

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XXIX, 20

SECTIO C

1974

Institut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej Akademii Rolniczej w Lublinie

Stanisław RADWAŃ, Wiesław PODGÓRSKI,
Czesław KOWALCZYK

**Charakterystyka jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego
na podstawie abiotycznych czynników środowiskowych**

Характеристика озер Ленчинско-Влодавского поозерья на основе абиотических факторов среды

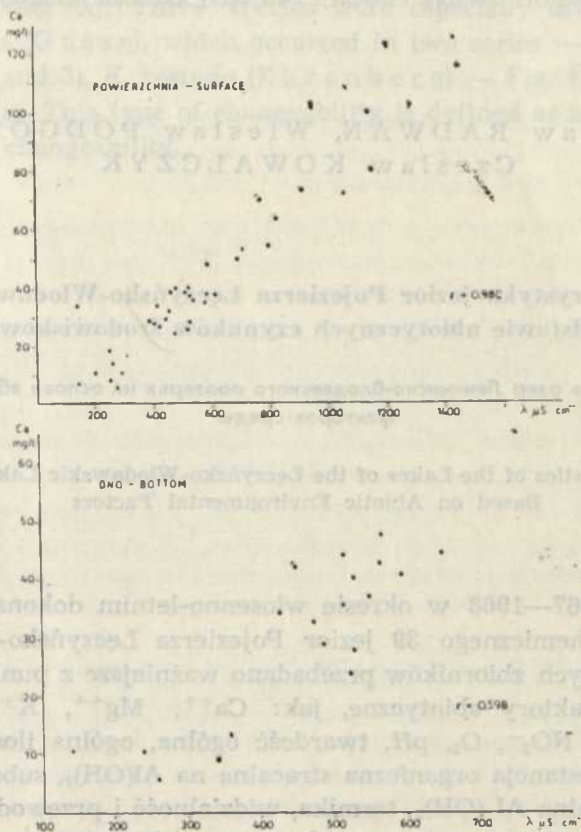
A Characteristics of the Lakes of the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District
Based on Abiotic Environmental Factors

W latach 1967—1968 w okresie wiosenno-letnim dokonano wstępnej oceny składu chemicznego 39 jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. W wodach tych zbiorników przebadano ważniejsze z punktu widzenia ekologicznego faktory abiotyczne, jak: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Fe , NH_4^+ , PO_4^{---} , NO_3^- , NO_2^- , O_2 , *pH*, twardość ogólna, ogólna ilość substancji organicznej, substancja organiczna strącalna na $\text{Al}(\text{OH})_3$, substancja organiczna niestrącalna $\text{Al}(\text{OH})_3$, termika, widzialność i przewodnictwo elektrolityczne. Metody i wyniki tych badań przedstawiono w trzech opublikowanych już pracach (9, 10, 11).

W niniejszej pracy zawarte są rozważania dotyczące zależności pomiędzy badanymi czynnikami mineralnymi, organicznymi, fizykochemicznymi i fizycznymi. Ponadto, stosując analizę wszystkich badanych cech, przedstawiono próbę scharakteryzowania jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

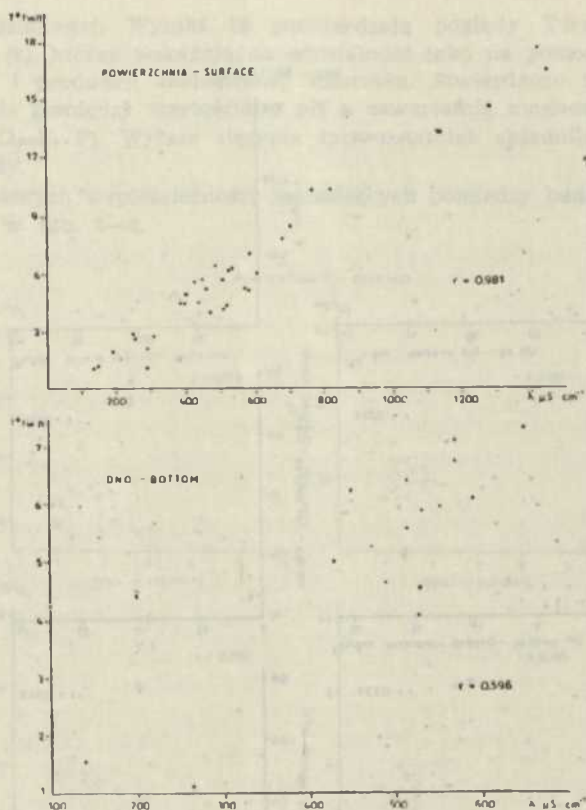
Dokonano obliczenia wszystkich możliwych współzależności, jakie mogły zachodzić pomiędzy wymienionymi faktoraми. W pracy omówiono jedynie te zależności, których istotność została potwierdzona testem *t* Studenta. Badanych było 39 jezior, ale jedynie 21 z nich posiadało odpowiednią głębokość, warunkującą sensowność badań wody w stratyfikacji pionowej, dlatego przy statystycznym opracowywaniu wyników za wartość krytyczną dla poziomu 0,95 testu *t* Studenta przyjęto liczbę 21. Wyliczone współczynniki korelacji potwierdzają wcześniej

poznane zależności, że wapń jest głównym faktorem mineralnym badanych jezior. Wpływa on w decydujący sposób na kształtowanie się wartości przewodnictwa elektrolitycznego. Szczególnie wysoka dodatnia korelacja pomiędzy ilością wapnia a przewodnictwem zachodzi w powierzchniowych warstwach wód, zaś w warstwach przydennych zależność ta jest niższego rzędu (ryc. 1). W jeziorach dorzecza



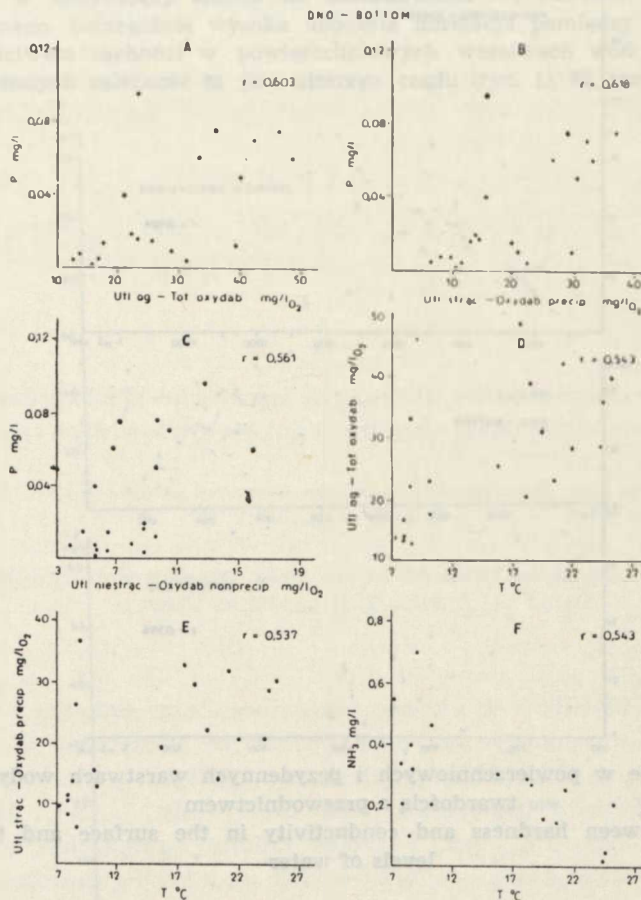
Ryc. 1. Korelacje w powierzchniowych i przydennych warstwach wody pomiędzy wapniem a przewodnictwem
Correlations between calcium and conductivity in the surface and the bottom levels of water

Krutyni na Pojezierzu Mazurskim stwierdzono również wysoką zależność między tymi parametrami (13). Podobny rząd współzależności występuje pomiędzy twardością ogólną a przewodnictwem (ryc. 2). Wynika to stąd, że zachodzi ścisła korelacja między zawartością wapnia a twardością ogólną (9), która jest inną formą wyrażania stężeń wapnia. Istotne ujemne współczynniki korelacji w obydwu badanych strefach jezior stwierdzono pomiędzy temperaturą i stężeniem azotanów. Na podstawie tej zależności można wnioskować, iż temperatura warunkuje do pewnego stopnia zawartość tego anionu w wodzie. Wraz ze wzrostem temperatury następuje bowiem intensyfikacja procesów metabolicznych prowadzących do zubożenia wód w azotany.



Ryc. 2. Korelacje w powierzchniowych i przydennych warstwach wody pomiędzy twardością a przewodnictwem
Correlations between hardness and conductivity in the surface and the bottom levels of water

W przydennych warstwach wody stwierdzono występowanie dodatnich i wysokich współczynników korelacji dla fosforu i wszystkich trzech rodzajów utlenialności (ryc. 3 A, B, C). Spośród nich podstawowe znaczenie dla oceny zasobności wód w niezdegradowaną materię organiczną (seston, trypton) może mieć określona zależność pomiędzy fosforem a utlenialnością ogólną i strącalną. Natomiast zależność między fosforem a utlenialnością niestrącalną była rezultatem współzależności pomiędzy utlenialnością niestrącalną a utlenialnością strącalną i ogólną. W strefie tej występował również wysoki stopień zależności pomiędzy temperaturą a utlenialnością ogólną, utlenialnością strącalną i amoniakiem (ryc. 3 D, E, F). Wprost proporcjonalne zależności, jakie występowały pomiędzy temperaturą a utlenialnościami, wskazywałyby na to, że wzrost temperatury wpływa na podwyższenie ogólnej zawartości materii organicznej w wodzie (utlenialność ogólna) oraz materii organicznej niezdegradowanej (utlenialność strącalna). Natomiast odwrotną zależność stwierdzono między temperaturą a zawartością amoniaku. W tym przypadku wzrost temperatury powodował spadek ilości amoniaku w wodzie. Przypuszczalnie spowodowane to było wzmożonym zapotrzebowaniem na azot w wyniku intensyfikacji procesów życiowych w wyższych temperaturach.



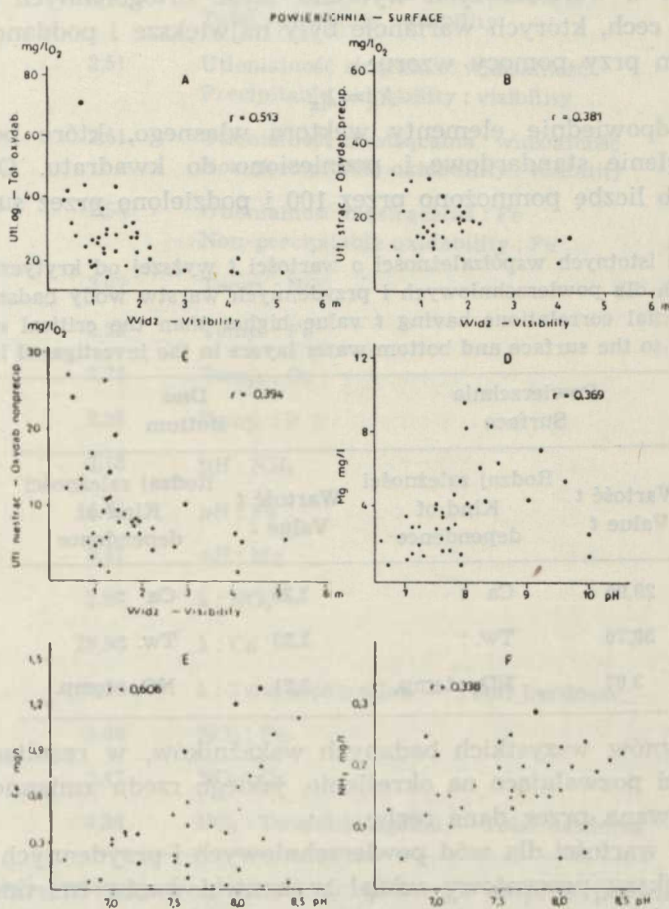
Ryc. 3. Korelacje w przydennych warstwach wody: A — pomiędzy fosforem a utlenialnością ogólną, B — pomiędzy fosforem a utlenialnością strącalną, C — pomiędzy fosforem a utlenialnością niestrącalną, D — pomiędzy utlenialnością ogólną a temperaturą, E — pomiędzy utlenialnością strącalną a temperaturą, F — pomiędzy amoniakiem a temperaturą

Correlations in the bottom levels of water: A — between phosphorus and total oxidability, B — between phosphorus and precipitable oxidability, C — between phosphorus and non-precipitable oxidability, D — between total oxidability and temperature, E — between precipitable oxidability and temperature, F — between ammonia and temperature

W powierzchniowych warstwach wód badanych jezior wyraźne współzależności zachodziły pomiędzy widzialnością i wszystkimi trzema rodzajami utlenialności — ogólną, strącalną i niestrącalną (ryc. 4 A, B, C). Współczynniki korelacji dla tych współzależności przyjmowały wartości ujemne. Oznaczało to, że zwiększające się obciążenie wód zróżnicowaną materią organiczną wpływało na zmniej-

szanie się widzialności. Wyniki te potwierdzają poglądy Thunmarka (16) i Patalasa (6), którzy wskazują na widzialność jako na pomocnicze kryterium oceny biomasy i produkcji biologicznej zbiornika. Stwierdzono także istotne zależności dodatnie pomiędzy wartościami pH a zawartością magnezu, żelaza i amoniaku (ryc. 4 D, E, F). Wyższe stężenia tych ostatnich składników powodowały wzrost pH wody.

Wykazy istotnych współzależności zachodzących pomiędzy badanymi faktorem przedstawiono w tab. 1—3.



Ryc. 4. Korelacje w powierzchniowych warstwach wody: A — pomiędzy utlenialnością ogólną a widzialnością, B — pomiędzy utlenialnością strącalną a widzialnością, C — pomiędzy utlenialnością niestrącalną a widzialnością, D — pomiędzy magnezem a pH , E — pomiędzy żelazem a pH , F — pomiędzy amoniakiem a pH . Correlations in the surface levels of water: A — between total oxidability and visibility, B — between precipitable oxidability and visibility, C — between non-precipitable oxidability and visibility, D — between magnesium and pH , E — between iron and pH , F — between ammonia and pH .

ANALIZA PORÓWNAWCZA CZYNNIKÓW ABIOTYCZNYCH

Statystyczne uzasadnienie kolejnego ułożenia cech w uzależnieniu od ich wpływu na charakter zbiornika dokonane zostało przez wyliczenie wartości własnych (λ) każdej badanej cechy według następującego wzoru:

$$\det(A - \lambda I) = 0$$

Następnie z wartości tych wybrano sześć ortogonalnych (nie skorelowanych) cech, których variancje były największe i poddano dalszym przeliczeniom przy pomocy wzoru:

$$A_x = \lambda_{ix}$$

uzyskując odpowiednie elementy wektora własnego, które pomnożono przez odchylenie standardowe i podniesiono do kwadratu. Otrzymaną w ten sposób liczbę pomnożono przez 100 i podzielono przez sumę kwa-

Tab. 1. Wykaz istotnych współzależności o wartości t wyższej od krytycznej równej 2,09, wspólnych dla powierzchniowych i przydennych warstw wody badanych jezior
Index of essential correlations having t value higher than the critical one of 2.09 common to the surface and bottom water layers in the investigated lakes

| Powierzchnia Surface | | Dno Bottom | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| Wartość t Value t | Rodzaj zależności Kind of dependence | Wartość t Value t | Rodzaj zależności Kind of dependence |
| 29,95 | Ca : | 3,25 | Ca : |
| 30,76 | Tw. : | 3,23 | Tw. : |
| 3,07 | NO ₃ : temp. | 2,21 | NO ₃ : temp. |

dratów iloczynów wszystkich badanych wskaźników, w rezultacie uzyskano wartości pozwalające na określenie, jakiego rzędu zmienność może być kontrolowana przez daną cechę.

Obliczone wartości dla wód powierzchniowych i przydennych wskazują, iż największy procentowy udział w kontrolowaniu zmienności mają: przewodnictwo, zawartość wapnia i utlenialność ogólna. Pozostałe zaś składniki tylko w niewielkim procencie wpływają na charakter chemiczny badanych wód (tab. 4, 5).

Wysoki procentowy udział przewodnictwa elektrolitycznego w kontrolowaniu zmienności sugeruje, iż cecha ta ze względu na największe zróżnicowanie wartości stanowić może podstawowe kryterium podziału badanych jezior pod względem składu chemicznego. Jest ona bowiem wartością addytywną, odzwierciedlającą ogólny skład materii znajdującej

Tab. 2. Wykaz istotnych współzależności o wartości t wyższej od krytycznej równej 2,09 dla powierzchniowych warstw wody
 Index of essential correlations having t value higher than the critical one of 2.09 for the surface layers of water

| Wartość t Value t | Rodzaj zależności Kind of dependence |
|--------------------------|--|
| 3,63 | Utlenialność ogólna : widzialność Total oxidability : visibility |
| 2,51 | Utlenialność strącalna : widzialność Precipitable oxidability : visibility |
| 2,61 | Utlenialność niestrącalna : widzialność Non-precipitable oxidability : visibility |
| 2,54 | Utlenialność niestrącalna : Fe Non-precipitable oxidability : Fe |
| 3,07 | Temp. : NO ₃ |
| 2,22 | Temp. : Fe |
| 2,24 | Temp. : Ca |
| 2,28 | Temp. : P |
| 2,18 | pH : NH ₃ |
| 4,63 | pH : Fe |
| 2,41 | pH : Mg |
| 3,29 | λ : NO ₃ |
| 29,95 | λ : Ca |
| 30,76 | λ : Twardość ogólna — Total hardness |
| 3,36 | NO ₂ : Fe |
| 3,47 | NO ₃ : Ca |
| 3,26 | NO ₃ : Twardość ogólna — Total hardness |

się w postaci jonowej. Pogląd ten do pewnego stopnia potwierdzają wyniki badań jezior mazurskich, przeprowadzone przez Szczępańskięgo (13) i Korycką (3). Badacze ci stwierdzili szereg bardzo wysokich zależności pomiędzy przewodnictwem a badanymi cechami chemicznymi (Ca, HCO₃⁻, całkowita zawartość soli, sucha pozostałość). Niektóre z tych zależności stwierdzone zostały również w wodach jezior Łęczyńsko-Włodawskich (11). Przyjmowanie jednak przewodnictwa jako podstawowego wskaźnika troyii wód byłoby ryzykowne, gdyż w niektórych zbiornikach może ono osiągać wysokie wartości, przy jednoczesnej bardzo nis-

kiej produkcji biologicznej. Zjawiska takie spotykane są w przypadku położenia jezior na podłożu marglowo-wapiennym (8).

Tab. 3. Wykaz istotnych współzależności o wartości t wyższej od krytycznej równej 2,09 dla przydennych warstw wody
Index of essential correlations having t value higher than the critical one of 2.09 for the bottom layers of water

| Wartość t Value t | Rodzaj zależności Kind of dependence |
|--------------------------|---|
| 3,29 | P : Utlenialność ogólna P : Total oxidability |
| 3,43 | P : Utlenialność strącalna P : Precipitable oxidability |
| 2,95 | P : Utlenialność niestrącalna P : Non-precipitable oxidability |
| 2,82 | Utlenialność ogólna : temperatura Total oxidability |
| 2,77 | Utlenialność strącalna : temperatura Precipitable oxidability |
| 2,82 | NH ₃ : temp. |
| 2,21 | NO ₃ : temp. |
| 3,25 | Ca : λ |
| 3,23 | Twardość — Hardness : λ |

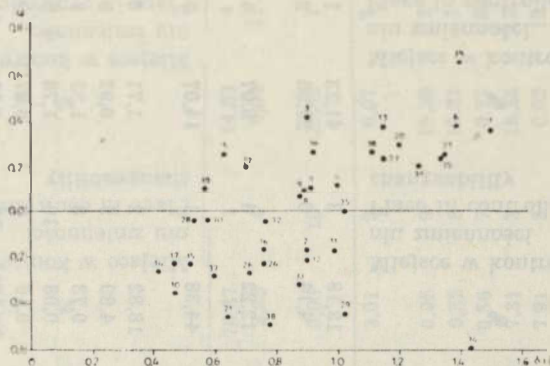
Następnym wskaźnikiem kontrolującym najwyższą zmienność badanych jezior jest wapń, który, podobnie jak przewodnictwo, może wyraźnie wpływać na zróżnicowanie zbiorników (9). Wyniki badań jezior mazurskich i suwalskich (7, 12, 13) wskazują także na istniejącą pewną zależność między zawartością wapnia w wodach a typem limnologicznym zbiornika.

Duże znaczenie w charakterystyce chemicznej wód posiada zawartość materii organicznej (1, 4, 5, 10, 14, 15). Czynniki te odgrywa istotną rolę w kontrolowaniu zmienności badanych cech również w jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

Pośredni wpływ na zróżnicowanie chemiczne wód wywierają takie elementy, jak: K⁺, Mg⁺⁺, O₂, Fe, pH, twardość i temperatura. Udział ich w kontrolowaniu zmienności badanych cech wody jest rzędu od kilku do tysięcznych części procenta. Wpłynęły na to prawdopodobnie stosunkowo niewielkie zawartości oraz bardzo niskie lub bardzo wysokie wahania stężeń tych wskaźników.

Natomiast pozostałe wskaźniki: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} o bardzo niskich wartościach i bardzo dużej zmienności odgrywają prawdopodobnie znikomą rolę w charakterystyce składu chemicznego czystych wód powierzchniowych.

Suma wartości czynników abiotycznych badanej wody winna określać — jak można przypuszczać — charakter chemiczny zbiornika. Jednakże duże zróżnicowanie liczbowe określanych cech uniemożliwia dokonanie takiej charakterystyki. Dlatego też dane liczbowe tych cech sprowadzono do wartości dających się ze sobą porównać przy równoczesnym zachowaniu ich zmienności. W tym celu wyliczono sumy wartości unormowanych dla poszczególnych zbiorników i ich odchylenie standardowe. Graficzne przedstawienie tych wartości wskazuje na duże zróżnicowanie unormowanych cech badanych jezior. Ponadto suma 17 unormowanych cech dla większości z nich była wyższa od przeciętnej (unormowanej) wszystkich przebadanych jezior (ryc. 5). Z wykonanego zestawienia wynika, że unormowana zmienność nie może stanowić podstawy do określenia charakteru troficznego zbiorników, gdyż podobną zmienność wykazywały jeziora różniące się wyraźnie pod względem troficznym (różna zawartość składników biogennych i substancji organicznej), np. Uściwierz



Ryc. 5. Ułożenie jezior w zależności od sumy unormowanych cech i unormowanych odchylen standardowych w badanych jeziorach:

Distribution of lakes in dependence on the sum of standardized features and normalized standard deviations:

- 1 — Brudzieniec, 2 — Glinki, 3 — Sumin, 4 — Uścimowskie, 5 — Wytyckie,
- 6 — Liszno, 7 — Rotcze, 8 — Ciesacin, 9 — Rogoźno k. Włodawy, 10 — Czarne k. Włodawy, 11 — Uścimowiec, 12 — Głębokie Uścimowskie, 13 — Ściegienne, 14 — Czarne Uścimowskie, 15 — Łukietek, 16 — Miejskie, 17 — Lipiniec, 18 — Łukcze,
- 19 — Łukie, 20 — Tarnów, 21 — Czarne Gościnnieckie, 22 — Głębokie k. Urszulina, 23 — Chuteckie, 24 — Krasne, 25 — Pniówno, 26 — Kleszczów, 27 — Syczyn,
- 28 — Uściwierz, 29 — Piaseczno, 30 — Rogoźno, 31 — Zagłębocze, 32 — Gumienek, 33 — Białe k. Włodawy, 34 — Święte, 35 — Brudno, 36 — Zienkowskie,
- 37 — Perespa, 38 — Płotycze, 39 — Kosyńiec

Tab. 4. Kolejność ułożenia cech w zależności od kontrolowanej przez nie zmienności w powierzchniowych warstwach wody badanych zbiorników
 Sequence of features in dependence on the controlled changeability in the surface layers of the investigated waters

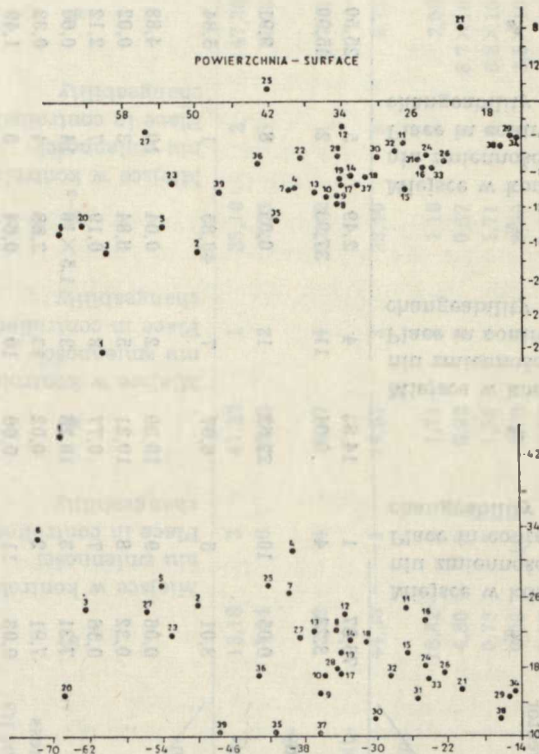
| Parameter Factor | 13 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | | 17 | | |
|---|------------------------|---|--|----|---|--|------------------------|---|--|----|---|--|------------------------|---|--|
| | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | Nr elementu wektora własnego No. of element of its own vector | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | Nr elementu wektora własnego No. of element of its own vector | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | Nr elementu wektora własnego No. of element of its own vector | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | Nr elementu wektora własnego No. of element of its own vector | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | Nr elementu wektora własnego No. of element of its own vector |
| λ | 13,18 | 3 | 41,23 | 1 | 25,10 | 2 | 47,36 | 1 | 52,84 | 1 | 52,84 | 1 | 52,84 | 1 | 52,84 |
| Ca | 4,14 | 6 | 29,55 | 2 | 7,73 | 5 | 38,98 | 2 | 44,85 | 2 | 44,85 | 2 | 44,85 | 2 | 44,85 |
| Utlenialność ogólna — Total oxid- ability | 12,22 | 4 | 8,07 | 4 | 32,42 | 1 | 7,77 | 3 | 0,85 | 3 | 0,85 | 3 | 0,85 | 3 | 0,85 |
| Utlenialność stracalna — Precipit- able oxidability | 44,38 | 1 | 14,07 | 3 | 22,40 | 3 | 2,75 | 4 | 0,02 | 4 | 0,02 | 4 | 0,02 | 4 | 0,02 |
| Utlenialność niestracalna — Non- -precipitable oxidability | 18,82 | 2 | 1,71 | 6 | 1,10 | 7 | 2,08 | 5 | 0,23 | 5 | 0,23 | 5 | 0,23 | 5 | 0,23 |
| K | 4,80 | 5 | 0,92 | 8 | 0,57 | 8 | 8,7 × 10 ⁻² | 7 | 0,11 | 7 | 0,11 | 7 | 0,11 | 7 | 0,11 |
| Mg | 0,73 | 8 | 1,55 | 7 | 1,71 | 6 | 6,2 × 10 ⁻² | 8 | 4,9 × 10 ⁻² | 8 | 4,9 × 10 ⁻² | 8 | 4,9 × 10 ⁻² | 8 | 4,9 × 10 ⁻² |
| O ₂ | 0,08 | 10 | 1,78 | 5 | 8,09 | 4 | 3,5 × 10 ⁻² | 9 | 3,5 × 10 ⁻³ | 9 | 3,5 × 10 ⁻³ | 9 | 3,5 × 10 ⁻³ | 9 | 3,5 × 10 ⁻³ |
| Twardość ogólna — Total hardness | 0,16 | 9 | 0,87 | 9 | 0,32 | 9 | 0,83 | 6 | 0,83 | 6 | 0,83 | 6 | 0,83 | 6 | 0,83 |
| pH | 2 × 10 ⁻³ | 12 | 0,08 | 11 | 0,28 | 10 | 1,8 × 10 ⁻² | 10 | 4,8 × 10 ⁻⁴ | 10 | 4,8 × 10 ⁻⁴ | 10 | 4,8 × 10 ⁻⁴ | 10 | 4,8 × 10 ⁻⁴ |
| Fe | 2 × 10 ⁻² | 11 | 7 × 10 ⁻⁷ | 16 | 0,06 | 12 | 1,4 × 10 ⁻² | 11 | 6,7 × 10 ⁻² | 11 | 6,7 × 10 ⁻² | 11 | 6,7 × 10 ⁻² | 11 | 6,7 × 10 ⁻² |
| Temperatura | 1,45 | 7 | 0,14 | 10 | 0,23 | 11 | 9 × 10 ⁻³ | 12 | 0,20 | 12 | 0,20 | 12 | 0,20 | 12 | 0,20 |
| NH ₃ | 1 × 10 ⁻³ | 13 | 1,7 × 10 ⁻³ | 12 | 1,4 × 10 ⁻³ | 13 | 5,3 × 10 ⁻⁵ | 13 | 1 × 10 ⁻⁵ | 13 | 1 × 10 ⁻⁵ | 13 | 1 × 10 ⁻⁵ | 13 | 1 × 10 ⁻⁵ |
| P | 3 × 10 ⁻⁴ | 14 | 9 × 10 ⁻⁴ | 13 | 2,5 × 10 ⁻⁵ | 14 | 3,6 × 10 ⁻⁶ | 15 | 1,7 × 10 ⁻⁵ | 15 | 1,7 × 10 ⁻⁵ | 15 | 1,7 × 10 ⁻⁵ | 15 | 1,7 × 10 ⁻⁵ |
| NO ₂ | 1,4 × 10 ⁻⁵ | 16 | 1,8 × 10 ⁻⁵ | 14 | 1,4 × 10 ⁻⁵ | 15 | 4,4 × 10 ⁻⁶ | 14 | 6,2 × 10 ⁻⁶ | 14 | 6,2 × 10 ⁻⁶ | 14 | 6,2 × 10 ⁻⁶ | 14 | 6,2 × 10 ⁻⁶ |
| NO ₃ | 2 × 10 ⁻⁴ | 15 | 2,3 × 10 ⁻⁶ | 15 | 2,3 × 10 ⁻⁶ | 16 | 1,7 × 10 ⁻⁶ | 16 | 1,7 × 10 ⁻⁴ | 16 | 1,7 × 10 ⁻⁴ | 16 | 1,7 × 10 ⁻⁴ | 16 | 1,7 × 10 ⁻⁴ |

Tab. 5. Kolejność ułożenia cech w zależności od kontrolowanej przez nie zmienności w przydennych warstwach wody badanych zbiorników
Sequence of indices depending on the controlled changeability in the bottom layers of the investigated waters

| Parametr Factor | 13 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | | 17 | | |
|---|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|
| | Nr elementu wektora własnego No. element of its own vector | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability | % | Miejsce w kontrolowa- niu zmienności Place in controlled changeability |
| λ | | 76,87 | 1 | 14,83 | 4 | 2,49 | 5 | 25,50 | 2 | 27,48 | 1 | 27,48 | 1 | 27,48 | 1 |
| Ca | | 3,23 | 4 | 0,04 | 11 | 37,93 | 2 | 45,90 | 1 | 25,19 | 2 | 25,19 | 2 | 25,19 | 2 |
| Utlenialność ogólna — Total oxid- ability | | 0,05 | 10 | 22,82 | 1 | 0,05 | 8 | 9,91 | 3 | 23,09 | 3 | 23,09 | 3 | 23,09 | 3 |
| Utlenialność strącalna — Precipit- able oxidability | | 3,01 | 5 | 6,07 | 7 | 48,85 | 1 | 5,84 | 4 | 0,29 | 9 | 0,29 | 9 | 0,29 | 9 |
| Utlenialność niestrącalna — Non- -precipitable oxidability | | 0,06 | 9 | 19,39 | 2 | 0,04 | 10 | 4,88 | 5 | 15,74 | 4 | 15,74 | 4 | 15,74 | 4 |
| K | | 0,32 | 8 | 10,21 | 5 | 6,84 | 3 | 0,02 | 12 | 5,48 | 5 | 5,48 | 5 | 5,48 | 5 |
| Mg | | 0,56 | 7 | 0,77 | 8 | 0,19 | 7 | 2,12 | 7 | 0,18 | 11 | 0,18 | 11 | 0,18 | 11 |
| O ₂ | | 7,31 | 3 | 18,28 | 3 | 1,5 × 10 ⁻³ | 14 | 0,60 | 10 | 0,92 | 6 | 0,92 | 6 | 0,92 | 6 |
| Twardość ogólna — Total hardness | | 7,91 | 2 | 0,02 | 13 | 2,88 | 4 | 0,33 | 11 | 4,4 × 10 ⁻³ | 12 | 4,4 × 10 ⁻³ | 12 | 4,4 × 10 ⁻³ | 12 |
| pH | | 0,03 | 11 | 0,06 | 10 | 0,64 | 6 | 1,49 | 8 | 0,64 | 8 | 0,64 | 8 | 0,64 | 8 |
| Fe | | 2 × 10 ⁻³ | 12 | 0,22 | 9 | 0,05 | 9 | 1,23 | 9 | 0,74 | 7 | 0,74 | 7 | 0,74 | 7 |
| Temperatura | | 0,6 | 6 | 7,66 | 6 | 0,03 | 11 | 2,15 | 6 | 0,24 | 10 | 0,24 | 10 | 0,24 | 10 |
| NH ₃ | | 2,9 × 10 ⁻⁴ | 13 | 0,03 | 12 | 3,1 × 10 ⁻³ | 12 | 3 × 10 ⁻⁷ | 16 | 5,4 × 10 ⁻⁴ | 13 | 5,4 × 10 ⁻⁴ | 13 | 5,4 × 10 ⁻⁴ | 13 |
| P | | 1,3 × 10 ⁻⁴ | 14 | 3,3 × 10 ⁻⁵ | 15 | 1,9 × 10 ⁻³ | 13 | 1,6 × 10 ⁻⁴ | 13 | 9,7 × 10 ⁻⁵ | 14 | 9,7 × 10 ⁻⁵ | 14 | 9,7 × 10 ⁻⁵ | 14 |
| NO ₂ | | 8,4 × 10 ⁻⁵ | 15 | 1,9 × 10 ⁻⁶ | 16 | 9,2 × 10 ⁻⁵ | 16 | 1,2 × 10 ⁻⁴ | 14 | 7,9 × 10 ⁻⁵ | 15 | 7,9 × 10 ⁻⁵ | 15 | 7,9 × 10 ⁻⁵ | 15 |
| NO ₃ | | 7,6 × 10 ⁻⁵ | 16 | 3,9 × 10 ⁻⁴ | 14 | 1,1 × 10 ⁻⁴ | 15 | 5 × 10 ⁻⁷ | 15 | 1 × 10 ⁻⁴ | 16 | 1 × 10 ⁻⁴ | 16 | 1 × 10 ⁻⁴ | 16 |

(o wysokiej trofii) i Łukietek (o niskiej trofii) lub bardzo żyzne jez. Pniówno oraz ubogie w biogeny i materię organiczną jez. Płotycze k. Włodawy itp. Należy zatem przypuszczać, że poszczególne cechy chemiczne wywierają różny wpływ na charakter zbiornika i nie należy traktować ich równoznacznie.

Próbe charakteryzowania jezior oparto na przekształconych wartościach liczbowych badanych cech przy pomocy odpowiednich wektorów własnych.* Wykorzystano tylko te wektory własne, których wartości



Ryc. 6. Skład chemiczny powierzchniowych warstw wody w badanych jeziorach; oznaczenia jezior patrz ryc. 5

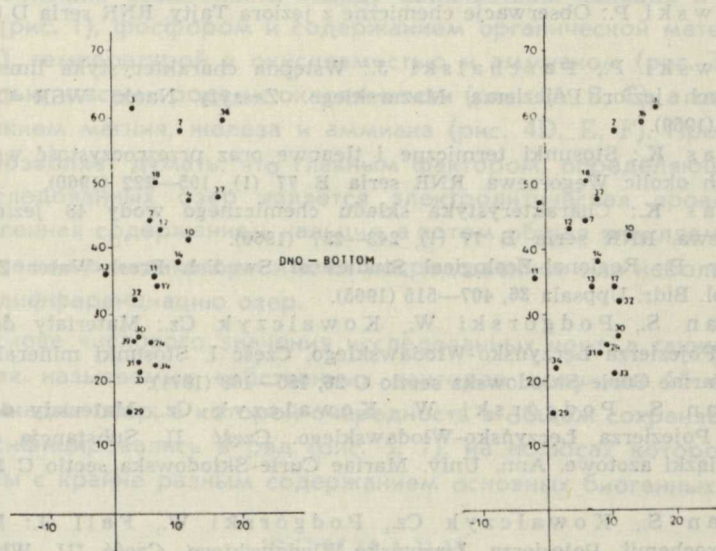
Chemical composition of water surface layers in the investigated lakes; designation of lakes on fig. 5

* Według wzorów:

$$\sum_{j=1}^k x_{ij} w_j; \sum_{j=1}^k \frac{x_{ij}}{S_j} w_j$$

gdzie $i=1,2,\dots,n$, k — liczba kolumn macierzy (badanych cech), n — liczba wierszy macierzy (jezior), x_{ij} — element macierzy, x , w_j — wektor własny, S_j — odchylenie standardowe j -tej kolumny.

własne były najwyższe, uzyskując w ten sposób po 6 cech dla każdego z jezior. Następnie cechy te naniesiono parami na wykresy w różnych kombinacjach. W rezultacie uzyskano 15 wariantów uszeregowania jezior, w których na ogół kolejność ułożenia była zachowana. Załączone 4 warianty — 2 z powierzchniowych i 2 z przydennych warstw wody — wskazują, iż wśród badanych jezior nie występują wyraźnie zaznaczające się grupy (ryc. 6, 7). Ułożyły się one jednak w pewien wyraźny szereg.



Ryc. 7. Skład chemiczny przydennych warstw wody w badanych jeziorach; oznaczenia jezior patrz ryc. 5
Chemical composition of water bottom layers in the investigated lakes. Designation of lakes fig. 5

Na jednym biegunie skupiły się jeziora: Święte, Piaseczno, Płotycze k. Włodawy, Czarne, Gościńskie, Kleszczów, Białe Włodawskie i in., na drugim zaś jeziora, np.: Liszno, Sumin, Tarnów, Syczyn, Glinki, Wytynie, Chuteckie, Kosyniec, Pniówno i in. W środkowej części tego szeregu znalazły się jeziora: Ciesacin, Lipiniec, Czarne Uścimowskie, Łukcze i in. Uszeregowanie to odpowiada prawie zupełnie systemowi podanemu przez Fijałkowskiego (2) dla badanej grupy jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. W systemie tym jeziora pierwszej grupy określone zostały jako oligo- i dystroficzne, zaś drugiej i trzeciej grupy jako zbiorniki o szeroko rozumianej eutrofii. Uszeregowania tego nie można było uzyskać przez analizę pojedynczych czynników chemicznych. Wskazywałoby to, iż odpowiednia analiza wszystkich cech chemicznych może być przydatna do oceny limnologicznej zbiorników wodnych.

PISMIENICTWO

1. Czeczuga B., Baszyński T.: Niektóre dane hydrochemiczne wód Jeziora Rajgrodzkiego. *Pol. Arch. Hydrobiol.* **11**, 267—274 (1963).
2. Fijałkowski D.: Szata roślinna jezior Łęczyńsko-Włodawskich i przylegających do nich torfowisk. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio B* **14**, 131—206 (1960).
3. Korycka A.: Seasonal Changes in Water Chemical Composition in Seven Lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.* **16**, 1—29 (1969).
4. Olszewski P.: Obserwacje chemiczne z jeziora Tajty. *RNR seria D* **67**, 23—65 (1953).
5. Olszewski P., Paschalski J.: Wstępna charakterystyka limnologiczna niektórych jezior Pojezierza Mazurskiego. *Zeszyty Nauk. WSR Olsztyn* **4**, 1—109 (1959).
6. Patalas K.: Stosunki termiczne i tlenowe oraz przezroczystość wody w 44 jeziorach okolic Węgorzewa. *RNR seria B* **77** (1), 105—222 (1960).
7. Patalas K.: Charakterystyka składu chemicznego wody 48 jezior okolic Węgorzewa. *RNR seria B* **77** (1), 243—297 (1960).
8. Pejler B.: Regional-Ecological Studies of Swedish Fresh-Water Zooplankton. *Zool. Bidr. Uppsala* **36**, 407—515 (1965).
9. Radwan S., Podgórski W., Kowalczyk Cz.: Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Część I. Stosunki mineralne. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C* **26**, 155—168 (1971).
10. Radwan S., Podgórski W., Kowalczyk Cz.: Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Część II. Substancja organiczna i związki azotowe. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C* **27**, 17—30 (1972).
11. Radwan S., Kowalczyk Cz., Podgórski W., Fall J.: Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Część III. Właściwości fizyczne i chemiczne. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C* **28** 97—108 (1973).
12. Stangenberg M.: Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych Pojezierza Suwalskiego. *Rozpr. i Spraw. Inst. Bad. Lasów Państw. seria A* **19**, 7—85 (1936).
13. Szczepański A.: Limnology of the Krutynia Drainage Area. *Pol. Arch. Hydrobiol.* **15**, 191—209 (1968).
14. Szmal Z.: Badania hydrochemiczne jezior lobeliowych Pomorza Zachodniego. *PTPN, Wyd. Mat.-Przr., Prace Kom. Biol.* **19** (4), 1—106 (1959).
15. Szmal Z., Szmal B.: Badania hydrochemiczne jezior lobeliowych województw gdańskiego i koszalińskiego. *PTPN, Wyd. Mat.-Przr., Prace Kom. Biol.* **30** (1), 3—56 (1965).
16. Thunmark S.: Zur Soziologie des Süßwasserplanktons. Eine methodologisch-ökologische Studie. *Folia Limnol. Scand.* **3**, 1—66 (1945).

РЕЗЮМЕ

Результаты исследований химического состава 39 озер Ленчинско-Влодавского поозерья, касающиеся важнейших с экологической точки зрения, абиотических факторов, таких как: Ca, Mg, P, K, Fe, NO₃, O₂,

pH , жесткости, разных форм органических веществ, термичности, видимости и электролитической проводимости представлены в работах 9, 10, 11.

Данная работа содержит дальнейшие рассуждения, касающиеся зависимостей между некоторыми названными факторами и кроме того дает попытку классификации озер Ленчинско-Влодавского поозерья на основе раньше исследованных физико-химических факторов. Констатируются большие зависимости между количеством кальция и проводимостью (рис. 1), фосфором и содержанием органической материи (рис. 3А, В, С), температурой и окисляемостью и аммиаком (рис. 3D, Е, F), видимостью и всеми родами окисляемости (рис. 4А, В, С), а также pH и содержанием магния, железа и аммиака (рис. 4D, Е, F). Проведенный анализ позволяет думать, что главным фактором, определяющим свойства исследованных озер является электролитическая проводимость, обусловленная содержанием кальция, а потом общая окисляемость (таб. 4, 5). Остальные индикаторы имеют посредственное или небольшое влияние на дифференциацию озер.

На основе числового значения исследованных черт, а также при помощи так называемых собственных векторов получили 15 вариантов классификации озер, в которой очередность в общем сохраняется. Озера классифицировались в ряд (рис. 5, 7), на полюсах которого лежат озероемы с крайне разным содержанием основных биогенных веществ.

SUMMARY

The results of the research on the chemical composition of 39 lakes in the Łęczyńsko-Włodawskie lake district concerning more significant, from the ecological point of view, abiotic factors such as: Ca, Mg, P, K, Fe, NO_3 , O_2 , pH hardness, various forms of organic substance, thermal conditions, visibility and electrolytic conductivity were presented in papers 9, 10, 11.

This paper contains further considerations concerning the dependence between some of the mentioned factors and, furthermore, contains an attempt to classify the lakes of the Łęczyńsko-Włodawskie lake district on the basis of the previously examined physico-chemical factors. A large dependence between the amount of lime and conductivity (Fig. 1), phosphate and the organic matter content (Figs. 3A, B, C), temperature and all types of oxidation (Figs. 4A, B, C), and the pH and the magnesium, iron and ammonia contents were ascertained. The analysis justifies the view that electrolytic conductivity which is conditioned by the content of lime and next the general oxidation (Tables 4, 5) is the main factor defining the properties of the investigated lakes. The

remaining coefficients have an indirect or small effect on the differentiation of the lakes.

On the basis of numerical values of the investigated characteristics and with the help of so-called own vectors, 15 variants of lake classification in which the order was kept on the whole, were obtained. They formed one sequence (Figs. 5, 7) on the poles of which there are reservoirs of radically different abundance in basic biogene substances.