:** Krajobrazowe i morfometryczne uwarunkowania podatności jezior Polesia na degradację oraz wskazania dotyczące ich racjonalnego wykorzystania i ochrony. W: Funkcjonowanie ekosystemów wodno-błotnych w obszarach chronionych Polesia (Red. S. Radwan). UMCS, Lublin, 73-77, 1996.
8. **Kornijów R.:** Piaseczno – zagrożone jezioro osobliwości przyrodniczych. Chrońmy Przyr. Ojcz., 2, 65-72, 1998.
9. **Kowalczyk C.:** Fauna skorupiaków jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego na tle warunków limnologicznych. Część I. Jeziora o I i II stopniu degradacji. Ann. UMCS, sect. C, 32, 293-322, 1977.
10. **Kowalczyk C.:** Fauna skorupiaków jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego na tle warunków limnologicznych. Część II. Jeziora o III stopniu degradacji. Ann. UMCS, C, 33, 469-498, 1978.
11. **Kowalczyk C.:** Fauna skorupiaków jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego na tle warunków limnologicznych. Część III. Jeziora o IV stopniu degradacji. Ann. UMCS, sect. C, 34: 261-278, 1979.
12. **Krebs J.C.:** Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abudance. Wyd. PWN Warszawa, 1-734, 1996.
13. **Krupa D., Czernaś K.:** Długoletnie badania zbiorowisk glonów planktonowych i ich produktywności w jeziorach Piaseczno i Moszne. W: Współczesne kierunki ekologii – ekologia behawioralna (Red.. T. Puszkar, L. Puszkar). Wyd. UMCS Lublin, 293-299, 1997.
14. **Kufel L., Ejsmont-Karabin J., Królikowska J., Kufel I.:** Stan ekologiczny jezior Mazurskiego Parku Krajobrazowego. W: Ekosystemy wodne i torfowiskowe w obszarach chronionych (Red. S. Radwan, Z. Karbowski, M. Sołtys). PTH, AR Lublin, TWWP, PPN, 61-63, 1993.
15. **Michalczyk Z., Bartoszewski S., Chmiel S., Dawidek J., Głowacki S.; Turczyński M.:** Water resources of Poleski National Park (in Polish). In: Poleski National Park-nature monograph (Ed. S. Radwan). Morpol, Lublin, 55- 70, 2002.

16. **Radwan S.:** Wrotki pelagiczne jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Studium faunistyczno-ekologiczne. Rozpr. Nauk. AR Lublin, 8, 1-57, 1973.
17. **Radwan S., Kowalczyk C.:** Chemizm trzech odmiennych troficznie jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Ann. UMCS, C, 34, 229- 260, 1979.
18. **Radwan S., Kowalik W., Kowalczyk C.:** Occurrence of heavy metals in water phytoplankton and zooplankton of a mesotrophic lake in eastern Poland. Sci. Total Environ., 9, 115-120, 1990.
19. **Radwan S., Zwolski W., Kowalik W., Kowalczyk C., Popiołek B., Kornilów R.:** Invertebrates fauna of lakes in Polesie National Park (eastern Poland) and its protection zone. Verh. Internat. Verein. Limnol., Stuttgard, 25, 671-673, 1993.
20. **Radwan S., Jarzyna B., Kowalczyk C., Kowalik W., Wojciechowska W.:** Stosunki biocenotyczne w jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. T II. Idee Ekologiczne 7, ser. szkice nr 5, 9-16, 1994.
21. **Radwan S., Sender J.:** Kształtowanie się różnorodności biologicznej w obszarach wodno-błotnych Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. W: Funkcjonowanie ekosystemów wodno-błotnych w obszarach chronionych Polesia (Red. S Radwan). Wyd. UMCS, Lublin, 45-56, 1996.
22. **Radwan S., Kornijów R.:** Hydrobiologiczne cechy jezior – stan aktualny i kierunki zmian. W: Jeziora łęczyńsko-włodawskie (Red. M. Harasimiuk, Z. Michalczyk, M. Turczyński). Wyd. UMCS, Lublin, 129-144, 1998.
23. **Radwan S., Chmielewski T. J., Ozimek T.:** Struktura i funkcjonowanie ekotonów woda/ląd w róznych typach troficznych jezior Polesia Lubelskiego. W: Ekotony słodkowodne: struktura – rodzaje – funkcjonowanie (Red. S. Radwan). Wyd. UMCS, Lublin, 17-43, 1998.
24. **Radwan S.:** Ekosystemy wodne. W: Międzynarodowy Rezerwat Biosfery "Polesie Zachodnie" (Red. T. J. Chmielewski). Wyd. PPN, Lublin-Urszulin 2000, 39 42, 2000.
25. **Reynolds C.S.:** Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. Freshwat. Biol. 14, 111-142, 1984.
26. **Reynolds C.S.:** What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? Hydrobiologia, 369/370, 11-26, 1998.
27. **Rosčn, G.:** Phytoplankton as indicators and their relations to certain chemical and physical factors. Limnologica, 13, 263-290, 1981
28. **Stewart A.J., Wetzel R.G.:** Cryptophytes and other microflagellate as couplers in planktonic community dynamics. Arch. Hydrobiol., 106, 1-19, 1986.
29. **Trifonova I.S.:** Phytoplankton composition and biomass structure in relation to tropic gradient in some temperate and subarctic lakes of north-western Russia and the Prebaltic. Hydrobiologia, 369/370, 99-108, 1998.

WATER ECOSYSTEMS OF POLESIE – THE PRESENT STATE AND CHANGES

S. Radwan[1], *T. Mieczan*[1], *W. Płaska*[1], *W. Wojciechowska*[2], *J. Sender*[1]
P. Jaszczenko[3]

[1]Department of Hydrobiology and Ichtiobiology, University of Agriculture
Akademicka 13, 20-950 Lublin, Poland
[2]Department of Botanics and Hydrobiology Catholic University of Lublin
C.K. Norwida 4, 20-061 Lublin
[3]Institute of Ecology of Carpathians, UNAS, Kozelnytska St. 4, Lviv, 79026, Ukraine

A b s t r a c t. The changes occurring during the last 40 years in the Polesie lake ecosystems concern both their abiotic and biotic components. In the group of physical and chemical factors electric conductivity and concentration of oxygen in the near-bottom water layers showed decreasing values in the successive decades. In turn, the phosphates, total phosphorus and ammonium were increasing in the majority of the lakes. This phenomenon was very distinctive in lakes (irrespective of their trophy) subjected to increased human activity. Alkalinity of those lakes increased in the eighties, and then slightly dropped in the nineties. In the biocenosis the most clearly pronounced changes occurred in the qualitative structure of zooplankton and zoobenthos. In the consecutive decades, the number of taxa was increasing but the number of rare species and those indicating mesotrophy and eutrophy decreased. Density of zooplankton, and especially zoobenthos, fluctuated but a general tendency was towards growth. The Shannon-Weaver biodiversity index showed the highest values for zooplankton in the sixties and that for zoobenthos in the nineties. The trophic status of the Polesie lakes varied in time. In some lakes, there was an increase in the lake trophy. In other lakes, the trophy fluctuated, with greatest changes in the shallowest lakes (Bikcze, Nadrybie, Moszne).

K e y w o r d s: water ecosystems, ecological structure, changes, Polesie.