

STANISŁAW WRÓBEL

**Skład chemiczny wody stawów południowej Polski —
Die chemische Zusammensetzung des Wassers in den Teichen
Südpolens**

Wpłynęło 20 listopada 1964 r.

W południowej Polsce po obu stronach Wisły występują duże zgrupowania stawów rybnych. Największe ich skupienia znajdują się w dorzeczu górnej Wisły, Soły i Skawy. W tym obszarze położone są również stawy Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód PAN. Stawy w dorzeczu Wisły leżą w dwóch różnych regionach geomorfologicznych. Zdecydowana większość stawów położona jest w Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej lub w dolinach wyżej wymienionych rzek i zaopatrywana jest w wodę z rzek karpackich. Zlewnie tych rzek pokrywa flisz karpcki, zbudowany z piaskowców i łupków, utworów o niskiej zawartości węglanów. Zasobniejsze w węglany są tylko warstwy częczyńskie, występujące liczniej w zlewni rzeki Hownicy (Pasternak 1960, 1962).

Zdecydowanie odmienny jest region po lewej stronie Wisły — Wyżyna Małopolska, na której przeważają utwory wapienne.

Wobec tak dużej różnicy w budowie geologicznej obu regionów i decydującego wpływu utworów geologicznych na chemizm wody rzek, z których jest pobierana woda do zaopatrywania stawów, wynika konieczność porównania składu chemicznego wody doprowadzalników i stawów, położonych w obu tych regionach. W badaniach, podjętych przez Zakład Biologii Wód PAN w roku 1960, chodziło prócz tego, o porównanie składu chemicznego wody stawów Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu ze składem wody stawów, leżących w dorzeczu Wisły.

Badaniami składu chemicznego wody zostało objęte 12 donośników i 47 stawów, leżących w 16 kompleksach (Tab. I, tab. II, ryc. 1). Opis tych kompleksów i warunki glebowe zostały podane przez Pasternaka (1959).

Analizę wody wykonano dwukrotnie w ciągu sezonu, a mianowicie w maju i w sierpniu. Początkowym założeniem było pobranie prób w trzech terminach: w maju, lipcu i wrześniu, jednakże z powodu powodzi, które wystąpiły w lipcu, przesunięto termin drugi na sierpień i zre-

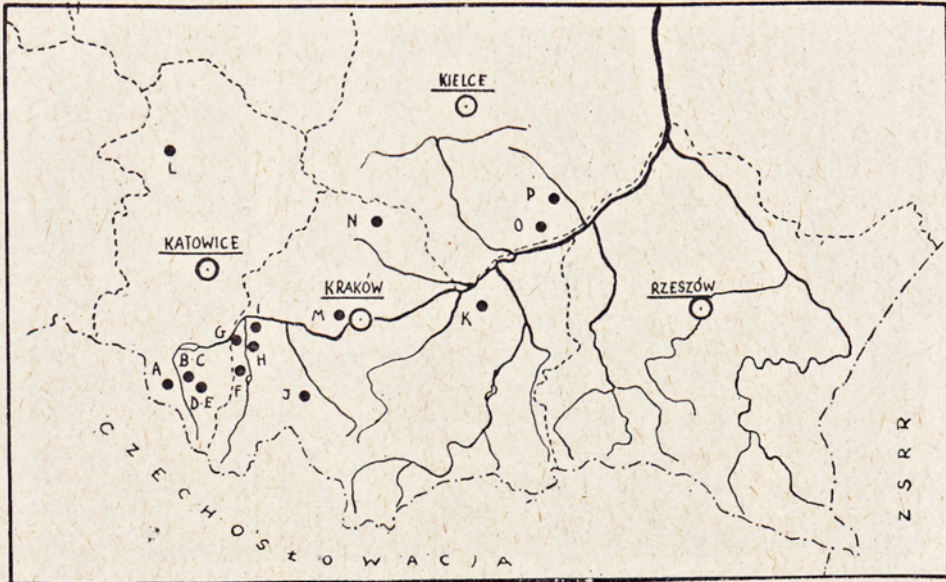
Donośniki i stawy w dorzeczach rzek karpackich
Zuflüsse und Teiche in Flussgebieten der Karpathenflüsse

Symbol kompleksu Bezeichnung des Komplexes	Nazwa kompleksu Name des Komplexes	Nr	Nazwa stawu Name des Teiches	Termin badań Datum der Untersuchungen
A	Ochaby	1	Donośnik-Zufluss	19.V. 26.VIII. 1960
		2	Malok	" " "
		3	Odymczok	" " "
B	Pod Borem	2	Księży	19.V. 8.IX. 1960
		3	Przesypka	" 26.VIII. 1960
		4	Okrągły Dolny	" " "
C	Gołysz	2	Wyszni II	19.V. 17.VIII. 1960
		3	Wyszni VI	" " "
		4	Bagieniec I	" 26.VIII. "
D	Mnich	1	Donośnik-Zufluss	24.V. 26.VIII. 1960
		2	Kasprzyca	" " "
E	Landek	1	Donośnik-Zufluss	24.V. 26.VIII. 1960
		2	Książok L. W.	" " "
		3	Stary Feruga	" " "
F	Kobiernice	1	Donośnik-Zufluss	18.V. 24.VIII. 1960
		2	Mikołaj	" " "
		3	Karol	" " "
		4	Nowy	" " "
G	Brzeszcze	1	Donośnik-Zufluss	18.V. 19.VIII. 1960
		2	Granicznik	" " "
		3	Bagiennik	" " "
H	Adolfia	1	Donośnik-Zufluss	18.V. 24.VIII. 1960
		2	Kościelecki	" " "
		3	Trząska Górna	" " "
		4	Trząska Dolna	" " "
		5	Janowski Górny	" " "
		6	Janowski Średni	" " "
		7	Grabowiec	- 24.VIII. 1960
I	Monowice	2	Góral	17.V. 19.VIII. 1960
		3	Cząstka Stara	" " "
		4	Olszyna	" " "
J	Rudze	1	Donośnik-Zufluss	17.V. 19.VIII. 1960
		2	Pośrednik Stary	" " "
		3	Podkamski	" " "
		4	Pośrednik Nowy	" " "
		5	Zawieśnik	" " "
		6	Zakonnik	" " "
K	Przyborów	1	Donośnik-Zufluss	13.V. 20.VIII. 1960
		2	Łachmaniec I	" " "
		3	Łachmaniec VII	" " "
		4	Łachmaniec VIII	" " "
		5	Łachmaniec XI	" " "

Donośniki i stawy regionu Wyżyny Małopolskiej
Zuflüsse und Teiche an dem kleinpolnischen Hochlande (Wyżyna Małopolska)

Symbol kompleksu Bezeichnung des Komplexes	Nazwa kompleksu Name des Komplexes	Nr	Nazwa stawu Name des Teiches	Termin badań Datum der Untersuchungen
L	Kochcice	1	Donośnik-Zufluss	24.IV. 22.VI. 1960
		2	Ludwik	" " "
		3	Kochcicki	" " "
M	Mydlniki	2	Podkamycze	13.V. -
		3	Rząska	" -
		4	Pod Bocianem	" -
N	Książ Wielki	1	Donośnik-Zufluss	12.V. 18.VIII. 1960
		2	Jastrzębiec	" " "
		3	Narożny	" " "
		4	Piżmowy	" " "
O	Wójcza	1	Donośnik-Zufluss	- 12.VII. 1961
		2	Łuża Buda	15.V. 12.VII. 1961
		3	Średni	" " "
		4	Kogut	" " "
P	Sieragi	1	Donośnik-Zufluss	15.V. 12.VII. 1961
		2	Staw Nr 7	" " "
		3	Staw Nr 9	" " "

zygnowano z terminu trzeciego. Niektóre tylko spośród stawów badane były w innych terminach (kompleks Kołczyce-L), włączono również do niniejszego opracowania wyniki analizy wody stawów kompleksów Wójcza (O) i Sieragi (P), badanych w roku 1961 (osobno drukowanych — Wróbel, 1963).



Ryc. 1. Mapa rozmieszczenia badanych kompleksów stawów

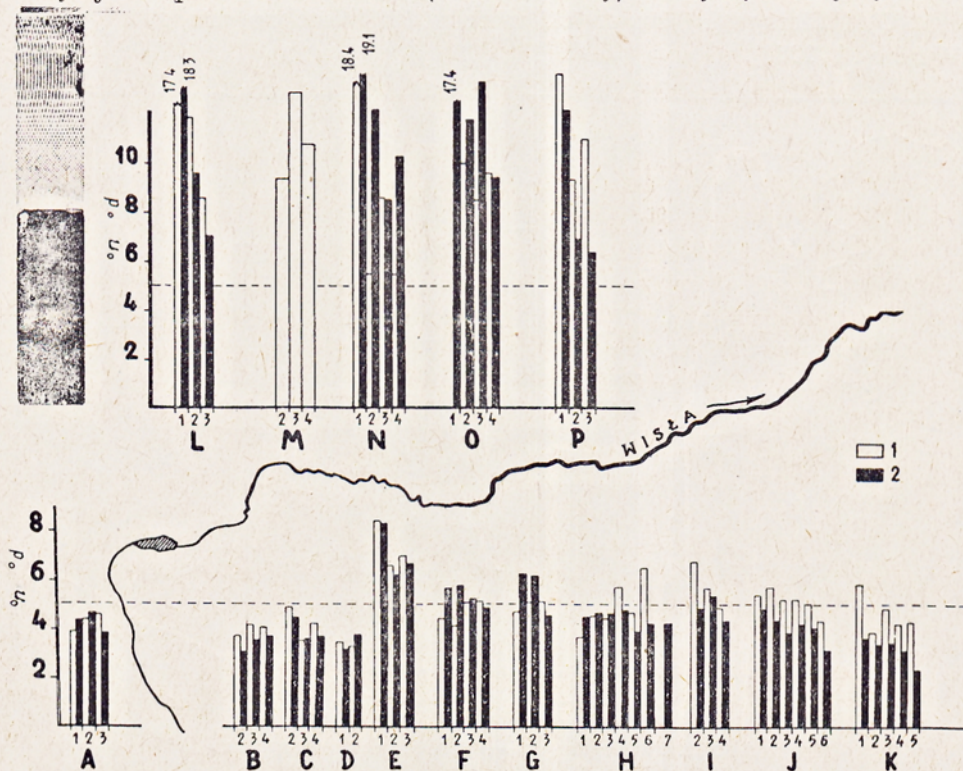
Abb. 1. Karte der untersuchten Teichkomplexe

W próbach wody oznaczono: twardość ogólną, zawartość wapnia i magnezu (według metody Christa i Kaedinga 1954), zawartość potasu (na fotometrze płomieniowym) oraz zawartość $N-NH_4$, $N-NO_2$, $N-NO_3$, PO_4 , Fe i utlenialność wody. Wszystkie te oznaczenia wykonano według metod podanych przez Justa i Hermanowicza (1955) oraz Haasego (1954).

Wyniki badań

W analizie chemicznej wody donośników i stawów położono główny nacisk na oznaczenie twardości ogólnej, zawartości wapnia i magnezu oraz na stosunki równoważnikowe między tymi pierwiastkami. Twardość ogólna wody donośników jest wiernym odbiciem budowy geologicznej zlewni rzek, z których czerpie się wodę do napelniania stawów. Z wyników zestawionych na rycinie 2 widać, że twardość wody donośników na Wyżynie Małopolskiej jest czterokrotnie większa od twardości wody

tychże po prawej stronie Wisły. Różnica twardości wody doprowadzalników w tym regionie jest nieznaczna mimo dużej odległości (około 200 km) między kompleksami Kochcice (dorzecze Odry) i Wójczę. Mniejszą twar-



Ryc. 2. Twardość ogólna wody w donośnikach i stawach. 1 — na wiosnę, 2 — w lecie

Abb. 2. Gesamthärte des Wassers in Zuleitern und Teichen. 1 — im Frühling, 2 — im Sommer

dość wody donośnika w kompleksie Sieragi (P) w porównaniu z innymi donośnikami tego regionu można wytłumaczyć tym, że donośnik ten, biorący początek z rzeki Wschodniej, przebiega na znacznej długości przez teren zalesiony. Najmniejszą twardość wody stwierdzono w donośnikach kompleksów stawów Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód i kompleksu Adolfin (H). W donośnikach kompleksów stawów Pod Borem (B) i Gołysz (C) twardość ogólna wody, oznaczana systematycznie w ciągu kilku lat, rzadko przekracza w pierwszej połowie sezonu 4 $^{\circ}\text{n}$, tylko przy bardzo niskich stanach wody w Wiśle jest większa od 5 $^{\circ}\text{n}$. W tych jednakże okresach ilość wody dopływającej do stawów jest bardzo mała i większa zawartość wapnia w wodzie donośników nie ma większego wpływu na wodę w stawach. Jedynym z badanych kompleksów

stawów po prawej stronie Wisły, do którego dopływa woda o większej zawartości wapnia, jest Landek, zaopatrywany w wodę z rzeki Iłownicy.

Z porównania twardości wody w donośnikach w terminach wiosennym i letnim wynika, że woda jest bardziej twarda w tym drugim terminie (donośniki w kompleksach A, F, G, H, L, N), jeżeli doprowadzalniki nie przebiegają przez tereny zalesione. W tym drugim przypadku w terminie letnim twardość wody jest mniejsza. Taki układ twardości wody wiąże się przede wszystkim ze sposobem zasilania rzek (powierzchniowy czy podziemny) oraz retencją terenów leśnych.

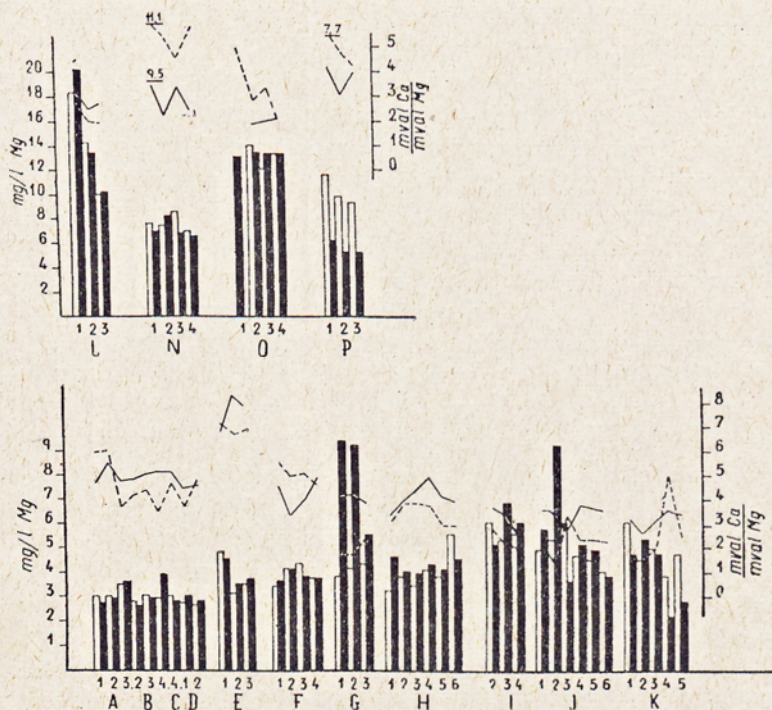
Twardość ogólna wody stawów kształtowała się pod wpływem dwóch czynników, a mianowicie: twardości wody dopływającej i rozwoju roślinności w stawach. W stawach na prawym brzegu Wisły twardość wody była mniejsza niż w stawach na Wyżynie Małopolskiej. Różnice twardości wody w stawach tych dwóch regionów były jednak nie tak duże, jak w donośnikach. Zmniejszenie tych różnic wynikało z powodu dużego spadku twardości wody w stawach na Wyżynie Małopolskiej. Wynika z tego, że przy dużej zawartości wapnia w wodzie dopływającej do stawów następuje silne wytrącanie się węglanów i wzbogacanie dna w te związki.

Porównując twardość wody w obu terminach badań widać, że w zdecydowanej większości stawów (31) była ona większa na wiosnę. W 11 stawach natomiast układ był odwrotny, woda była bardziej miękka na wiosnę niż w lecie. Zaznaczył się tu wpływ drugiego czynnika, decydującego o twardości wody stawów, mianowicie rozwoju roślinności wodnej. Silniejszy rozwój fitoplanktonu przypadający w sierpniu przyczynił się, poprzez biologiczne odwapnienie, do zmniejszenia twardości ogólnej w tej większej grupie stawów. W stawach drugiej grupy, o mniejszej twardości wody w terminie wiosennym, zadecydował bujny rozwój flory miękkiej, który przypada w miesiącach wiosennych.

Zmiany twardości ogólnej wody zachodziły w wyniku zmian zawartości wapnia. Zawartość wapnia z reguły była większa w okresie wiosennym niż w terminie letnim, gdy tymczasem zawartość magnezu większa była w tym drugim terminie (Ryc. 3). Jedynie w dwóch kompleksach leśnych (K, P) zawartość Mg tak w donośnikach, jak i w wodzie stawów była dużo mniejsza w lecie. W tych dwóch kompleksach zawartość magnezu w wodzie stawów kształtowała się raczej pod wpływem jego zawartości w wodzie donośników; oba te kompleksy leżą na glebach piaszczystych i wskutek dużej infiltracji wody zawartość magnezu nie ulegała zwiększeniu. Nasilenie zmian obu tych pierwiastków w wodzie stawów jest różne i uwarunkowane jest różną rozpuszczalnością węglanu wapnia (14 mg/l) i węglanu magnezu (106 mg/l).

Zawartość wapnia w wodzie stawów, zasilanych z rzek karpackich, wahała się w granicach 15—35 mg/l (w kompleksie Landek 36—44 mg/l), a w stawach na Wyżynie Małopolskiej 27—60 mg/l. W pierwszym regio-

nie, z wyjątkiem stawów w Landeku i częściowo kompleksu Kobiernice (F), zawartość Ca była względnie wyrównana, natomiast zawartość magnezu była najmniejsza w pierwszych pięciu kompleksach (A, B, C, D),



Ryc. 3. Zawartość magnezu i stosunek wapnia do magnezu w wodzie donośników i stawów. 1 — Mg na wiosnę, 2 — Mg w lecie, 3 — Ca : Mg na wiosnę, 4 — Ca : Mg w lecie

Abb. 3. Der Magnesiumgehalt und das Verhältnis zwischen Kalzium und Magnesium im Wasser der Zuleiter und Teiche. 1 — Mg im Frühling, 2 — Mg im Sommer, 3 — Ca : Mg im Frühling, 4 — Ca : Mg im Sommer

łącznie z Landekiem (E) i bardziej ku wschodowi ulegała wzrostowi. Wskazuje na to stosunek wapnia do magnezu (ryc. 3). Największe wartości Ca : Mg stwierdzono w tym regionie w kompleksie Landek (7,6—8,2). Najmniejszą zawartość magnezu w stosunku do zawartości wapnia stwierdzono w donośniku kompleksu Książ Wielki (Ca : Mg 9,5—11,1). Stosunek wapnia do magnezu w wodzie stawów leżących na Wyżynie Małopolskiej wahał się w tych samych granicach, jak w stawach pierwszego regionu.

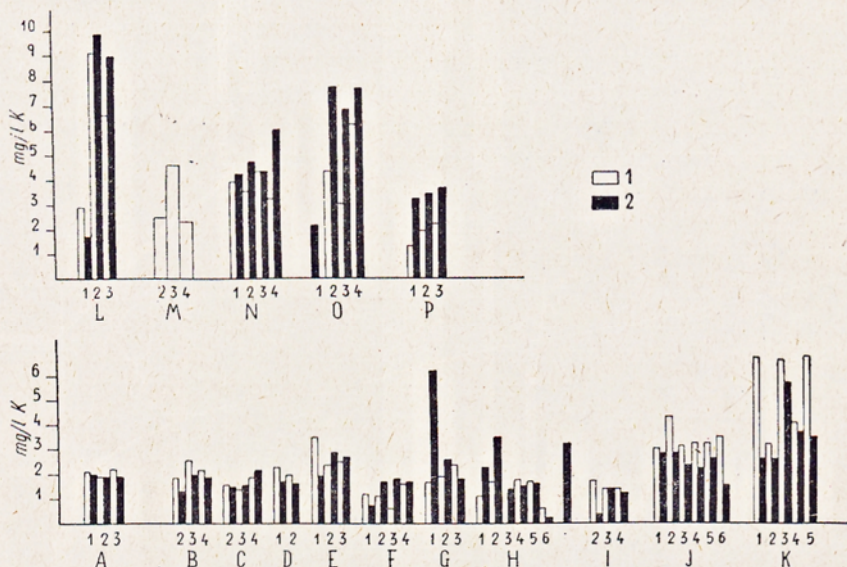
Rozpiętość stosunku wapnia do magnezu uzależniona była od rozwoju roślin niższych bądź flory naczyniowej. W stawach, w których w lecie wystąpiły zakwity fitoplanktonu, stosunek Ca do Mg był wyższy w lecie, a w stawach porośniętych miękką florą na wiosnę.

Duża zawartość wapnia i magnezu w wodzie donośników na Wyżynie Małopolskiej i kilkakrotnie mniejsza w regionie karpackim miała wpływ na występowanie żelaza ogólnego. Zawartość tego ostatniego w wodzie doprowadzalników w kompleksach stawów na Wyżynie Małopolskiej w okresie letnim, w którym ilość Fe była większa, nie przekraczała 0,15 mg/l. Tylko w kompleksie Sieragi ilość żelaza w wodzie donośnika sięgała 0,35 mg/l (przepływ donośnika przez teren zalesiony). W regionie karpackim zawartość żelaza w wodzie doprowadzalników była większa, w terminie wiosennym wahała się ona w granicach 0,10—0,60 mg/l, a w letnim 0,25—0,80 mg/l. Najmniejsze ilości żelaza w tym regionie występowały w wodzie donośnika kompleksu Ochaby (0,10 mg/l Fe na wiosnę i 0,25 mg/l w lecie). We wszystkich donośnikach, z wyjątkiem kompleksów Kobiernice (F) i Sieragi (P) wyższa była zawartość żelaza w terminie letnim. Bardzo dużą zawartość żelaza, w porównaniu z powyżej przytoczonymi, posiadała woda donośnika leśnego kompleksu Przyborów (K), a mianowicie 1,50 mg/l Fe na wiosnę i 6,00 mg/l w lecie.

Duże różnice zawartości żelaza w wodach tych dwóch regionów wystąpiły tylko w donośnikach, nie było ich natomiast w wodach stawów. Wynika z tego, że przy małej zawartości żelaza w wodzie dopływającej do stawów następuje wzbogacanie wody stawowej w ten składnik i na odwrót przy dużej zawartości żelaza w wodzie dopływającej zachodzi wytrącanie żelaza w stawie. To ostatnie zjawisko zaznaczyło się najbardziej w stawach w Przyborowie, w których zawartość Fe na wiosnę wahała się w granicach 0,30—0,60 mg/l (w donośniku 1,50 mg/l), a w lecie 1,00—3,00 mg/l (w donośniku 6,00 mg/l). Podobnie jak w wodzie donośników również w stawach zawartość żelaza w terminie letnim była większa niż w terminie wiosennym (tylko w dwóch kompleksach Monowice i Rudze stosunki te miały się odwrotnie).

Zawartość potasu w wodzie badanych donośników i stawów regionu karpackiego w sporadycznych tylko przypadkach przekraczała 3,0 mg/l K, a najczęściej wynosiła 2,0 mg/l (Ryc. 4). W tym regionie stwierdzono również najmniejszą zawartość potasu wynoszącą 0,2 mg/l. Brak było w tym regionie znaczniejszych różnic między zawartością potasu w wodzie doprowadzalników a zawartością K w wodzie stawów. Porównując zawartość potasu w wodzie donośników w obu terminach badań, to w większości przypadków występowały mniejsze ilości potasu w terminie letnim. Taki sam układ jak w doprowadzalnikach zaobserwowano tylko w dwóch kompleksach Rudze (J) i Przyborów (K). Na Wyżynie Małopolskiej większa była zawartość potasu w wodzie stawów niż w donośnikach, więcej było również potasu w wodzie stawów w terminie letnim niż wiosennym. Woda donośników w tym regionie zawierała na ogół mało potasu. Większa zawartość K w wodzie stawów, szczególnie w dwóch kompleksach L i O, w których różnice te najbardziej się zaznaczyły, spowodowana była dopływem ścieków gospodarczych i bytowych. Przed uj-

ściem donośników do stawów w kompleksie L woda zawierała 14 mg K/l, a w kompleksie O 4,5 mg/l.



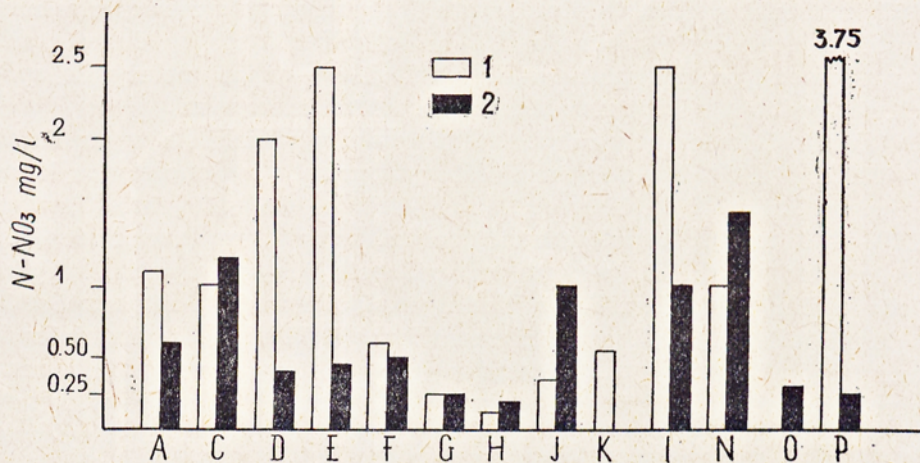
Ryc. 4. Zawartość potasu w wodzie donośników i stawów. 1 — na wiosnę, 2 — w lecie

Abb. 4. Der Gehalt an Kalium im Wasser der Zuleiter und Teiche. 1 — im Frühling, 2 — im Sommer

Przy występowaniu potasu w wodzie badanych stawów trudno dośzukać się jakiejś ogólniejszej prawidłowości, jak na przykład przy wapniu czy magnezie. Zmiany zawartości potasu w stawach uwarunkowane są nie tylko czynnikami biologicznymi, ale także czynnikami fizyko-chemicznymi dna stawów, przede wszystkim jego właściwościami sorpcyjnymi. Zmiany te będą zatem przebiegać odmiennie nie tylko w różnych kompleksach, ale i w różnych stawach tego samego kompleksu. Potas jest jednym ze składników najslabiej wmywanych z gleb zlewni rzek, toteż jego zawartość w wodzie uzależniona będzie od sposobu zasilania tych rzek. Przy spływie powierzchniowym zawartość potasu w rzekach będzie większa, natomiast przy zasilaniu podziemnym będzie mniejsza (odwrotnie jak przy wapniu). Tym można wytłumaczyć zaobserwowaną w niniejszych badaniach mniejszą zawartość potasu w wodzie donośników w terminie letnim.

Zawartość mineralnych związków azotowych w wodzie donośników była bardzo zróżnicowana tak w poszczególnych kompleksach, jak i obu terminach badań. Związki amonowe występowały w wodzie donośników w ilościach 0,02—0,28 mg/l, a najczęściej 0,04 mg/l $N-NH_4$. Tę najwięk-

szą ilość — 0,28 mg/l — stwierdzono w wodzie donośnika kompleksu Ochaby (A). Przy większych ilościach amonowej formy azotu w wodzie donośników występowały zwykle większe ilości N-NH₄ na wiosnę. Azotyny stwierdzane były w ilościach 0—0,120 mg/l N-NO₂. Większą zawartość azotynów zaobserwowano w donośnikach czterech kompleksów: Książ Wielki (N) 0,032—0,120, Ochaby (A) 0,024—0,020, Landek (E) 0,028—0,020 i Brzeszcze (G) 0,024—0,030 mg/l N-NO₂. W pozostałych zawartość azotynów wahała się w granicach 0—0,008 mg/l. Duże różnice wystąpiły w ilościach azotanów (Ryc. 5) w wodzie doprowadzalników.



Ryc. 5. Zawartość azotanów w wodzie donośników. 1 — na wiosnę, 2 — w lecie

Abb. 5. Der Nitratgehalt im Wasser der Zuleiter. 1 — im Frühling, 2 — im Sommer

Większe ilości azotanów zwłaszcza na wiosnę były w donośnikach zlewni górnej Wisły i Ilownicy, a mniejsze w zlewni Soły (kompleksy F, G, H). Na Wyżynie Małopolskiej zawartość N-NO₃ w wodzie donośników kształtowała się w szerokich granicach 0,25—3,75 mg/l N-NO₃.

Zawartość mineralnych związków azotowych w wodzie badanych stawów była mała, przy czym układ poszczególnych jego form był odmienny jak w wodzie donośników. Związki amonowe występowały w ilościach od 0,010 do 0,16 mg/l N-NH₄, a najczęściej 0,03—0,04 w terminie wiosennym i 0,05—0,10 mg/l w terminie letnim. W jednym tylko stawie w Kołczicach, do którego dopływały ścieki z gospodarstwa rolnego zawartość N-NH₄ sięgała 0,50 mg/l.

W większości stawów nie wykrywano azotynów, w kilku stawach zawartość tej formy azotu nie przekraczała w zasadzie 0,008 mg/l N-NO₂. Zawartość azotanów w wodzie stawów w przeważającej ilości przypadków oscylowała w granicach 0,10—0,15 mg/l N-NO₃, była zatem mniejsza niż w wodzie donośników. Tylko w czterech stawach stwierdzono ilości azotanów dochodzące do 0,40 mg/l.

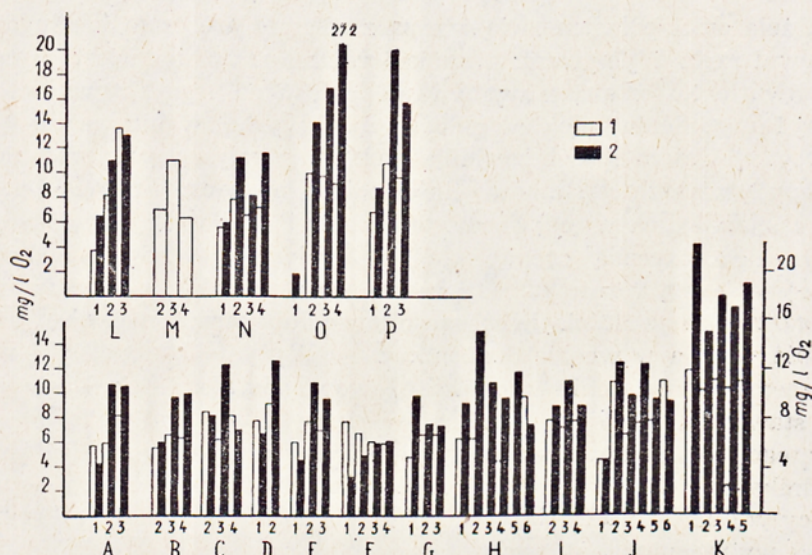
W odniesieniu do mineralnych form azotu można ogólnie powiedzieć, że zawartość ich w wodzie stawów i w niektórych donośnikach była mała. Ilość mineralnych związków azotowych dostająca się do stawów z wodą donośników wynosi w przybliżeniu 20—30 kg/ha w ciągu całego sezonu (około 10 kg N/ha przy zalewaniu stawów, 8—16 kg przy dopływie w ciągu sezonu i 1,8—3,6 kg w wodzie opadowej, 0,6 mg/l w 300—600 mm opadów). Na przykładzie stawów Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód (kompleksy A, B, C, D, E), w których nawożenie azotowe wywiera korzystny wpływ na wzrost wydajności stawów (Wróbel 1962), można stwierdzić, że ilości azotu dopływającego z zewnątrz są niewystarczające. Ponieważ zawartość azotu mineralnego w donośnikach i w stawach tych kompleksów nie odbiega od innych, należy się spodziewać podobnego efektu nawożenia nawozami azotowymi.

Zawartość fosforanów w wodzie donośników wahała się w granicach 0—0,20 mg/l PO_4 . Najmniejsze ilości występowały w donośnikach kompleksów Gołysz i Kobiernice, a największe w kompleksie Landek (0,20—0,10 mg/l). W większości donośników większą zawartość PO_4 stwierdzano w okresie wiosennym, podobnie jak przy potasie. Tylko w donośniku kompleksu Książ Wielki wystąpiła większa zawartość PO_4 w terminie letnim (0,20 mg/l) niż na wiosnę (0,04 mg/l). W donośnikach kompleksów Kołczyce (L) i Wójcza (O), w których próby pobierano w pobliżu źródeł potoków, nie wykrywano fosforanów, dopiero w dalszej odległości następował dopływ ścieków z gospodarstw rolnych i wzbogacenie wody w te związki.

Zawartość fosforanów w wodzie stawów kształtowała się pod wpływem nawożenia superfosfatem, toteż wahania były bardzo duże (od 0 do 2,5 mg/l). Różne terminy nawożenia i dwukrotne tylko badania w ciągu sezonu uniemożliwiają porównanie stawów pod względem tego składnika. Warto dodać, że dopływ fosforanów do stawów z wodą donośników jest bardzo mały i wynosi 1—2 kg/ha P_2O_5 w ciągu sezonu.

Utlentialność wody obrazują wyniki, przedstawione na rycinie 6. Utlentialność wody donośników była mniejsza aniżeli wody stawów. Porównując utlentialność wody doprowadzalników w obu terminach można stwierdzić, że w donośnikach przebiegających przez tereny zalesione (kompleksy K i P) czy torfowe (kompleks H) była ona większa w terminie letnim. W pozostałych donośnikach mniejsza utlentialność w lecie uwarunkowana była raczej podziemnym zasilaniem rzek i szybką likwidacją zanieczyszczeń organicznych przy wyższej temperaturze wody w lecie.

Utlentialność wody stawów w terminie wiosennym wahała się w granicach 6—8 mg O_2 /l, a w terminie letnim 8—12 mg/l. Tylko w trzech kompleksach K, O i P była ona większa i sięgała 27,2 mg O_2 /l. Na podstawie utlentialności wody w okresie letnim można przyjąć, że stawy, z wyjątkiem trzech wyżej wymienionych kompleksów, były słabo zeu-



Ryc. 6. Utlenialność wody donośników i stawów. 1 — na wiosnę, 2 — w lecie
 Abb. 6. Oxydierbarkeit des Wassers in Zuleitern und Teichen. 1 — im Frühling,
 2 — im Sommer

trofizowane, co było wynikiem małego zasobu składników pokarmowych wnoszonych z wodą donośników.

Podsumowanie

Skład chemiczny wody stawów i donośników w południowej Polsce różnił się przede wszystkim zawartością wapnia i magnezu, przy czym różnice te były większe w wodzie donośników aniżeli stawów. Woda donośników w kompleksach stawów, zasilanych z rzek karpacczych, posiadała cechy wody rzek głównych: Wisły (Badania Politechniki Śląskiej — 1954) czy Soły (Bombówna 1960, Musiał i współpracownicy, 1958, Stangenberg 1958). Niewielkie różnice dotyczyły niektórych czynników, jak twardość i utlenialność, które były wynikiem lokalnych wpływów zalesienia czy zasiedlenia (wsie). Wody tych rzek a następnie donośników charakteryzują się małą twardością ogólną, powodowaną głównie kwaśnymi węglanami wapnia i magnezu. W większości przypadków twardość ogólna (zawartość wapnia a także żelaza) wody w donośnikach większa była w lecie aniżeli na wiosnę. Podobne zmiany w ciągu sezonu stwierdzone były również przez innych autorów (Stangenberg 1938, Stangenberg-Oporowska 1961). Większe natomiast ilości potasu w wodzie donośników spotykano na wiosnę niż w lecie, podobnie jak to zdarzało się w donośnikach kompleksów stawów w Miliczu (Stangenberg-Oporowska 1961). Przeciwnie stosunki ilościowe między wap-

niem, żelazem i potasem związane są z różnym procesem ich ługowania ze zlewni rzek. Wymywanie wapnia i żelaza uzależnione jest od zawartości dwutlenku węgla, a wymywanie potasu od jego aktywności sorpcyjnej i uwodnienia koloidów glebowych. O występowaniu wapnia i potasu decyduje zatem sposób zasilania rzek. Przy spływie powierzchniowym występują większe stosunkowo ilości potasu na wiosnę, a przy podziemnym zasilaniu rzek więcej będzie wapnia w lecie aniżeli na wiosnę.

Charakterystyczną cechą składu chemicznego wody stawów było zmniejszanie się różnic między zawartością składników, występujących w donośnikach w ilościach bardzo dużych lub bardzo małych. Duża zawartość wapnia w wodzie donośników na Wyżynie Małopolskiej ulegała znacznemu zmniejszeniu w wodzie stawów (odkładanie się węglanów na dnie stawów, Pasternak 1959, Wróbel 1963), natomiast woda stawów tego regionu zawierała więcej żelaza w stosunku do małej ilości tego składnika w wodzie donośników. Ten sam składnik — żelazo — występujący w dużych ilościach w wodzie donośnika w kompleksie Przyborów ulegał wytrąceniu w stawach.

Duże różnice składu chemicznego wody w stawach, leżących w dorzeczach rzek karpaccyckich i w stawach, położonych na Wyżynie Małopolskiej, nie wywarły wpływu na fitoplankton. W jednym i w drugim regionie występowały podobne jakościowo zbiorowiska planktonowe (Gazdowa 1965, Krzeczowska 1963).

Typ roślinności wodnej odgrywał dużą rolę w kształtowaniu się składu chemicznego wody stawów, przy czym wpływ tej roślinności był bardziej widoczny przy wapniu i magnezie. W stawach zarośniętych naczyniowymi roślinami podwodnymi rzadko obserwuje się silniejszy rozwój fitoplanktonu, w tych też stawach stwierdzono mniejsze ilości wapnia na wiosnę. Natomiast w stawach, pozbawionych roślinności podwodnej, występował liczniej fitoplankton i w okresie jego maksymalnego rozwoju w lecie obserwowano niższe, w stosunku do terminu wiosennego, zawartości wapnia.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że skład wody stawów Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód PAN (kompleksy: Ochaby — A, Pod Borem — B, Gołysz — C i Mnich — D) jest zbliżony do przeciętnego składu wody stawów, zaopatrywanych z rzek karpaccyckich. Wnioski badań, szczególnie nad nawożeniem stawów, przeprowadzanych w Gospodarstwach Doświadczalnych mogą znaleźć zastosowanie w innych kompleksach stawów tego regionu. Wyjątkowe miejsce wśród badanych stawów, leżących w dorzeczach Wisły i Soły, zajmuje kompleks stawów w Landeku, który jest bardziej zbliżony pod względem składu chemicznego wody do stawów drugiego regionu — Wyżyny Małopolskiej.

Na podkreślenie zasługuje duże podobieństwo stężenia głównych kationów w wodzie stawów czterech pierwszych kompleksów do przecięt-

nej koncentracji tychże kationów w wodach słodkich świata. Średnia zawartość wapnia, magnezu, potasu i sodu w stawach Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód wynosiły: 22,5 mgCa/l, 3,0 mg Mg/l, 2,0 mg K/l i 6,8 mg Na/l, gdy tymczasem średnie dla świata wynoszą: 20,39 mg Ca/l, 3,41 mg Mg/l, 2,17 mg K/l i 5,79 mg Na/l (Sugawara 1961).

ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahre 1960 wurden zweimal im Verlauf der Vegetationsperiode chemische Untersuchungen des Wassers von 12 Zuleitern und aus 47 Teichen, die in 16 Teichkomplexen gelegen sind, unternommen (Tab. I Tab. II, Abb. 1). Zweck dieser Untersuchungen war einen Vergleich durchzuführen zwischen dem Chemismus des Wassers von Zuleitern und Teichen, die in zwei, ihrer geologischen Formation nach verschiedenen Regionen gelegen sind, um auf Grund dessen den Chemismus der Versuchsteiche des Institutes für Biologie der Gewässer der Polnischen Akademie der Wissenschaften zu erläutern.

Bei Ausführung der chemischen Wasseranalysen wurde besonderer Nachdruck auf die Bestimmung der Gesamthärte den Gehalt an Kalzium und Magnesium sowie auf die ausgleichenden Verhältnisse zwischen diesen Grundstoffen gelegt. Ferner wurde der Gehalt an Fe, K, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, PO₄ und der Sauerstoffverbrauch des Wassers untersucht.

In den Teichen, die am rechten Weichselufer gelegen sind und mit dem Wasser aus den Karpathenflüssen gespeist werden, war die Gesamthärte gering; in der Region des kleinpolnischen Hochlandes dagegen war derselbe in den Zuflüssen um das Vierfache grösser. Die Unterschiede aber in Kalziumgehalt des Teichwassers beider Regionen waren gering und dies wurde verursacht durch das starke Ausfällen der Karbonate in den Teichen des kleinpolnischen Hochlandes. Den Kalziumgehalt des Teichwassers bestimmte, ausser dem mit den Zuleitern zugeführten Kalzium, noch die Entwicklung der Wasserflora. In Teichen mit starkem Bewuchs von Unterwasserpflanzen war der Kalziumgehalt des Wassers im Frühjahr kleiner und in Teichen mit starker Entwicklung von Phytoplankton war weniger Kalzium in den Sommermonaten. Der Magnesiumgehalt war im allgemeinen höher in den Sommermonaten und auch das Verhältnis zwischen Kalk und Magnesium war zu dieser Zeit kleiner als im Frühjahr (Abb. 3).

Ausser diesen Unterschieden enthielten alle Teiche einen geringen Gehalt an Phosphaten und an mineralischen Formen von Stickstoff; nur in einigen Zuleitern wurden grössere Mengen von Nitraten festgestellt. Der Kaligehalt war im allgemeinen niedrig, grössere Mengen hievon wurden im Wasser der Teichkomplexe L und O gefunden, was durch Abwässer von landwirtschaftlichen Betrieben verursacht war.

Die chemische Beschaffenheit des Teichwassers in den Versuchsteichwirtschaften und die Tendenz ihrer Veränderungen war ähnlich zu den Verhältnissen, die im Teichwasser aus dem Gebiet am rechten Weichselufer vorgefunden worden war. Die trifft für drei Komplexe zu, nämlich Ochaby (A), Pod Borem (B), und Gołysz (C). Die beiden übrigen Teichkomplexe Mnich (D) und Landek (E), die auch zu den Versuchsteichwirtschaften gehören, unterschieden sich von einander, in dem Mnich den kleinsten Kalkgehalt (unter 20 mg/l Ca) und Landek dagegen den höchsten (über 50 mg/l Ca) von allen untersuchten Teichen dieser Karpathen-

region aufwiesen. Der erstere Komplex ist seiner Wasserbeschaffenheit nach den Waldteichen ähnlich, der zweite hingegen den Teichen des kleinpolnischen Hochlandes.

LITERATURA

- Bombówna M., 1960. Hydrochemiczna charakterystyka rzeki Soly i jej dopływów. *Acta Hydrobiol.*, 2, 3—4, 175—200.
- Christ W., Kaeding J., 1954. Zur titrimetrischen Härtebestimmung mit dem Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure. *Wasserwirtsch.-Wassertechn.*, 4, 171.
- Gazdowa C., 1965. Plankton wybranych stawów południowej Polski. *Monographiae Botanicae. Acta Bot. Soc. Pol.* (w druku).
- Haase L. W., 1954. Deutsche Einheitverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. Weinheim, Verlag Chemie. GMBH.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne metody badania wody do picia i potrzeb gospodarczych. Warszawa, Państw. Zakł. Wyd. Lek.
- Krzeczowska E., 1963. Charakterystyka planktonu niektórych stawów województwa kieleckiego. *Acta Hydrobiol.*, 5, 2—3, 189—213.
- Musiał L., Turoboyski L., Chobot M., Łabuz W., 1958. Badania nad zanieczyszczeniem rzeki Soly i jej zdolnością samoczyszczania. *Polskie Arch. Hydrobiol.*, 4, 221—259.
- Pasternak K., 1959. Gleby gospodarstw stawowych dorzecza Górnej Wisły. *Acta Hydrobiol.*, 1, 3—4, 221—283.
- Pasternak K., Gleboznawcza i geologiczna charakterystyka dorzecza rzeki Soly. *Acta Hydrobiol.*, 2, 3—4, 159—174.
- Pasternak K., 1962. Geologiczna i gleboznawcza charakterystyka dorzecza rzeki Górnej Wisły. *Acta Hydrobiol.*, 4, 3—4, 277—299.
- Stangenberg M., 1938. Warunki produkcji w stawach. I. Skład chemiczny wody w stawach. *IBI, Ser. A.*, 34.
- Stangenberg M., 1958. Ogólny pogląd na skład chemiczny wód rzecznych Polski. *Polskie Arch. Hydrobiol.*, 4, 289—359.
- Stangenberg-Oporowska K., 1961. Studia nad chemizmem wód stawów karpiowych w Miliczu. *Polskie Arch. Hydrobiol.*, 9, 37—157.
- Sugawara K., 1961. Na, Cl and Na/Cl in Inland Waters. *The Japanese Journal of Limnology*, 22, 2—3, 49—65.
- Wróbel S., 1962. Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody, produkcję pierwotną fitoplanktonu i przyrosty ryb w stawach. *Acta Hydrobiol.*, 4, 2, 151—204.
- Wróbel S., 1963. Skład chemiczny wody niektórych stawów województwa kieleckiego. *Acta Hydrobiol.*, 5, 2—3, 215—227.

Adres autora — Anschrift des Verfassers

Dr Stanisław Wróbel

Zakład Biologii Wód, Polska Akademia Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17.