
ANNALS
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. LI, 15

SECTIO B

1996

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej
Instytut Geografii UMK w Toruniu

WŁODZIMIERZ MARSZELEWSKI

*Zmiany przezroczystości wody w jeziorach
Pojezierza Mazurskiego*

Changes in Water Transparency of the Lakes in the Mazury Lakeland

WSTĘP

Przezroczystość wody jest prostym wskaźnikiem limnologicznym o dużej wartości informacyjnej. Stanowi on jeden z podstawowych parametrów w kompleksowych opracowaniach poświęconych jakości wód jeziornych i znajduje miejsce w różnych systemach ocen i klasyfikacji jezior nie tylko w krajach europejskich (Kudelska, Cydzik, Soszka 1983).

Czynnik ten warunkuje przenikanie promieniowania słonecznego w głąb wody i określa zasięg widzenia (widzialność). Promieniowanie słoneczne przenikając przez masę wody ulega pochłanianiu. Stąd też w wodach obserwować można pionowy gradient warunków świetlnych, co ma decydujące znaczenie dla produkcji i życia organizmów wodnych. Pogarszanie się warunków świetlnych wraz ze wzrostem głębokości wynika z absorpcji i rozpraszania światła. Wraz z głębokością ulega zmianie zarówno natężenie światła, jak i jego skład spektralny. Zmiany te posiadają wielkie znaczenie dla procesu fotosyntezy, który wyznacza równocześnie tzw. strefę eufotyczną.

Powszechnie stosowaną miarą szybkiego określania przezroczystości wody jest pomiar polegający na rejestracji głębokości, na której w porze dziennej staje się niewidoczny i ponownie może być dostrzeżony z powierzchni krążek Secchiego (biały, metalowy, o średnicy 30 cm). Na wynik pomiaru może wpływać wiele czynników, np. warunki świetlne, stan wzroku obserwatora, zdolność

krążka do odbijania światła, kontrast pomiędzy barwą krążka a barwą otaczającej go wody (Lampert, Sommer 1996). Pomimo tego metoda ta jest dość niezawodna i często stosowana do szybkiej oceny przezroczystości wody.

Przenikanie światła w wodzie najbardziej utrudnia zawiesina. Jej duża ilość może spowodować, że zanik widoczności krążka Secchiego następuje już po kilkunastu centymetrach. W jeziorach wywołane jest to przeważnie przez zakwitły glonów. Stąd też widzialność krążka jest ponadto pomocniczym wskaźnikiem rozwoju fitoplanktonu, a więc i stopnia eutrofizacji. Wysokie wartości tego wskaźnika (ponad 5 m) świadczą o znacznej czystości i małej żyzności wody i są charakterystyczne dla jezior oligotroficzných lub czasem mezotroficzných. Niskie wartości (poniżej 1 m) mogą wskazywać na dużą żyzność wody i charakteryzują jeziora politroficzne i eutroficzne, a także dystroficzne jeziora śródlądne wyróżniające się brunatnym zabarwieniem wody (Żmudziński, Pęczalska 1984).

Widzialność krążka Secchiego zależy także od wielkości koncentracji chlorofilu w wodzie. Zależność taką występującą zarówno wiosną, jak i latem na podstawie badań różnych typów jezior na Pojezierzu Mazurskim wykazał Zdąnowski (1983).

Wielkości przezroczystości wody zmieniają się na przestrzeni roku. Największą przezroczystość wody posiadają jeziora w okresie zimy, najczęściej podczas zlodzenia. Najmniejsza przezroczystość wody występuje w okresach zakwitów glonów lub po zaniku pokrywy lodowej, gdy w wodach jezior spotyka się duże ilości zawiesiny. Zasada ta nie dotyczy jezior silnie zanieczyszczonych, które przez cały rok posiadają podobną i niewielką przezroczystość.

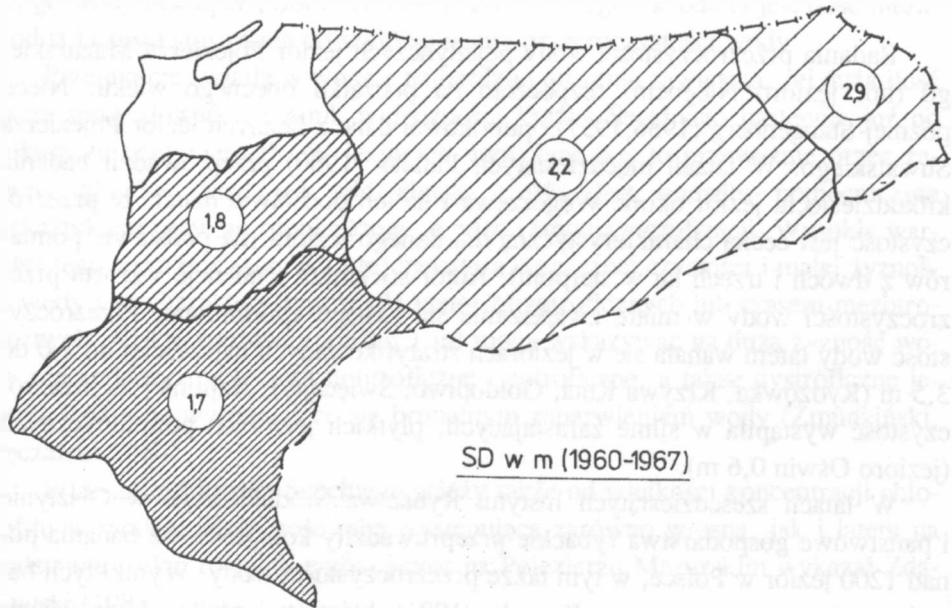
W niniejszej pracy rozpatrywano przezroczystość wody w jeziorach Pojezierza Mazurskiego w okresie pełnej stagnacji letniej, a więc w sierpniu. Celem pracy jest przedstawienie wielkości, tendencji i przyczyn zmian przezroczystości wody w różnych regionach Pojezierza Mazurskiego, zwłaszcza w drugiej połowie obecnego wieku oraz wskazanie regionów, w których jeziora ze względu na niekorzystne zmiany przezroczystości wody powinny w pierwszej kolejności zostać objęte szczególną ochroną. W pracy wykorzystano zarówno wyniki badań opublikowane, jak i niepublikowane oraz wyniki własnych badań terenowych przeprowadzonych w latach dziewięćdziesiątych w zachodniej części Pojezierza.

DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ

Badania przezroczystości wody pojedynczych jezior Pojezierza Mazurskiego (np. jezioro Niegocin) rozpoczęto na początku obecnego wieku. Nieco później Stangenberg (1936, 1937) opublikował dane z licznych jezior Pojezierza Suwalskiego. W latach pięćdziesiątych Patalas (1960) przeprowadził badania kilkudziesięciu jezior okolic Węgorzewa i na ich podstawie uznał, że przezroczystość jest cechą charakterystyczną dla danego jeziora (na podstawie pomiarów z dwóch i trzech lat w sierpniu). Autor stwierdził tendencję wzrostu przezroczystości wody w miarę zwiększania się zasięgu epilimnionu. Przezroczystość wody latem wahała się w jeziorach stratyfikowanych najczęściej od 3,0 do 3,5 m (Rydzówka, Krzywa Kuta, Goldopiwo, Święcajtys). Najmniejsza przezroczystość wystąpiła w silnie zarastających, płytkich jeziorach polimiktycznych (jezioro Oświn 0,6 m).

W latach sześćdziesiątych Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie i państwowe gospodarstwa rybackie przeprowadziły kompleksowe badania ponad 1200 jezior w Polsce, w tym także przezroczystości wody. Wyniki tych badań zostały opracowane przez Korycką (1991), która stwierdziła istotne zróżnicowanie regionalne stopnia przezroczystości wody w jeziorach (ryc. 1), a także związek pomiędzy głębokością średnią jezior a przezroczystością wody. Badania wykazały, iż w miarę wzrostu średniej głębokości zmniejszał się udział jezior o małej przezroczystości, a wzrastał udział jezior o dużej przezroczystości. Największą przezroczystość wody w latach sześćdziesiątych posiadały jeziora we wschodniej części omawianego obszaru (Pojezierze Suwalskie i Augustowskie), najmniejszą zaś w zachodniej części, a zwłaszcza na Pojezierzu Chełmińskim i Dobrzyńskim.

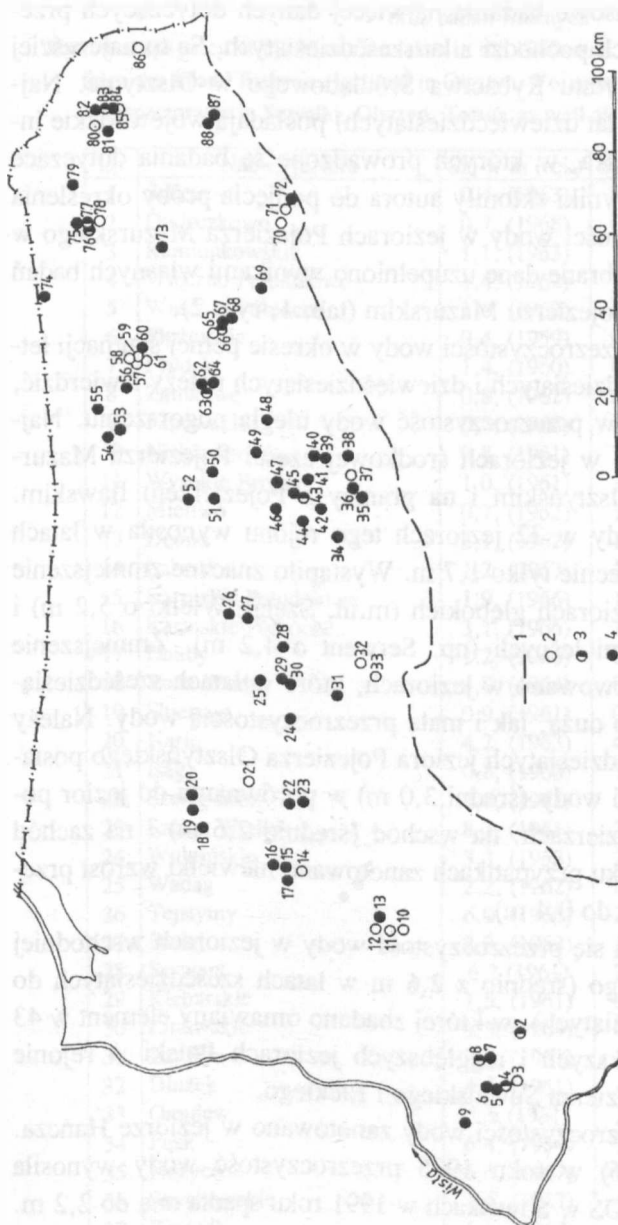
W kolejnych latach pomiary przezroczystości wody wykonywane były w ramach kompleksowych badań jezior w różnych częściach Pojezierza Mazurskiego (Zdanowski 1983; Bajkiewicz-Grabowska, Hillbricht-Ilkowska, Kajak, Kufel 1989) oraz Wigierskiego Parku Narodowego i Suwalskiego Parku Krajo-
brazowego (Zdanowski, Karpiński, Prusik 1992; Hillbricht-Ilkowska, Wiśniewski 1994). W pracach tych autorzy w odniesieniu do niektórych jezior przedstawili zmiany przezroczystości wody w okresie kilkudziesięciu lat. W latach 1950–1986 przezroczystość wody w Jeziorze Mikołajskim zmniejszyła się z 2,8–3,5 m do 1,3 m, a w jeziorze Beldany z 3,0–3,5 m do 1,5–1,8 m. Widzialność krążka Secchiego w jeziorze Niegocin zmniejszyła się latem z ok. 4,5 m w 1901 roku do mniej niż 1 m pod koniec lat osiemdziesiątych (Dorochowicz 1994). Określone zostały tendencje zmian widzialności krążka Secchiego w



Ryc. 1. Zróżnicowanie średniej przezroczystości wody jezior w regionach Pojezierza Mazurskiego w latach sześćdziesiątych (opracowanie własne na podstawie danych Koryckiej 1991); SD – przezroczystość wody (m)

The diversity of average water transparency of the Mazurian lakes in the 1960s (original research based on Korycka's data, 1991); SD – water transparency (in metres)

grupie jezior wigierskich w latach 1934–1986. W grupie 29 jezior wigierskich średnia przezroczystość wody w roku 1934 wynosiła 3,1 m, a w roku 1986 tylko 2,4 m. Zdecydowanie zmniejszyła się widzialność krążka Secchiego w jeziorze Wigry, w którym w okresie przedwojennym wynosiła ona od 4,5 m do 6,0 m, a w latach sześćdziesiątych nie spadała poniżej 3,5 m. Przeciętna widzialność latem 1986 roku była w całym jeziorze około dwukrotnie mniejsza (2,4 m). Podobnego porównania dokonano dla 19 jezior Suwalskiego Parku Krajobrazowego, których przezroczystość wód zmniejszyła się średnio z 3,4 m w latach 1935–1936 do 2,9 m w latach 1983–1985. Zmniejszenie przezroczystości wody stwierdzili ponadto Kajak i Zdanowski (1983) w 28 jeziorach położonych w różnych częściach Pojezierza Mazurskiego w 1977 roku w porównaniu do wyników badań tych jezior sprzed 15–28 lat. Spadek widzialności zanotowano głównie w jeziorach dymiktycznych.



Ryc. 2. Zmiany przezroczystości badanych jezior w latach sześćdziesiątych i dziewięćdziesiątych na Pojezierzu Mazurskim (nazwy jezior jak w tab. 1); 1 – granica ostatniego zlodowacenia, 2 – jeziora o zwiększonej przezroczystości wody, 3 – jeziora o podobnej przezroczystości wody, 4 – jeziora o zmniejszonej przezroczystości wody

Changes in water transparency of the lakes examined in the 1960s and 1990s in the Mazury Lakeland (name of lakes as in Tab.1). Symbols: 1 – the border of the latest glaciation, 2 – the lakes of higher degree of water transparency, 3 – the lakes of similar water transparency, 4 – the lakes of lower water transparency

WYNIKI BADAŃ

Jak wykazały dotychczasowe badania najwięcej danych dotyczących przezroczystości wody w jeziorach pochodzi z lat sześćdziesiątych. Są to najczęściej niepublikowane analizy Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie. Najwięcej danych aktualnych (z lat dziewięćdziesiątych) posiadają wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska, w których prowadzone są badania dotyczące stanu czystości jezior. Ich wyniki skłoniły autora do podjęcia próby określenia tendencji zmian przezroczystości wody w jeziorach Pojezierza Mazurskiego w okresie minionych 30 lat. Zebrane dane uzupełniono wynikami własnych badań prowadzonych aktualnie na Pojezierzu Mazurskim (tab. 1, ryc. 2).

Porównując wielkości przezroczystości wody w okresie pełnej stagnacji letniej (sierpień) w latach sześćdziesiątych i dziewięćdziesiątych należy stwierdzić, że w ponad 75% przypadków przezroczystość wody uległa pogorszeniu. Najbardziej zmniejszyła się ona w jeziorach środkowej części Pojezierza Mazurskiego, tj. na Pojezierzu Olsztyńskim i na granicy z Pojezierzem Iławskim. Średnia przezroczystość wody w 32 jeziorach tego rejonu wynosiła w latach sześćdziesiątych 3,0 m, a obecnie tylko 1,7 m. Wystąpiło znaczne zmniejszenie przezroczystości wody w jeziorach głębokich (m.in. Szelań Wielki o 5,2 m) i położonych w obrębie zlewni leśnych (np. Serwent o 4,2 m). Zmniejszenie przezroczystości wody obserwowano w jeziorach, które w latach sześćdziesiątych wyróżniały się zarówno dużą, jak i małą przezroczystością wody. Należy podkreślić, że w latach sześćdziesiątych jeziora Pojezierza Olsztyńskiego posiadały większą przezroczystość wody (średni 3,0 m) w porównaniu do jezior położonych na sąsiednich pojezierzach: na wschód (średnio 2,6 m) i na zachód (średnio 1,1 m). Tylko w kilku przypadkach zanotowano niewielki wzrost przezroczystości wody (od 0,1 m do 0,4 m).

Nieco mniej zmniejszyła się przezroczystość wody w jeziorach wschodniej części Pojezierza Mazurskiego (średnio z 2,6 m w latach sześćdziesiątych do 2,1 m w latach dziewięćdziesiątych), w której zbadano omawiany element w 43 jeziorach, w tym w największych i najgłębszych jeziorach Polski w rejonie Krainy Wielkich Jezior, Pojezierza Suwalskiego i Etckiego.

Największy spadek przezroczystości wody zanotowano w jeziorze Hańcza. Według Stangenberga (1936) w roku 1935 przezroczystość wody wynosiła 8,2 m, zaś według badań WIOŚ w Suwałkach w 1991 roku spadła ona do 2,2 m. Nie wiadomo, czy tak znaczny spadek przezroczystości wody w jeziorze Hańcza był jedynie chwilowy, czy jest to tendencja stała, tym bardziej że według Hillbricht-Ilkowskiej i Wiśniewskiego (1994) wielkość ta w roku 1984 wynosiła

Tab. 1. Przezroczystość wody w jeziorach Pojezierza Mazurskiego w latach sześćdziesiątych i dziewięćdziesiątych (w sierpniu) na podstawie danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie, wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska w Suwałkach, Olsztynie i Toruniu oraz badań własnych

Water transparency of the Mazurian lakes in the 1960s and 1990s (in August), based on data from the Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Voivodship Environmental Protection Inspectorates in Suwałki, Olsztyn, Toruń, as well as based on original research

Lp	Nazwa jeziora	SD w m (rok)	SD w m (rok)	Różnica w m
1	Święte	0,4, (1963)	0,3, (1993)	-0,1
2	Owieczkowo	0,7, (1968)	0,7, (1994)	0,0
3	Kamionkowskie	1,1, (1963)	2,2, (1991)	+1,1
4	Wieczno Południowe	1,4, (1962)	1,4, (1994)	0,0
5	Wieczno Północne	1,6, (1962)	0,7, (1994)	-0,9
6	Pluźnickie	0,4, (1959)	0,2, (1994)	-0,2
7	Frydek	1,4, (1960)	0,6, (1993)	-0,8
8	Zamkowe	0,8, (1962)	0,8, (1994)	0,0
9	Papowskie	0,7, (1968)	0,5, (1990)	-0,2
10	Niskie Brodno	0,8, (1961)	1,9, (1994)	+1,1
11	Wysokie Brodno	1,0, (1961)	3,4, (1994)	+2,4
12	Mieliwo	0,7, (1962)	1,3, (1993)	+0,6
13	Dębno	3,1, (1962)	1,7, (1993)	-1,4
14	Labędź	1,2, (1967)	1,6, (1994)	+0,4
15	Karniskie Południowe	1,9, (1966)	1,6, (1994)	-0,3
16	Karniskie Północne	3,1, (1966)	1,3, (1994)	-1,8
17	Dauby	1,2, (1966)	0,7, (1994)	-0,5
18	Ruda Woda	3,0, (1964)	0,9, (1990)	-2,1
19	Skiertąg	0,9, (1961)	0,4, (1994)	-0,5
20	Narie	4,2, (1963)	4,1, (1994)	-0,1
21	Isąg	0,8, (1960)	1,0, (1991)	+0,2
22	Szeląg Mały	2,8, (1961)	0,9, (1990)	1,9
23	Szeląg Wielki	8,3, (1961)	3,1, (1990)	-5,2
24	Wulpińskie	3,3, (1958)	2,2, (1993)	-1,1
25	Wadąg	2,2, (1962)	0,8, (1990)	-1,4
26	Tejstymy	6,0, (1965)	2,5, (1991)	-3,5
27	Dadaj	2,8, (1962)	1,8, (1993)	-1,0
28	Serwent	6,2 (1961)	2,0, (1991)	-4,2
29	Klebarskie	1,5, (1961)	0,7, (1990)	-0,8
30	Linowskie	1,3, (1964)	0,8, (1990)	-0,5
31	Lańskie	3,5, (1961)	1,8, (1991)	-1,7
32	Dłużek	4,4, (1961)	4,5, (1991)	+0,1
33	Omulew	1,5 (1961)	2,7, (1994)	+1,2
34	Łęsk	6,4, (1964)	3,1, (1993)	-3,3
35	Nożyce	6,5, (1967)	4,1, (1994)	-2,4
36	Spychowskie	1,6, (1967)	1,4, (1990)	-0,2
37	Kierwik	1,6, (1967)	1,9, (1994)	+0,3
38	Nidzkie	2,5, (1960)	1,2, (1990)	-1,3
39	Guzianka Wielka	2,5, (1960)	2,3, (1990)	-0,2
40	Guzianka Mała	2,0, (1960)	1,6, (1990)	-0,4

Lp	Nazwa jeziora	SD w m (rok)	SD w m (rok)	Różnica w m
41	Nawiady	4,2, (1967)	1,5, (1992)	-2,7
42	Krawno	1,8, (1964)	0,9, (1993)	-0,9
43	Gant	1,7, (1967)	1,7, (1993)	0,0
44	Rańskie	1,1, (1964)	0,9, (1990)	-0,2
45	Białe k. Bieniek	2,0, (1967)	1,4, (1992)	-0,6
46	Pierwoj	2,5, (1963)	1,0, (1993)	-1,5
47	Krzywe	2,5, (1967)	1,9, (1992)	-0,6
48	Śniardwy	3,5, (1966)	2,3, (1990)	-1,2
49	Mikolajskie	2,5, (1966)	1,3, (1990)	-1,2
50	Ryńskie	1,6, (1961)	0,7, (1990)	-0,9
51	Juksty	4,8, (1965)	1,2, (1992)	-3,6
52	Selmeł Duży	3,0, (1962)	0,9, (1993)	-2,1
53	Kirsajty	4,2, (1959)	3,3, (1993)	-0,9
54	Mamry	4,7, (1959)	3,6, (1993)	-1,1
55	Stręgiel	1,0, (1955)	0,8, (1993)	-0,2
56	Goldapiwo	3,2, (1955)	1,6, (1993)	-1,6
57	Piłwąg	0,5, (1963)	0,9, (1993)	+0,4
58	Szwałk Wielki	1,0, (1963)	1,4, (1993)	+0,4
59	Łażno	1,5, (1963)	2,1, (1993)	+0,6
60	Szwałk Mały	1,5, (1963)	1,2 (1993)	-0,3
61	Litygajno	1,7, (1963)	3,2, (1993)	+1,5
62	Bycek	2,1, (1963)	0,9, (1992)	-1,2
63	Buwelno	3,8, (1962)	3,8, (1992)	0,0
64	Ublik Wielki	4,7, (1963)	1,8, (1992)	-2,9
65	Pozezdrze	2,9, (1955)	3,5, (1993)	+0,6
66	Zawadzkie	1,4, (1963)	1,4, (1994)	0,0
67	Łaśniady	4,0, (1962)	3,5, (1994)	-0,5
68	Straduńskie	2,6, (1963)	1,7, (1994)	-0,9
69	Szarek	1,6, (1961)	0,5, (1992)	-1,1
70	Białe Rajgrodzkie	2,5, (1959)	3,6, (1993)	+1,1
71	Dreństwo	2,5, (1959)	3,6, (1993)	+1,1
72	Tajno	1,0, (1963)	0,3, (1993)	-0,7
73	Oleckie Małe	2,0, (1962)	0,5, (1993)	-1,5
74	Goldap	1,7, (1966)	0,8, (1994)	-0,9
75	Boczne	2,8, (1966)	2,6, (1991)	-0,2
76	Czostków	2,0, (1966)	2,0, (1991)	0,0
77	Kościelne	1,4, (1966)	1,4, (1990)	0,0
78	Białe Filipowskie	5,5, (1965)	6,4, (1991)	+0,9
79	Hańcza	8,2, (1935)	2,2, (1991)	-6,0
80	Jegliniec	1,5, (1962)	1,6, (1992)	+0,1
81	Żubrowo	2,8, (1962)	2,6, (1992)	-0,2
82	Gremz	2,0, (1959)	1,2, (1992)	-0,8
83	Bocznie	11,2, (1962)	1,2, (1992)	0,0
84	Długie Sejneńskie	6,0, (1962)	5,1, (1992)	-0,9
85	Gremzdel	1,0, (1962)	1,6, (1992)	+0,6
86	Dowcień	1,3, (1962)	2,4, (1992)	+1,1
87	Blizno	3,0, (1960)	2,6, (1991)	-0,4
88	Blizenko	3,8, (1962)	2,0, (1991)	-1,0

8–9 m. W pozostałych jeziorach obserwowano zmniejszenie przezroczystości wody najczęściej ok. 1 m. Dotyczy to również Wielkich Jezior Mazurskich (Śniardwy, Mamry, Ryńskie-Tałty, Mikołajskie). W 11 jeziorach zanotowano w latach dziewięćdziesiątych wzrost przezroczystości wody, który rzadko przekraczał 1 m.

Odmienne tendencje zmian przezroczystości wody obserwowano w jeziorach zachodniej części Pojezierza Mazurskiego, a zwłaszcza w rejonie Pojezierza Chełmińskiego i Dobrzyńskiego. Wynika to z faktu posiadania przez te jeziora bardzo małej przezroczystości wody już w latach sześćdziesiątych, kiedy to w większości z nich przezroczystość wody wynosiła od 1 do 2 m (średnio 1,7 m), a często była niższa od 1 m. W latach dziewięćdziesiątych tak mała przezroczystość wody nie uległa już wyraźnemu zmniejszeniu, natomiast w kilkunastu przypadkach obserwuje się wzrost przezroczystości wody, co wynika z podjęcia zabiegów zmierzających do poprawy stanu czystości wód powierzchniowych.

PRZYCZYNY OBSERWOWANYCH ZMIAN PRZEZROCZYŚCZOŚCI

W latach 1975–1976 na obszarze Pojezierza Mazurskiego znajdowało się ponad 180 znaczących punktowych źródeł zanieczyszczenia jezior (według ewidencji urzędów wojewódzkich), w tym 71 na terenie woj. suwalskiego i tyle samo w woj. olsztyńskim. Zanieczyszczanych było bezpośrednio ponad 100 jezior, których łączna powierzchnia stanowiła 33% powierzchni wszystkich jezior na omawianym pojezierzu. Ogółem odprowadzano ok. 72 tys. m³/dobę ścieków, z których 40% było nie oczyszczonych w ogóle, a tylko 16% oczyszczonych w sposób mechaniczno-biologiczny (Giercuskiewicz-Bajtlik, Jabłoński 1977). Warto podkreślić, że w tym samym czasie na Pojezierzu Chełmińskim „tylko” 11 jezior było zanieczyszczanych ściekami (ok. 11 tys. m³/dobę), z których ok. 57% nie było oczyszczanych, a jeziora na tym Pojezierzu odznaczały się najwyższym stanem trofii spośród jezior Pojezierza Mazurskiego. Może to świadczyć o znaczącym wpływie na trofnię tych jezior nawozów sztucznych stosowanych w rolnictwie, tym bardziej że Pojezierze Chełmińskie jest przykładem typowego regionu rolniczego.

Od początku lat sześćdziesiątych do lat dziewięćdziesiątych zużycie nawozów sztucznych na obszarze Pojezierza Mazurskiego wzrosło kilkakrotnie, a po roku 1990 nastąpił wyraźny spadek ich zużycia. W latach 1962–1963 średnie zużycie nawozów sztucznych na 1 ha użytków rolnych wahało się od ok. 28 kg

na Pojezierzu Suwalskim, Augustowskim, Elckim, Olsztyńskim, Mrągowskim i w Krainie Wielkich Jezior do ok. 45 kg na Pojezierzu Chełmińskim i Iławskim. Fakt ten z pewnością miał istotny wpływ na znacznie wyższy stan trofii jezior chełmińskich i iławskich w latach sześćdziesiątych w porównaniu do pozostałych jezior Pojezierza Mazurskiego. W latach 1972–1973 zużycie nawozów sztucznych wzrosło do ok. 140 kg/ha użytków rolnych na Pojezierzu Suwalskim, Augustowskim i Elckim, do ok. 168 kg/ha w środkowej części Pojezierza Mazurskiego i do prawie 180 kg/ha na Pojezierzu Chełmińskim. Największe zużycie nawozów sztucznych miało miejsce w latach 1985–1986 i wynosiło odpowiednio ok. 155 kg/ha, 182 kg/ha i 198 kg/ha. Tak więc w okresie ponad 20 lat zużycie nawozów sztucznych wzrosło we wschodniej części Pojezierza Mazurskiego ponad 5-krotnie, w części środkowej ponad 6-krotnie, a w części zachodniej ponad 4-krotnie. Znaczne zwiększenie zużycia nawozów sztucznych i związane z tym ich częściowe wyplukiwanie z gleby do wód powierzchniowych i podziemnych jest jedną z głównych przyczyn wzrostu trofii jezior i tym samym ograniczenia przezroczystości wody.

Jak wynika z badań Solarzkiego i in. (1980) wymywanie składników nawozowych z gleb Pojezierza Mazurskiego jest duże. Ilość tych składników w wodzie odpływającej z drenów, a więc zasilającej wody powierzchniowe, wynosi ponad 6 kg/ha/rok azotu, ok. 0,4 kg/ha/rok fosforanów i ok. 200 kg/ha/rok związków wapnia. Sieć drenarska przechwytuje część składników nawozowych wymywanych przez wody wsiąkające w głąb gleby. Pozostała część trafia do wód gruntowych. Sieć drenarska chroni więc wody gruntowe przed tego typu zanieczyszczeniem, ale równocześnie zwiększa eutrofizację wód powierzchniowych. Dlatego też najbardziej zagrożone ze względu na wyplukiwanie składników nawozowych z gleb są jeziora położone w obrębie zlewni rolniczych, w których duży udział stanowią grunty zmeliorowane.

W ostatnich kilku latach (1993–1996) obserwuje się wyraźne zahamowanie zmniejszania się przezroczystości wody w wybranych jeziorach Pojezierza Mazurskiego, a nawet jej wzrost równoczesny z polepszaniem się ogólnego stanu czystości tych jezior. Ta korzystna dla jezior tendencja, trwająca jednak od niedawna, związana jest przede wszystkim z ograniczeniem dopływu do nich ścieków nieoczyszczonych oraz wyraźnym spadkiem zużycia nawozów sztucznych.

Ograniczenie dopływu do wód powierzchniowych ścieków nieoczyszczonych następuje aktualnie na całym obszarze Pojezierza Mazurskiego. Na przykład ilość ścieków nieoczyszczonych odprowadzanych punktowo na terenie woj. suwalskiego zmniejszyła się ponad 2-krotnie w roku 1993 (1767 m³/dobę) w porównaniu do roku 1992 (4016 m³/dobę). Tym samym ładunek zanieczysz-

czeń zawarty w odprowadzanych ściekach systematycznie maleje, co wpływa na zahamowanie tempa wzrostu eutrofizacji jezior i tym samym na polepszenie przezroczystości wody w jeziorach. Jest to wynik uruchamiania nowych i modernizacji istniejących oczyszczalni ścieków. Tylko na Pojezierzu Chełmińskim i Dobrzyńskim zostało uruchomionych w latach 1991–1995 ponad 30 różnej wielkości oczyszczalni ścieków mechaniczno-biologicznych. Ponadto w ramach zwiększania obszarów objętych oczyszczaniem ścieków tworzone są przy nowych i istniejących oczyszczalniach punkty zlewne dla ścieków dwożonych.

Zużycie nawozów sztucznych zmniejszyło się w latach 1992–1993 najbardziej na obszarze Pojezierza Suwalskiego, Augustowskiego i Etckiego (wyniosło ok. 48 kg/ha użytków rolnych) i było zbliżone do wielkości zużycia nawozów sztucznych w drugiej połowie lat sześćdziesiątych. W środkowej części Pojezierza Mazurskiego zużycie nawozów sztucznych zmniejszyło się ok. 40% (110 kg/ha), a w części zachodniej ok. 30% (130 kg/ha). Zmniejszenie zużycia nawozów sztucznych (pomijając skutki ekonomiczne) z pewnością ograniczyło tempo wzrostu eutrofizacji jezior i tym samym polepszyło w nich warunki przezroczystości wody.

WNIOSKI

W okresie minionych kilkudziesięciu lat nastąpił wyraźny spadek przezroczystości wody w jeziorach Pojezierza Mazurskiego. Wstępne badania wykazują, że coraz mniejszy jest związek pomiędzy średnią głębokością jezior a przezroczystością wody. Oznacza to, że istotne zmniejszenie przezroczystości wody dotyczy aktualnie również jezior głębokich, co z pewnością jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym. Uwzględniając przezroczystość wody jako jeden ze wskaźników trofii jezior należy nie tylko potwierdzić znaczne zaawansowanie trofii jezior mazurskich, ale i stwierdzić dalszy znaczący wzrost trofii tych jezior w minionych kilkudziesięcioleciach. Proces ten jest najbardziej zaawansowany w zachodniej części Pojezierza Mazurskiego (Pojezierze Chełmińskie, Dobrzyńskie, Iławskie), natomiast najszybszy jego wzrost wystąpił w środkowej części omawianego obszaru (Pojezierze Olsztyńskie, Mrągowskie, wschodnia część Pojezierza Iławskiego).

Znacznie mniej pogorszyła się przezroczystość wody w rejonie Wielkich Jezior Mazurskich, chociaż w tym przypadku należy pamiętać, że już w latach sześćdziesiątych nie była ona duża. Aktualnie największą przezroczystość wody

posiadają jeziora na Pojezierzu Suwalskim i Augustowskim. Na tych pojezierzach nastąpiło jednak istotne zmniejszenie przezroczystości wody w jeziorach najgłębszych i fakt ten powinien być uwzględniony w pracach związanych z ochroną wód tego regionu.

Największy spadek przezroczystości wody w okresie minionych 30 lat wystąpił w jeziorach przepływowych i położonych w zlewniach rolniczych lub rolniczo-leśnych. Związane jest to m.in. z dopływem substancji biogennych do jezior, co w konsekwencji powoduje wzrost trofii i zmniejszanie przezroczystości wody. Substancje biogenne pochodzą z różnego rodzaju ścieków dostarczanych do jezior bezpośrednio lub pośrednio, a także z wyplukiwania części nawozów sztucznych stosowanych w rolnictwie.

Wyraźny wzrost przezroczystości wody następuje w jeziorach poddanych rekultywacji. Przykładem jest Jezioro Ostrowickie na Pojezierzu Dobrzyńskim (zanieczyszczane przez ścieki z cukrowni do końca lat osiemdziesiątych), w którym po okresie 3 lat napowietrzania i odcięcia dopływów ścieków przezroczystość wody wzrosła z 0,2 m do ponad 2 m.

Podane wyżej przykłady świadczą o istotnych zmianach zachodzących od kilku lat w gospodarce wodno-ściekowej na terenie Pojezierza Mazurskiego, które korzystnie wpływają na przezroczystość wody w jeziorach i ich ogólny stan czystości. We wszystkich jednostkach administracyjnych istnieją plany dalszych prac proekologicznych, których realizacja może powstrzymać niekorzystne zmiany przezroczystości wody w jeziorach Pojezierza Mazurskiego, jakie zaszły głównie w drugiej połowie obecnego wieku.

LITERATURA

- Bajkiewicz-Grabowska E., Hillbricht-Ilkowska A., Kajak Z., Kufel L. 1989; Charakterystyka fizjograficzna zlewni i limnologiczna większych jezior, ich stan troficzny i czystość wód, podatność na eutrofizację i aktualne zagrożenia. [W:] Jeziora Mazurskiego Parku Krajobrazowego. Kom. Nauk. przy Prez. PAN, Człowiek i Środowisko, Zesz. Nauk., nr 1.
- Choiński A. 1995; Zarys limnologii fizycznej Polski. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Dorochowicz A. 1994; Stan czystości systemu Wielkich Jezior Mazurskich w latach 1982–1993. PIOŚ, Warszawa.
- Giercuskiewicz-Bajtlik M., Jabłoński J. 1977; Zagrożenie wód jeziornych Polski w wyniku ich zanieczyszczenia ściekami. IKŚ, Warszawa.
- Hillbricht-Ilkowska A., Wiśniewski R. J. 1994; Zróżnicowanie troficzne jezior Suwalskiego Parku Krajobrazowego i jego otuliny – stan obecny, zmienność wieloletnia,

- miejsce w klasyfikacji troficznej jezior. [W:] Jeziora Suwalskiego Parku Krajobrazowego. Kom. Nauk. przy Prez. PAN, Człowiek i Środowisko, Zesz. Nauk., nr 7.
- Kajak Z., Zdanowski B. 1983; Ecological characteristics of lakes in North-Eastern Poland versus their trophic gradient. I. General characteristics of 42 lakes and their phosphorus load. Study objectives and scope. *Ekologia Polska*, 31, t. 2, PWN, Warszawa-Lódź.
- Korycka A. 1991; Charakterystyka chemiczna składu wody w jeziorach Północnej Polski, *Roczniki Nauk Rolniczych. Ser. H Rybactwo*, PWN, Warszawa.
- Kudelska D., Cydzik D., Soszka H. 1983; System oceny jakości jezior. IKŚ, Warszawa.
- Lampert W., Sommer U. 1996; *Ekologia wód śródlądowych*. PWN, Warszawa.
- Patalas K. 1960; Stosunki termiczne i tlenowe oraz przezroczystość wody w 44 jeziorach okolic Węgorzewa. *Roczn. Nauk Roln.*, B. 77.
- Solarski H., Solarska J., Mirowski Z. 1980; Migracje składników nawozowych w zlewni rolniczej na Pojezierzu Mazurskim. *Rocz. Gleb.* 31, t. 3/4.
- Stangenberg M. 1936; Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych Pojezierza Suwalskiego. *Rozpr. i Spraw. Inst. Bad. Lasów Państw.*, Ser. A, 19.
- Stangenberg M. 1937; Charakterystyka limnologiczna jezior grupy Kleszczowieckiej i Hańczowskiej na pojezierzu Suwalszczyzny. *Rozpr. i Spraw. Inst. Bad. Lasów Państw.* Ser. A, 23.
- Zdanowski B. 1983; Ecological characteristics of lakes in North-Eastern Poland versus their trophic gradient. V. Chlorophyll content and visibility of Secchi's disc in 46 lakes. *Ekologia Polska* 31, t. 2, PWN, Warszawa-Lódź.
- Zdanowski B., Karpiński A., Prusik S. 1992; Warunki środowiskowe wód jezior Wigierskiego Parku Narodowego. [W:] Jeziora Wigierskiego Parku Narodowego. Kom. Nauk. przy Prez. PAN, Człowiek i Środowisko, Zesz. Nauk. nr 3.
- Żmudziński L., Pęczalska A. 1984; *Słownik hydrobiologiczny*. PWN, Warszawa.

SUMMARY

First measurements of water transparency in some lakes of the Mazury Lakeland were conducted at the beginning of the twentieth century. The biggest number of measurements was carried out in the 50s and 60s as well as in the 1990s.

The target objective of this paper is to present tendencies and causes of changes in the water transparency of the Mazurian lakes. The researches conducted in summer seasons (particularly in August) over different years have created the base for my conclusions.

The diversity of water transparency in particular regions of the Mazury Lakeland occurred as early as in the 1960s (Fig.1). The lakes situated in the rural and intensively fertilised areas showed the lowest degree of transparency (1.7 on average). The lakes in the north-east, sparsely urbanised, part of the Mazury Lakeland had the highest degree of transparency (2.9 m on average). The decrease of the lakes' transparency (from 1.3 m to 0.5 m on average) took place in the period of the following thirty years.

The biggest downfall of water transparency occurred in the transit lakes and in the lakes situated in rural areas. In some lakes the degree of transparency lowered even over 5–6 m (Tab.1). The distribution of the examined lakes in the 1960s and 1990s is illustrated by Figure 2.

As a result of the discussed changes, the relation between average depth of the lakes and water transparency become of a little significance. The decrease of water transparency manifests further and stronger eutrophication of the Mazurian lakes.

Such a considerable decrease in water transparency is mainly caused by the inflow of different kinds of sewage as well as by washing away from the soil those fertilisers which are used in agriculture. Over the 70s, about 72,000 m³ per a sewage day were let to the Mazurian lakes, out of which 40% were not purified at all. The average use of fertilisers increased over the period 1960–1985 from about 35 to about 185 kg per hectare of agricultural land.

In the years 1993–1996 there was a distinct reduction in the process of water transparency decrease in many lakes and even an increase in the degree of water transparency. This process can be linked to the decrease of pollution of the lakes. This advantageous tendency is closely related to the considerable reduction of the inflow of non-purified sewage to the lakes as well as to the significant downfall in the use of fertilisers in agriculture. Reducing the inflow of non-purified sewage was possible due to the opening or modernisation of over a hundred different purification plants in the period 1990–1995. Simultaneously there was a downfall (of about 40%) in the use of fertilisers. The biggest increase in the degree of water transparency has been taking place in tens of lakes which were subject to recultivation.

The presented means contribute to the reduction of unfavourable changes in the field of water transparency which have taken place in the Mazury Lakeland in the second half of the twentieth century.