

KAZIMIERZ PASTERNAK

## Skład chemiczny wody stawów na terenach piaszczystych

### The chemical composition of the water of ponds in sandy terrains

Wpłynęło 9 maja 1966 r.

**Abstract** — The physico-chemical properties of the water of ponds differing in sandy substratum of bottom and drainage basin, supplied with rainfall waters and waters from rivers and streams, were investigated. It was demonstrated, among others, that the pure water of such ponds is distinguished by certain particular properties and that the stock of its chemical components depends on the quality of the sandy substratum.

Chemiczny charakter czystych wód donośników, a pośrednio także stawów, uzależniony jest przede wszystkim od geologiczno-glebowej budowy podłoża zlewni. W stawach kształtuje się on jeszcze w mniejszym lub większym stopniu pod wpływem roślinności, dna oraz nawożenia.

Dotychczasowe badania nad poznaniem jakości wód stawów w Polsce dostarczają jeszcze stosunkowo mało danych na temat zależności fizyko-chemicznych właściwości wody od podłoża. Wobec tego, oprócz aspektu praktycznego, wynikającego z określenia składu chemicznego wody w niektórych gospodarstwach stawowych, za główny cel niniejszej pracy przyjęto dostarczenie dalszych materiałów do wyjaśnienia tego zagadnienia.

Badaniami objęte zostały stawy o dnie i zlewni piaszczystej, korzystające z wody opadowej oraz stawy o dnie piaszczystym zalewane wodą rzek i potoków, posiadających lub nie, zlewnię pokrytą piaskami. Ponadto stawy te różniły się między sobą gatunkiem i rodzajem piaszczystego podłoża. Badane obiekty stawowe położone są na terenach podkarpackiej kotliny w obrębie województw: katowickiego, krakowskiego i rzeszowskiego. Przy łańcuchowym nawadnianiu stawów, oprócz donośnika wzięto do badań z jednego obiektu po dwa stawy, przy bezpośrednim dopływie wody po jednym. Badane stawy znajdowały się w podobnej kulturze rybackiej i z wyjątkiem obiektu Przyborów nie były nawożone.

Skład chemiczny wody większości gospodarstw przebadano trzykrotnie w ciągu sezonu, a tylko w części dwukrotnie lub jednorazowo. Wodę do analiz pobierano ze stawów na głębokości 20 cm w pobliżu mnicha odpływowego. W wodzie oznaczono: twardość ogólną, wapń i magnez metodą wersenianową wg Christa i Koedinga (1954), potas i sód na fotometrze płomieniowym, mętność na fotoelektrycznym nefelometrze, chlorki wg Standard Methods (1955); pozostałe właściwości wg metodyki podanej przez Justa i Hermanowicza (1955). Barwę i żelazo oznaczono w wodzie przesączonej. Niesionych przez wody donośników związków żelaza, w postaci wysoko dyspersyjnej zawiesiny nie uwzględniono z powodu jego dużej ilościowej zmienności w czasie oraz małej aktywności chemicznej w środowisku wodnym.

### Kompleksy stawowe zasilane wodami opadowymi

#### Przyborów, Hobot i Kłapkówka

Stawy w Przyborowie (pow. Brzesko) położone są na śródleśnym równinnym terenie. Skalą macierzystą gleb ich dna i obszaru zlewni są mało przemyte, wodno-lodowcowe piaski słabo gliniaste (Pasternak 1959). Zalewane są wodą opadową gromadzoną w stawach i w sieci rowów melioracyjnych lasu mieszanego o przewadze sosny. Uwzględniony w badaniach staw Łachmaniec 10 jest zalewany wprost z głównego rowu nawadniającego stawy i był wapnowany oraz nawożony annofosem; natomiast staw Łachmaniec 1 jest zaopatrywany w wodę jako drugi w łańcuchu i otrzymał pełne nawożenie.

Woda stawów tego obiektu (tabela I) posiadała wiosną dużo tlenu, małą ilość wolnego CO<sub>2</sub> i obojętny odczyn. W późniejszych terminach zmniejszyła się w niej nieco zawartość tlenu, wzrosła ilość wolnego CO<sub>2</sub> oraz zmienił się odczyn wody na słabo kwaśny. W całym sezonie posiadała ona niską i wahającą się w wąskich granicach twardość ogólną i alkaliczność oraz przeciętny stosunek wapnia do magnezu. Zawierała bardzo dużo żelaza oraz potasu i sodu. Najwięcej żelaza stwierdzono w okresie letnim i jesiennym, natomiast potasu i sodu najwięcej było w wodzie na wiosnę i w lecie. W lecie i jesienią woda zawierała bardzo mało mineralnego azotu (z wyjątkiem amoniaku). Również w minimalnych ilościach występowały w niej fosforany. Utleniałość jej wzrastała od początku do końca sezonu wegetacyjnego i w ogólności była bardzo znaczna. Wysoka była także barwa i duża mętność wody, przy czym najwyższe wartości notowano w okresie letnim i jesiennym. Wysoka barwa wody pośrednio wskazuje na to, że bardzo znaczną część zawartej w niej materii organicznej stanowią wymyte z leśnej zlewni związki humusowe. Głównie ze wzrostem zawartości tych związków w drugiej połowie sezonu wiąże się prawdo-

Tabela 1. Fizyko-chemiczna właściwości wody donosińców 1 stawu = gospodarstwach Przybórze, Cobot 1 Kiepkówka  
 Table 1. Physico-chemical properties of supply and pond water at Przybórze, Cobot and Kiepkówka fishery farms

|   | Przybórze 1961 |           |           |           |               |       |                   |        |                |            | Cobot          |            | Kiepkówka |  |
|---|----------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------|-------------------|--------|----------------|------------|----------------|------------|-----------|--|
|   | Donosiń Supply |           | Staw Pond |           | Lachmaniec 10 |       | Staw Lachmaniec 1 |        | Donosiń Supply | Staw nr 1  | Donosiń Supply | Staw nr 9  |           |  |
|   | 19.V.          | 6.VII.    | 6.IX.     | 19.V.     | 6.VII.        | 6.IX. | 19.V.             | 6.VII. | 6.IX.          | 30.IX.1965 | 30.IX.1965     | 30.IX.1965 |           |  |
| Temperatura °C<br>Temperature                       | 15.8           | 19.8      | 19.5      | 16.9      | 20.6          | 21.6  | 16.6              | 21.0   | 22.5           | 16.0       | 18.6           | 14.5       | 17.0      |  |
| Tlen rozpuszczony<br>Oxygen dissolved               | 0.2 mg/l       | 9.3       | 9.1       | 14.5      | 6.7           | 6.4   | 15.8              | 9.4    | 6.2            | 7.0        | 6.6            | 9.0        | 6.2       |  |
| Stopień nasyceńia<br>Oxygen saturation              | 176            | 101       | 98        | 148       | 74            | 72    | 161               | 104    | 71             | 71         | 70             | 87         | 64        |  |
| CO <sub>2</sub> wolny<br>CO <sub>2</sub> free       | 3.5            | 8.5       | 7.0       | 0.0       | 6.5           | 8.0   | 0.0               | 3.5    | 6.0            | 8.5        | 8.0            | 4.0        | 8.5       |  |
| pH  | 7.4            | 6.6       | 6.7       | 8.6       | 6.9           | 6.7   | 8.6               | 7.4    | 7.0            | 7.0        | 7.2            | 8.2        | 7.8       |  |
| Alkaliczność<br>Alkalinity                          | 1.64           | 1.50      | 1.36      | 1.68      | 1.75          | 1.28  | 1.12              | 1.48   | 1.62           | 0.95       | 1.15           | 2.30       | 2.15      |  |
| Twardość ogólna<br>Total hardness in German degrees | 5.6            | 5.0       | 5.6       | 5.8       | 5.3           | 5.5   | 4.8               | 5.0    | 4.9            | 3.9        | 3.1            | 7.0        | 6.3       |  |
| Wapń<br>Calcium                                     | 28.7           | 26.7      | 31.5      | 30.5      | 29.3          | 30.0  | 25.7              | 27.0   | 27.4           | 23.2       | 17.9           | 41.8       | 40.4      |  |
| Magnez<br>Magnesium                                 | 6.9            | 5.6       | 5.0       | 6.5       | 5.4           | 5.4   | 5.4               | 5.4    | 4.3            | 2.8        | 2.6            | 5.0        | 2.8       |  |
| Żelazo<br>Iron                                      | 1.00           | 5.00      | 3.50      | 0.62      | 2.00          | 2.00  | 0.65              | 2.5    | 1.80           | 0.40       | 0.30           | 0.70       | 0.34      |  |
| Potas<br>Potassium                                  | 9.96           | 10.97     | 4.95      | 7.64      | 8.63          | 6.28  | 2.66              | 3.98   | 4.25           | 0.70       | 0.40           | 5.05       | 2.96      |  |
| Sód<br>Sodium                                       | 13.4           | 10.50     | 8.92      | 13.80     | 11.30         | 9.32  | 9.40              | 9.20   | 9.96           | 4.80       | 4.00           | 14.0       | 8.40      |  |
| Amoniak<br>Ammonia                                  | 0.14           | 0.25      | 0.24      | 0.16      | 0.25          | 0.24  | 0.14              | 0.18   | 0.20           | 0.15       | 0.16           | 0.20       | 0.23      |  |
| Azotyny<br>Nitrite                                  | 0.008          | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0.0           | 0.0   | 0.005             | 0.0    | 0.0            | 0.0        | 0.0            | 0.002      | 0.0       |  |
| Azotany<br>Nitrate                                  | 0.05           | 0.05      | 0.05      | 0.05      | al. Trace     | 0.10  | 0.04              | 0.05   | 0.05           | 0.15       | 0.10           | 0.25       | 0.15      |  |
| Fosforany<br>Phosphate                              | 0.02           | al. Trace | al. Trace | al. Trace | 0.02          | 0.02  | al. Trace         | 0.02   | 0.02           | 0.01       | al. Trace      | 0.02       | 0.04      |  |
| Chlorki<br>Chloride                                 | -              | -         | -         | -         | -             | -     | -                 | -      | -              | 4.5        | 4.2            | 13.2       | 8.0       |  |
| Barwa<br>Colour                                     | 55             | 180       | 165       | 55        | 100           | 160   | 50                | 55     | 70             | 40         | 45             | 50         | 60        |  |
| Mętność<br>Turbidity                                | 36             | 64        | 51        | 26        | 46            | 88    | 18                | 88     | 69             | 25         | 30             | 18         | 89        |  |
| Utlenialność<br>RmnO <sub>2</sub> -cons.            | 10.1           | 18.3      | 20.6      | 15.5      | 17.3          | 32.2  | 12.8              | 23.3   | 22.3           | 9.8        | 9.5            | 11.4       | 12.2      |  |

podobnie znaczne obniżenie pH wody. Substancje te wymyte z lasów iglastych mają z reguły zdecydowanie kwaśny charakter (Musierowicz 1956).

Wody stawów w porównaniu z wodą donośnika charakteryzowały się w ogólności nieco wyższym pH, znacznie większą mętnością i utlenialnością, niższą barwą, mniejszą zawartością żelaza, potasu, sodu oraz pod koniec sezonu tlenu. Bardziej od wody donośnika różniła się woda stawu, który jest nawadniany jako drugi w łańcuchu. Poza większymi ilościowymi różnicami w niektórych wyżej wymienionych właściwościach woda tego stawu miała jeszcze nieco mniejszą twardość ogólną. Nie widać natomiast pomiędzy wodą stawów a donośnikiem, jak też pomiędzy obu stawami, wyraźnej różnicy w zawartości mineralnego azotu i fosforu mimo różnego nawożenia mineralnego.

Obiekt stawowy Hobot leży w odległości kilku kilometrów od Przyborową. Podobnie jak on korzysta z wody opadowej spływającej z leśnej zlewni. W odróżnieniu od poprzedniego obiektu, jego stawy oraz obszar zlewni pokrywają inne gatunkowo gleby, a mianowicie przeważnie znacznie przemyte, głębokie piaski luźne (Pasternak 1959).

Wykonane, dla ogólnej charakterystyki wody tego obiektu, jedno-razowe analizy wskazują (tabela I), że tak woda donośnika jak i stawu odznacza się obojętnym odczynem, bardzo niską rezerwą alkaliczną (Ca + Mg), ubóstwem w troficzne składniki (zwłaszcza dotyczy to potasu i fosforu), średnią utlenialnością oraz w stosunku do sumy wszystkich elektrolitów w wodzie, znaczną ilością żelaza. Z porównania wody stawu i donośnika wynika, że uboższa w sole mineralne jest woda stawu. Warto dodać, że podobnie bardzo uboga w składniki mineralne, z wyjątkiem krzemionki (według nie opublikowanych materiałów autora), jest także gleba dna i zlewni tych stawów. Dla poszerzenia materiału zanalizowano w tym samym dniu wodę stawów położonych w innym rejonie, w Kłapkówce (pow. Kolbuszowa). Z wyjątkiem pochodzenia skały macierzystej gleb zlewni, posiadała ona podobny charakter.

Kompleks stawowy Kłapkówka korzysta również z wody opadowej i posiada leśną zlewnię. Dna stawów tego obiektu oraz tereny zlewni wyścielają w przewodze gleby wytworzone z piasków luźnych. Te luźne piaski w związku z ich odmiennym pochodzeniem (dyluwialne), są jednak mniej, jak w obiekcie Hobot, przemyte i na nieznacznej głębokości podściela je glina zwałowa. Z tego powodu są one od poprzednich nieco bardziej żyzne.

Wodę stawów w Kłapkówce (tabela I) cechuje alkaliczny odczyn, średnia twardość ogólna, przeciętny stosunek wapnia do magnezu, średnia utlenialność, barwa, zawartość potasu i sodu. Poza tym typową jej cechą jest znaczna zawartość żelaza, średni zasób amoniaku, a bardzo mały pozostałych mineralnych form azotu oraz mała ilość fosforanów i chlorków. Woda stawu w porównaniu z wodą donośnika charakteryzowała się

Tabela II. Fizyko-chemiczne własności wody donośnika i stawów w gospodarstwie Krzyż (1963 r.)

Table II. Physico-chemical properties of supply and pond water at Krzyż fishery farm (1963)

|   | Donośnik<br>Supply           |              | Staw Nowy<br>Pond |         |        | Staw Klikowski Dolny<br>Pond |         |              |
|---|------------------------------|--------------|-------------------|---------|--------|------------------------------|---------|--------------|
|   | 22.V.                        | 17.IX.       | 22.V.             | 18.VII. | 17.IX. | 22.V.                        | 18.VII. | 17.IX.       |
| Temperatura<br>Temperature                          | 18.7                         | 18.5         | 19.5              | 26.2    | 20.0   | 18.2                         | 27.6    | 19.5         |
| Tlen rozpuszczony<br>Oxygen dissolved               | O <sub>2</sub> mg/l 3.60     | 13.44        | 10.56             | 5.76    | 9.6    | 9.92                         | 11.04   | 12.96        |
| Stopień nasycenia<br>Oxygen saturation              | O <sub>2</sub> % 102         | 142          | 114               | 70      | 105    | 104                          | 138     | 140          |
| CO <sub>2</sub> wolny<br>free                       | mg/l 7.0                     | 0.0          | 3.0               | 4.5     | 3.0    | 1.5                          | 0.0     | 2.0          |
| pH  | 7.7                          | 8.4          | 8.0               | 7.6     | 8.0    | 8.0                          | 8.4     | 8.0          |
| Alkaliczność<br>Alkalinity                          | me/l 3.2                     | 2.75         | 2.33              | 2.2     | 2.65   | 1.87                         | 2.1     | 2.3          |
| Twardość ogólna<br>Total hardness in German degrees | 12.1                         | 9.0          | 8.9               | 6.0     | 7.7    | 7.7                          | 6.0     | 7.1          |
| Wapń<br>Calcium                                     | Ca mg/l 40.0                 | 36.5         | 19.3              | 23.2    | 31.8   | 21.8                         | 26.1    | 31.5         |
| Magnez<br>Magnesium                                 | Mg mg/l 27.8                 | 16.7         | 26.9              | 12.2    | 13.9   | 20.2                         | 10.4    | 11.7         |
| Żelazo<br>Iron                                      | Fe mg/l 0.52                 | 0.35         | 0.28              | 0.84    | 0.90   | 0.12                         | 0.50    | 0.60         |
| Potas<br>Potassium                                  | K mg/l 23.14                 | 10.39        | 13.41             | 11.26   | 12.52  | 7.43                         | 7.34    | 8.43         |
| Sód<br>Sodium                                       | Na mg/l 21.20                | 13.2         | 17.8              | 17.6    | 17.0   | 12.0                         | 13.6    | 15.2         |
| Amoniak<br>Ammonia                                  | N-NH <sub>4</sub> mg/l 0.09  | 0.12         | 0.16              | 0.07    | 0.12   | 0.10                         | 0.08    | 0.08         |
| Azotyny<br>Nitrite                                  | N-NO <sub>2</sub> mg/l 0.016 | śl.<br>trace | 0.0               | 0.0     | 0.0    | 0.020                        | 0.0     | 0.0          |
| Azotany<br>Nitrate                                  | N-NO <sub>3</sub> mg/l 1.12  | 0.15         | 0.07              | 0.10    | 0.10   | 0.15                         | 0.10    | 0.13         |
| Fosforany<br>Phosphate                              | PO <sub>4</sub> mg/l 0.01    | 0.04         | śl.<br>trace      | 0.02    | 0.04   | 0.03                         | 0.02    | śl.<br>trace |
| Chlorki<br>Chloride                                 | Cl mg/l 29.0                 | 20.0         | 20.0              | 22.25   | 19.75  | 13.8                         | 16.0    | 15.75        |
| Barwa<br>Colour                                     | Pt mg/l 40                   | 35           | 50                | 70      | 70     | 25                           | 65      | 50           |
| Mętność<br>Turbidity                                | SiO <sub>2</sub> mg/l 49     | 5            | 16                | 26      | 91     | 16                           | 80.0    | 108          |
| Utlenialność<br>KNO <sub>3</sub> -cons.             | O <sub>2</sub> mg/l 8.36     | 8.2          | 13.68             | 15.52   | 18.56  | 7.08                         | 18.6    | 15.3         |

wyraźnie mniejszą ilością mineralnych składników a większą utlenialnością, mętnością i barwą. Największe różnice pomiędzy wodą donośnika i stawu wystąpiły w zawartości magnezu, wapnia, żelaza, potasu i sodu.

Z dwóch ostatnich obiektów stawowych położonych na luźnych piaskach, bogatszą wodę w zasadowe składniki mineralne posiadała więc woda kompleksu w Kłapkówce, w którym piaszczyste gleby zlewni oraz dna stawów zalegają na glinach zwałowych.

#### Krzyż

Stawy gospodarstwa Krzyż (pow. Tarnów) zalewane są wodą opadową z urządzeń melioracyjnych pól uprawnych i łąk. Dna i obszar ich zlewni pokrywają gleby wytworzone z dyluwialnych naglinowych piasków gli-

niastych lub zwałowej gliny lekkiej silnie spiaszczonej (Pasternak 1959).

Woda stawów w Krzyżu (tabela II) miała duże nasycenie tlenem, małe a nawet niekiedy zerowe ilości wolnego  $\text{CO}_2$  i mniej lub więcej alkaliczny odczyn. Charakteryzowała się na wiosnę dużą, a w późniejszym okresie nieco mniejszą twardością ogólną. Twardość ta w przeciwieństwie do innych wód stawowych (na wiosnę więcej niż w 50%) spowodowana była przez związki magnezu. Najwięcej magnezu stwierdzono w wodzie na wiosnę. Ilości wapnia w wodzie układały się w sezonie odwrotnie, najmniej było go w okresie wiosennym, a najwięcej jesienią. Mimo dużej rezerwy alkalicznej woda ta zawierała także dużo żelaza. Ilość jego systematycznie wzrastała od początku do końca sezonu. Szczególnie dużo posiadała woda potasu i sodu, przy czym więcej tych składników stwierdzono w wodzie stawu zalewanego bezpośrednio z donośnika (Staw Nowy), a mniej w stawie nawadnianym w dalszej kolejności (Staw Klikowski D.). W sezonie ilość potasu i sodu w wodzie nie wykazywała większych wahań. Poza tym omawiana woda cechowała się średnią ilością mineralnych związków azotu (wśród których zwykle przeważały azotany), małą zawartością fosforanów, dużą chlorków oraz w drugiej połowie sezonu znacznym zabarwieniem, mętnością i utlenialnością.

Woda donośnika, której wpływ na wodę stawów ogranicza się właściwie tylko do okresu wiosennego, miała w tymże terminie dużo wyższą niż woda w stawach twardość ogólną, nieco odmienny stosunek wapnia do magnezu, większą ilość wolnego  $\text{CO}_2$ , potasu, sodu, azotanów, a także żelaza. Posiadała natomiast mniejsze od wody stawów zabarwienie oraz mniej materii organicznej, o czym świadczy jej niższa utlenialność. W okresie jesiennym przy minimalnym przepływie, woda donośnika zawierała nawet nieco mniej mineralnych składników. Z tego można wnosić, że większa część elektrolitów wody jest wymywana z podłoża zlewni przez wody opadowe podczas ich wiosennych spływów powierzchniowych.

Duża zawartość magnezu, wapnia, potasu i sodu w wodzie donośnika tego obiektu wiąże się z gatunkiem i rodzajem (pochodzeniem) skały macierzystej gleb zlewni. Mało przemyte gliniaste piaski dyluwialne na glinie zwałowej wg geologicznych badań Koniora (1946) i analiz mikroskopowych autora (1959) mają w swym składzie mineralnym duże ilości węglanów wapnia oraz mineralów zawierających magnez, potas i sód.

Z różnicy pomiędzy twardością wody w stawach i w donośniku widać, że w wodach stawów tego gospodarstwa zachodzi duże biologiczne wytrącanie się wapnia. Szczególnie silnie zaznacza się ten proces w okresie wiosennym. W tym terminie wytrącało się z wody stawów również żelazo.

We wszystkich omówionych powyżej opadowych obiektach stawowych zaznacza się dodatnia korelacja pomiędzy ilością wapnia, potasu i magnezu w wodzie a ilością cząstek spławialnych ( $< 0,02$  mm) oraz składem mineralnym piaszczystych gleb zlewni i dna stawów.

## Kompleksy stawowe zasilane wodami rzek i potoków

### Brzeszcze

Obiekt stawowy w Brzeszczach (pow. Oświęcim) tylko w części składa się ze stawów o dnie piaszczystym. Grupa stawów piaszczystych posiada gleby wytworzone z mocno przemytych luźnych piasków akumulacji rzecznej.

Tabela III. Fizyko-chemiczne własności wody donośnika i stawu w gospodarstwie, Brzeszcze (1962 r.)

Table III. Physico-chemical properties of supply and pond water at Brzeszcze fishery farm (1962)

|  | Donośnik<br>Supply           |         |        | Staw Przebór<br>Pond |              |              |
|--|------------------------------|---------|--------|----------------------|--------------|--------------|
|  | 18.V.                        | 12.VII. | 15.IX. | 18.V.                | 12.VII.      | 15.IX.       |
| Temperatura °C<br>Temperature                          | 12.1                         | 16.9    | 15.2   | 12.3                 | 19.8         | 17.4         |
| Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub><br>Oxygen dissolved   | mg/l 10.3                    | 6.3     | 6.4    | 10.3                 | 6.0          | 6.4          |
| Stopień nasycenia O <sub>2</sub><br>Oxygen saturation  | % 95                         | 64      | 63     | 96                   | 65           | 66           |
| CO <sub>2</sub> wolny<br>CO <sub>2</sub> free          | mg/l 3.8                     | 5.0     | 5.5    | 3.5                  | 5.5          | 6.5          |
| pH   | 7.0                          | 7.1     | 7.2    | 7.2                  | 7.0          | 7.1          |
| Alkaliczność<br>Alkalinity                             | me/l 0.70                    | 1.3     | 1.52   | 0.72                 | 1.1          | 1.3          |
| Twardość ogólna °n<br>Total hardness in German degrees | 4.2                          | 5.6     | 6.8    | 3.7                  | 5.0          | 5.3          |
| Wapń<br>Calcium  | Ca mg/l 24.6                 | 29.3    | 32.0   | 21.2                 | 27.4         | 27.7         |
| Magnez<br>Magnesium                                    | Mg mg/l 3.1                  | 6.8     | 9.9    | 3.3                  | 5.0          | 6.2          |
| Żelazo<br>Iron   | Fe mg/l 0.16                 | 0.16    | 0.20   | 0.16                 | 0.26         | 0.36         |
| Potas<br>Potassium                                     | K mg/l 3.15                  | 3.98    | 5.35   | 1.58                 | 2.57         | 3.78         |
| Sód<br>Sodium  | Na mg/l 8.2                  | 12.0    | 14.0   | 5.9                  | 9.0          | 11.0         |
| Amoniak<br>Ammonia                                     | N-NH <sub>4</sub> mg/l 0.12  | 0.12    | 0.08   | 0.10                 | 0.24         | 0.09         |
| Azotyny<br>Nitrite                                     | N-NO <sub>2</sub> mg/l 0.006 | 0.022   | 0.002  | 0.0                  | śl.<br>trace | śl.<br>trace |
| Azotany<br>Nitrate                                     | N-NO <sub>3</sub> mg/l 0.65  | 0.20    | 0.25   | 0.10                 | 0.10         | 0.10         |
| Fosforany<br>Phosphate                                 | PO <sub>4</sub> mg/l 0.03    | 0.02    | 0.03   | 0.0                  | 0.0          | 0.0          |
| Chlorki<br>Chloride                                    | Cl mg/l 10.65                | 10.50   | 12.75  | 7.0                  | 9.0          | 11.0         |
| Barwa<br>Colour  | Pt mg/l 25                   | 35      | 35     | 20                   | 40           | 40           |
| Mętność<br>Turbidity                                   | SiO <sub>2</sub> mg/l 73     | 39      | 5      | 9                    | 26           | 38           |
| Utlenialność<br>KMnO <sub>4</sub> -cons.               | O <sub>2</sub> mg/l 8.5      | 8.6     | 6.8    | 6.1                  | 9.7          | 9.3          |

Wszystkie stawy nawadniane są wodą rzeki Soly, doprowadzaną kilku-kilometrowym donośnikiem. Dorzeczcie tej rzeki pokrywają głównie gleby gliniaste i pyłowe, wytworzone w zasadzie z ubogich w CaCO<sub>3</sub> skał

(Pasternak 1960). Piaski występują tylko na niedużym obszarze przylegającym bezpośrednio do stawów.

Woda donośnika (tabela III) wykazywała, z wyjątkiem terminu wiosennego, niezbyt wysokie natlenienie, przeciętną, wzrastającą ku jesieni, zawartość wolnego  $\text{CO}_2$  i obojętny odczyn. Na początku sezonu miała bardzo niską twardość ogólną i alkaliczność oraz przeciętny dla tego regionu stosunek wapnia do magnezu. W późniejszym okresie wzrastała jej twardość oraz zmienił się także stosunek wapnia do magnezu na korzyść tego ostatniego. W całym sezonie woda ta posiadała słabe zabarwienie, małą ilość żelaza, fosforanów, substancji organicznych, a średnią zawartość potasu, sodu, chlorków oraz mineralnych związków azotu. W sumie nieduża zawartość elektrolitów w tej wodzie wzrastała na ogół od wiosny do jesieni.

Skład chemiczny wody w stawie uległ bardzo wyraźnym zmianom. Woda stawu (tabela III) w porównaniu z wodą donośnika miała w całym sezonie hodowlanym mniejszą zawartość wapnia, magnezu, potasu, sodu, azotynów i azotanów, a zdecydowanie większą ilość żelaza. Oprócz żelaza, woda stawu zawierała nieznacznie więcej amoniaku i związków organicznych. Poza tym posiadała także nieco silniejsze zabarwienie. Ilość poszczególnych kationów podobnie jak w donośniku wzrastała z reguły od początku do końca sezonu.

Z powyższego wynika, że woda w stawie o dnie zbudowanym z ubożego, luźnego, aluwialnego piasku, nawet mało zasobna w mineralne składniki z niepiaszczystej karpackiej zlewni, wyraźnie zubożała w ciągu sezonu w stosunku do wody donośnika w zasadowe i troficzne składniki, a wzbogaciła się jedynie w żelazo. Warto przy tym zaznaczyć, że odczyn i zawartość wolnego  $\text{CO}_2$  w wodzie stawu były podobne jak w wodzie donośnika.

### Wola

Stawy w Woli leżą na równinnych terenach powiatu pszczyńskiego. Skałą macierzystą gleb ich dna są luźne lub gliniaste piaski akumulacji rzecznej, w niektórych stawach zatorfione.

Zalewane są wodą rzeki Pszczyńki, której zlewnia pokryta jest w części przez gleby pyłowe lessowate, a w części przez gleby piaszczyste wytworzone z utworów wodno-łodowcowych. W środkowym biegu rzeki z powodu małego jej spadku występują tereny zabagnione. Na obszarze zlewni dominują użytki rolne. Duży kompleks lasów, głównie iglastych, występuje jedynie w dolnym odcinku dorzecza, na którym położone są stawy.

Woda donośnika w całym okresie hodowlanym (tabela IV) miała niezbyt wysokie nasycenie tlenem i średnią, wzrastającą ku jesieni ilość wolnego  $\text{CO}_2$ . Posiadała słabo kwaśny odczyn na wiosnę, a obojętny w terminach późniejszych. Cechowała ją niska twardość ogólna i alka-



liczność oraz przeciętny stosunek wapnia do magnezu. W ciągu sezonu twardość ogólna wahała się minimalnie, natomiast alkaliczność bardzo niska na wiosnę zwiększyła się w okresie letnio-jesiennym więcej niż dwukrotnie. Przy podobnej ilości chlorków w całym sezonie można z tego

Tabela IV. Fizyko-chemiczne własności donośnika i stawu w gospodarstwie Wola (1962 r.)

Table IV. Physico-chemical properties of supply and pond water at Wola fishery farm (1962)

|  |                      | Donośnik<br>Supply |         |        | Staw nr 4<br>Pond no 4 |         |        |
|--|----------------------|--------------------|---------|--------|------------------------|---------|--------|
|  |                      | 18.V.              | 12.VII. | 15.IX. | 18.V.                  | 12.VII. | 15.IX. |
| Temperatura $^{\circ}\text{C}$<br>Temperature                          |                      | 11.9               | 18.2    | 12.0   | 14.5                   | 21.3    | 15.3   |
| Tlen rozpuszczony<br>Oxygen dissolved                                  | $\text{O}_2$ mg/l    | 7.7                | 6.1     | 7.4    | 9.2                    | 6.6     | 9.3    |
| Stopień nasycenia<br>Oxygen saturation                                 | $\text{O}_2$ %       | 71                 | 64      | 68     | 90                     | 74      | 92     |
| $\text{CO}_2$ wolny<br>$\text{CO}_2$ free                              | mg/l                 | 6.0                | 7.0     | 8.5    | 3.0                    | 6.0     | 12.0   |
| pH   |                      | 6.7                | 7.0     | 7.0    | 7.0                    | 7.1     | 6.8    |
| Alkaliczność<br>Alkalinity   | me/l                 | 0.60               | 1.60    | 1.54   | 0.62                   | 1.66    | 1.70   |
| Twardość ogólna $^{\circ}\text{d}$<br>Total hardness in German degrees |                      | 5.7                | 5.1     | 4.9    | 4.9                    | 5.6     | 5.2    |
| Wapń<br>Calcium  | Ca mg/l              | 31.73              | 27.16   | 25.87  | 26.73                  | 30.30   | 27.59  |
| Magnez<br>Magnesium  | Mg mg/l              | 5.59               | 5.72    | 5.29   | 4.77                   | 6.16    | 5.64   |
| Żelazo<br>Iron   | Fe mg/l              | 0.80               | 0.90    | 1.70   | 0.62                   | 1.45    | 1.10   |
| Potas<br>Potassium   | K mg/l               | 5.15               | 3.07    | 3.70   | 5.23                   | 4.77    | 4.44   |
| Sód<br>Sodium  | Na mg/l              | 10.7               | 13.7    | 13.8   | 9.30                   | 14.1    | 13.2   |
| Amoniak<br>Ammonia   | $\text{N-NH}_4$ mg/l | 0.16               | 0.14    | 0.35   | 0.20                   | 0.24    | 0.23   |
| Azotyty<br>Nitrite   | $\text{N-NO}_2$ mg/l | 0.017              | 0.052   | 0.050  | 0.025                  | 0.010   | 0.006  |
| Azotany<br>Nitrate   | $\text{I-NO}_3$ mg/l | 2.13               | 0.45    | 0.75   | 1.40                   | 0.10    | 0.10   |
| Fosforany<br>Phosphate   | $\text{PO}_4$ mg/l   | 0.08               | 0.16    | 0.25   | 0.05                   | 0.02    | 0.02   |
| Chlorki<br>Chloride  | Cl mg/l              | 19.10              | 16.75   | 18.00  | 15.60                  | 18.50   | 18.50  |
| Barwa<br>Colour  | Pt mg/l              | 50                 | 60      | 60     | 50                     | 105     | 90     |
| Mętność<br>Turbidity   | $\text{SiO}_2$ mg/l  | 53                 | 44      | 19     | 66                     | 39      | 29     |
| Płomienność<br>$\text{KMnO}_4$ -cons.                                  | $\text{O}_2$ mg/l    | 9.52               | 6.61    | 7.35   | 10.45                  | 13.23   | 11.86  |

wnosić, że w terminie wiosennym w wodzie tej przeważały siarczany nad węglanami. Ten okresowy wzrost siarczanów w wodzie wiąże się albo ze zwiększonym w tym czasie odpływem wód z leśnych zatorfionych terenów zlewni zasobnych w  $\text{SO}_4$  (Koter i inni 1963), albo z pewnymi komunalnymi zanieczyszczeniami wody rzeki Pszczyńki (Tabisz i inni 1965). Potas i sód występowały w wodzie w średnich ilościach, przy czym na wiosnę było dużo więcej potasu i mniej sodu, a w terminach późniejszych było odwrotnie. Zawartość żelaza była ogólnie biorąc duża i wzra-

stała sukcesywnie od wiosny do jesieni. Mineralne formy azotu układały się w sezonie różnie. Amoniak w wodzie tej znajdował się zwykle w średnich ilościach, natomiast zasób azotanów, a w szczególności azotynów był dość znaczny. Fosforanów było w wodzie na wiosnę mało, później zawartość ich wzrosła do średnich ilości (tabela IV). Zawartość chlorków w tej wodzie kształtowała się na nieco wyższym poziomie niż spotyka się to w wodach powierzchniowych regionu podkarpackiego. Większa od przeciętnych wartości była również barwa wody a także utlenialność, zwłaszcza w okresie wiosennym. Wzrost utlenialności i zakwaszenia wody na wiosnę wskazuje, że w tym czasie wymywanie ze zlewni kwaśnych związków humusowych było najintensywniejsze.

Fizyko-chemiczne właściwości wody w stawie w sezonie produkcyjnym nie różniły się zbyt od wody donośnika (tabela IV). Woda stawu, ogólnie biorąc, posiadała tylko lepsze natlenienie, nieco więcej potasu, znacznie większe zabarwienie, utlenialność i mętność, a mniejszą ilość fosforanów, azotanów i azotynów. Nie stwierdzono w wodzie stawu wyraźnych odmiennych od wody donośnika zawartości wapnia i magnezu, jak też zwykle występujących ubytków żelaza.

Przedstawione dane wykazują, że już przy częściowym pokryciu zlewni donośnika przez piaski woda jego przybiera odmienny charakter od przeciętnych wód karpaccich, a mianowicie między innymi zawiera duże ilości żelaza oraz podwyższone zabarwienie i utlenialność. Większa ilość chlorków lub okresowy wzrost fosforanów w wodzie donośnika tego obiektu wiąże się nie z charakterem podłoża zlewni, lecz z zanieczyszczeniami rzeki Pszczyнки.

#### **Zdżary i Ruda Różaniecka**

Kompleks stawów w Żdżarach (pow. Dębica) korzysta z wody potoku Chotowskiego. Podłoże zlewni tego potoku oraz dna stawów tworzą dość przemyte, luźne lub słabo gliniaste piaski fluwioglacjalne. W części dna stawów są zatorfione. Zdecydowaną większość obszaru zlewni zajmują użytki rolne. Lasy przeważnie sosnowe występują w licznych, lecz drobnych kompleksach.

Woda potoku Chotowskiego (tabela V) wykazywała średnią utlenialność, mętność, ilość rozpuszczonego tlenu i wolnego CO<sub>2</sub>. Posiadała przeciętne zabarwienie, słabo kwaśny lub słabo alkaliczny odczyn oraz niską twardość ogólną, na którą stosunkowo w małej części składają się sole magnezu. Zawierała małą ilość potasu, sodu, fosforanów, amoniaku, azotynów i chlorków. W większej ilości występowały w niej jedynie żelazo i azotany.

Woda stawu w Żdżarach (tabela V) w odróżnieniu od wody donośnika, miała mniejsze natlenienie, nieco wyższą twardość ogólną, barwę i utle-

nialność, większą ilość amoniaku oraz znacznie większą zawartość żelaza. Uboższa była natomiast w azotany i azotyny.

Stawy gospodarstwa Ruda Różaniecka, kompleks w Ostrówkach (powiat Lubaczów) leżą w wąskiej, podmokłej, śródleśnej dolinie i są zasilane w wodę z potoku Różaniec. Teren ich zlewni w przewadze pokry-

Tabela V. Fizyko-chemiczne własności wody donośników i stawów w gospodarstwach Żdzary i Ruda Różaniecka

Table V. Physico-chemical properties of supply and ponds water at Żdzary and Ruda Różaniecka fishery farms

| Gospodarstwo rybactwie<br>Fish farm                    | Żdzary (1965)                |        |                    |        | Ruda Różaniecka (1964) |                    |
|--|------------------------------|--------|--------------------|--------|------------------------|--------------------|
|  | Donośnik<br>Supply           |        | Staw nr<br>Pond no |        | Donośnik<br>Supply     | Staw nr<br>Pond no |
|  | 2.VII.                       | 30.IX. | 2.VII.             | 30.IX. | 13.VI.                 |                    |
| Temperatura °C<br>Temperature                          | 14.9                         | 14.7   | 18.2               | 18.0   | 18.0                   | 21.2               |
| Tlen rozpuszczony<br>Oxygen dissolved                  | O <sub>2</sub> mg/l 8.5      | 8.6    | 7.0                | 5.3    | 7.6                    | 4.6                |
| Stopień nasycenia<br>Oxygen saturation                 | O <sub>2</sub> % 83          | 84     | 74                 | 55     | 79                     | 51                 |
| CO <sub>2</sub> wolny<br>free                          | mg/l 7.5                     | 6.5    | 6.0                | 6.7    | 5.5                    | 21.0               |
| pH   | 6.8                          | 7.7    | 7.0                | 7.4    | 7.3                    | 6.7                |
| Alkaliczność<br>Alkalinity                             | me/l 1.1                     | 1.45   | 1.4                | 1.50   | 2.7                    | 2.5                |
| Twardość ogólna °d<br>Total hardness in German degrees | 4.5                          | 4.6    | 4.7                | 5.1    | 7.7                    | 7.1                |
| Wapń<br>Calcium  | Ca mg/l 26.1                 | 27.5   | 27.5               | 32.2   | 48.6                   | 44.3               |
| Magnez<br>Magnesium                                    | Mg mg/l 3.7                  | 3.3    | 3.7                | 2.6    | 3.9                    | 3.9                |
| Żelazo<br>Iron   | Fe mg/l 0.60                 | 0.88   | 1.00               | 0.80   | 0.72                   | 1.40               |
| Potas<br>Potassium                                     | K mg/l 1.33                  | 2.19   | 1.56               | 1.46   | 5.94                   | 1.79               |
| Sód<br>Sodium  | Na mg/l 9.40                 | 11.2   | 9.80               | 10.4   | 5.24                   | 3.88               |
| Amoniak<br>Ammonia                                     | N-NH <sub>4</sub> mg/l 0.12  | 0.14   | 0.18               | 0.26   | 0.14                   | 0.24               |
| Azotyny<br>Nitrite                                     | N-NO <sub>2</sub> mg/l 0.002 | 0.004  | 0.0                | 0.002  | 0.008                  | 0.056              |
| Azotany<br>Nitrate                                     | N-NO <sub>3</sub> mg/l 0.80  | 1.00   | 0.10               | 0.10   | 0.40                   | 0.05               |
| Fosforany<br>Phosphate                                 | PO <sub>4</sub> mg/l 0.02    | 0.04   | 0.01               | 0.06   | 0.05                   | 41.<br>Trace       |
| Chlorki<br>Chloride                                    | Cl mg/l 6.2                  | 6.8    | 6.0                | 6.5    | 10.2                   | 5.2                |
| Barwa<br>Colour  | Pt mg/l 30                   | 45     | 60                 | 55     | 40                     | 70                 |
| Mętność<br>Turbidity                                   | SiO <sub>2</sub> mg/l 26     | 31     | 32                 | 48     | 22                     | 36                 |
| Utlenialność<br>KMnO <sub>4</sub> -cons.               | O <sub>2</sub> mg/l 5.8      | 7.3    | 9.9                | 8.7    | 8.4                    | 13.2               |

wają lasy sosnowe. Gleby zlewni i dna tych stawów wytworzyły się z luźnych lub słabo gliniastych piasków naglinowych w większości pochodzenia wodno-lodowcowego. Powierzchniowa warstwa gleby stawów posiada dużo zmurszałej lub torfowej materii organicznej.

Wodę donośnika stawów w Ostrówkach (tabela V) charakteryzuje stosunkowo mały stopień nasycenia tlenem, przeciętna zawartość wolnego

CO<sub>2</sub>, obojętny odczyn, średnia twardość ogólna, średnie ilości mineralnych związków azotu, fosforanów oraz chlorków. O twardości ogólnej wody decydowały w głównej mierze sole wapnia, zawartość bowiem magnezu w wodzie, co zasługuje na podkreślenie, była bardzo mała. Woda ta była zasobna w żelazo i potas. Poza tym odznaczała się większą niż przeciętnie wody potoków utlenialnością i dużym zabarwieniem. Zjawisko to, jak już wspomniano powyżej, jest skutkiem obecności w wodzie znacznej ilości wyługowanych ze zlewni związków humusowych.

Skład chemiczny wody w stawie (tabela V) różnił się bardzo znacznie od składu wody donośnika. Woda stawu posiadała bowiem kilkakrotnie wyższą zawartość wolnego CO<sub>2</sub>, jeszcze mniejsze natlenienie i słabo kwaśny odczyn. Ponadto w wodzie stawu stwierdzono duży wzrost zabarwienia, utlenialności, zawartości żelaza, amoniaku i azotynów, a spadek ilości potasu, sodu, wapnia, azotanów, fosforanów oraz chlorków. Tak wyjątkowo niekorzystne stosunki gazowe w wodzie stawowej tego kompleksu wiążą się prawdopodobnie z występowaniem w piaszczystym dnie stawów dużej ilości słabo rozłożonej materii organicznej.

Z porównania jakości wód obu obiektów posiadających jednakowe gatunkowo podłoże zlewni i stawów wynika, że więcej mineralnych składników zasadowych występuje w wodach donośnika i stawów ostatniego obiektu, którego podłoże stanowią piaski podścielone glinami zwałowymi. Ponadto na przykładzie tych obiektów widać, że leśna zlewnia bardziej sprzyja wymywaniu żelaza z podłoża, niż zlewnia pokryta polami uprawnymi.

### Omówienie wyników

Wody donośników i stawów na terenach piaszczystych, ogólnie biorąc, odznaczają się pewnymi swoistymi fizyko-chemicznymi właściwościami. W odróżnieniu od wód stawów na innych podłożach, odznaczają się one przede wszystkim dużą ilością rozpuszczonego i koloidalnego żelaza oraz podwyższoną barwą i utlenialnością, które pośrednio świadczą, że tego rodzaju wody zawierają także dużo rozpuszczalnych związków humusowych. Ponieważ wśród tego rodzaju związków humusowych duży udział mają substancje o charakterze kwaśnym, badane wody, z wyjątkiem bogatych w wapń i magnez, są zazwyczaj bardziej zakwaszone. Takimi właściwościami odznaczają się wody donośników i stawów również wtedy, kiedy ich zlewnia pokryta jest tylko w części przez piaski (Wola, tabela IV). Natomiast w wypadku stawu o dnie piaszczystym, lecz zasilanym wodą rzeki o innym podłożu zlewni, woda w stawie w porównaniu z donośnikiem zawierała tylko nieco więcej żelaza (Brzeszcze, tabela III).

Fakt posiadania przez badane wody wymienionych powyżej właściwości znajduje także potwierdzenie w wynikach badań innych autorów

analizujących między innymi wody stawów piaszczystych (Stangerberg 1938, Stangerberg-Oporska 1961, Danielewski 1962, Wróbel 1963, 1965). W regionie podkarpackim, tam gdzie występują skały piaszczyste (według ustnej informacji prof. A. Gawła) znacznie więcej żelaza znaleziono również w wodach podziemnych.

Z powyższego widać, że migracja związków żelaza i humusu z piaszczystego podłoża do wody donośników i stawów jest intensywniejsza niż z innych gruntów zlewni (Pasternak 1962). Składa się na to w głównej mierze duża przesiąkliwość piaszczystego podłoża powodująca w nim wzmożone krążenie wód gruntowo-glebowych oraz zbyt mały mineralny kompleks ilasty zdolny do unieruchomienia kwasów humusowych poprzez tworzenie z nimi połączeń organo-ilastych. Powstałe w piaszczystym gruncie, ubogim w zasady (w strefie redukcyjnej), rozpuszczalne w wodzie kwasy humusowe (fulwowe, ulminowe), tworzą więc kompleksowe związki z dwuwartościowym żelazem i jako takie połączenia łatwo ulegają peptyzacji do stanu koloidalnego, stają się bardziej ruchliwe i przemieszczają się w dobrze przesiąkliwym gruncie nie tylko w kierunku pionowym, lecz także i w poziomym.

Zasób żelaza i związków humusowych w wodzie poszczególnych donośników i stawów kształtuje się różnie i nie zależy od ogólnej zawartości soli w wodzie. Znaczną ilość żelaza stwierdzono bowiem w wodach stawów o małej twardości jak również w stawach o wysokiej twardości wody i alkalicznym odczynie (Krzyż, tabela II). Poziom zawartości tych związków w wodzie wykazuje natomiast wyraźny przyczynowy związek z rodzajem szaty roślinnej zlewni, a także w pewnym stopniu z zasobem podłoża w minerały, w skład których wchodzi żelazo. Ponadto poziom zasobności wody w żelazo i związki humusowe, zwłaszcza w stawach opadowych, zależy również w pewnym stopniu od udziału, jaki mają w bilansie wodnym donośnika czy stawu bogatsze w te składniki wody gruntowo-glebowe. Szczególnie dużo żelaza stwierdzono bowiem w tych stawach opadowych, których podłoże jest bogate w minerały zawierające żelazo (Pasternak 1959), a przy tym duża masa wód gruntowych ma możliwość spływać bezpośrednio do stawów (Przyborów, tabela I). Na krótkiej drodze spływu tego rodzaju wód do stawu zredukowane żelazo nie zdąży się w znaczniejszej części utlenić i wytrącić w postaci żelu ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Co się tyczy zależności ilości żelaza i humusu w wodach od roślinności zlewni, to przy podobnych gatunkowo warunkach glebowych więcej tych substancji występuje w wodzie spływającej z leśnej zlewni niż pokrytej użytkami rolnymi (Ruda Różaniecka, Żdźary, tabela V). Lasy, zwłaszcza iglaste, dostarczają bowiem znacznie więcej kwaśnych związków humusowych, które poprzez zakwaszenie podłoża i tworzenie z żelazem ( $\text{Fe}^{2+}$ ) rozpuszczalnych związków, zwiększają jego wymywanie.

W sezonie produkcyjnym zawartość związków żelaza i humusu w badanych wodach przedstawiała się rozmaicie. W donośnikach a także w sta-

wach zalewanych wodą z rzeki, jak wskazuje barwa wody i utlenialność, więcej substancji humusowych występowało podczas wiosennego spływu wód (Wola, tabela IV). Natomiast w gospodarstwach opadowych najwięcej humusu posiadała woda w okresie letnio-jesiennym (większe zasilanie przez wody gruntowe). Analogicznie do wzrostu tego typu substancji organicznych w wodzie w poszczególnych okresach sezonu zwiększało się również zakwaszenie wody. Ilość żelaza a także wolnego CO<sub>2</sub> w wodzie wzrastała w wodach donośników i stawów w większości wypadków od początku do końca sezonu, przy czym w stawach typu opadowego najwięcej żelaza wystąpiło w okresie letnim podczas największego obniżenia poziomu wód w stawach na skutek ich infiltracji i parowania.

W stosunku do donośników zawartość żelaza w wodzie stawów układała się również różnie. Na ogół ubytki żelaza, mimo niekiedy wysokich zawartości tlenu w wodzie stawowej, są małe lub w ogóle nie występują. Wydaje się, że uwarunkowane to jest dużą ilością związków humusowych w wodzie stawowej, które w stawach przeciwnie do roli, jaką spełniają podczas wymywania żelaza z gleby zlewni, stanowią dla żelaza koloid ochronny przeciwdziałający wytrącaniu się go z wody.

Ogólna ilość związków mineralnych w wodach stawów piaszczystych może wahać się w bardzo szerokich granicach i jak widać to na przykładzie stawów opadowych (tabela I i II) jest tym większa im piaszczysta gleba zlewni i dna stawów posiada więcej części spławialnych (< 0,02 mm) oraz łatwo wietrzejących minerałów zawierających podstawowe kationy występujące w wodzie. Więcej tego rodzaju minerałów w porównaniu z piaskami aluwialnymi zawierają piaski pochodzenia dyluwialnego (Pasternak 1959). Suma mineralnych kationów (zwłaszcza zasadowych) w wodzie zależy poza tym również od tego, czy piaszczysta gleba posiada profil całkowity, czy też w skład jej profilu wchodzi inne gatunkowo warstwy skalne. Z reguły w wypadku podobnego składu mechanicznego gleby bogatsze w sole mineralne są wody stawów, których piaszczyste gleby zlewni podścielone są przez gliny zwałowe.

Podobną ilościową zależność od wyżej wymienionych właściwości podłoża wykazują także niektóre pojedyncze mineralne składniki wody. Do takich należą głównie wapń, potas i sód. Na skutek tego wody gospodarstw stawowych o zlewni piaszczystej w odróżnieniu od wód gospodarstw o innym gatunku podłoża (Wróbel 1965, Pasternak 1965) odznaczają się dużym zróżnicowaniem w zawartości potasu. W donośnikach zawartość ta wahała się w granicach 0,70—20,1 mg K/l, a w stawach 0,40—13,4 mg K/l. Wystąpienie tej wprost proporcjonalnej zależności ilości potasu w wodzie od jego zapasu w podłożu jest skutkiem małej zawartości w glebie piaszczystej mineralnych sorbentów potasu, które w innych glebach zlewni są zasadniczą przyczyną ograniczonego wymywania go z podłoża zlewni (Pasternak 1962). Stąd też część stawów (na piaskach luźnych całkowitych) wymaga nawożenia potasem, a część (piaski luźne

na glinach zwałowych, piaski gliniaste) tego nawożenia w zasadzie nie potrzebuje.

Pozostałe bardziej labilne troficzne składniki wody, jak mineralny azot i fosfor, a poza nimi także chlorki, nie wykazują żadnej określonej zależności od gatunku piaszczystego podłoża i występują w badanych wodach, z małymi wyjątkami (Krzyż), w niewielkich ilościach.

Wody stawów w porównaniu z wodami donośników mają z reguły mniejszą zawartość mineralnego azotu, fosforanów, potasu i sodu a często także wapnia i magnezu. Wielkość tych różnic i ich zmiany w sezonie uwarunkowane są w głównej mierze przez typ i stopień rozwoju roślinności wodnej. Większe ubytki tych składników w wodzie wystąpiły w stawach zalewanych pośrednio (tabela I i II). Biologiczne wytrącanie się wapnia z wody stawów zachodziło w zasadzie tylko w wypadkach wysokiej twardości wody zasilającej stawy (Krzyż, tabela II). Ponadto wody stawów w porównaniu z wodą donośników odznaczają się z zasady większą utlenialnością oraz, z małymi wyjątkami, intensywniejszym zabarwieniem.

Utlenialność wody w tego rodzaju stawach, jak wydaje się, nie może stanowić realnej podstawy do wnioskowania o stopniu eutrofizacji stawów, składają się na nią bowiem w większej części niż w innych stawach, związki humusowe, które jak wspomina o tym Stangenbergo-Poprowska (1961), nie wiadomo dokładnie, jaką spełniają rolę w stawie. Prawdopodobnie duża zawartość związków humusowych w wodzie stawów może wpływać ujemnie na produkcję ryb tylko w wypadku obecności dużej ilości żelaza i znacznego obniżenia się pH wody oraz spadku jej natlenienia. Dlatego też należy dążyć do tego, aby piaszczyste stawy były prawie corocznie w odpowiednich dawkach wapnowane.

W opadowych stawach piaszczystych nie stwierdzono, z wyjątkiem żelaza, wzrostu zawartości mineralnych składników w wodzie na skutek dużego obniżenia się jej poziomu w okresie letnim, spowodowanego wzmożoną infiltracją i parowaniem.

#### SUMMARY

The results of investigation on the formation of physico-chemical properties of waters of conduits and the ponds they supply on a sandy substratum are presented in the work. The investigated ponds differed as to the kind and species of the sandy bottom, the substratum of the drainage basin, and the origin of the water (rainfall waters and waters from rivers and streams).

The results of the analyses collected in Tables I—V indicate that waters of such ponds are characterised by certain specific properties. In the first place they differ as a rule from the waters of ponds situated on other substrata in a considerable quantity of dissolved and colloidal ferrum and a heightened colouring and oxygenation which are an indirect proof that waters of this kind contain a good deal of dissoluble humous compounds. As the majority of this kind of humous substances have an acid character, the investigated waters, with the exception of those that contain a great quantity of calcium and magnesium, are usually still

more acidified. Waters from the conduits and ponds possess the same features even when their drainage basin is only partly covered with sand (Table IV). However, when a pond with a sandy bottom is supplied with water from a river with a different substratum of its basin, the water of the pond, compared with that in the conduit contained only slightly more ferrum (Table III). This exceptionally large amount of ferrum compounds and of humus in the investigated waters is the result of a more intensive migration of ferrum from a sandy substratum this being chiefly caused, in the author's opinion, by its good permeability and a small mineral sorptive complex.

The level of the content of ferrum compounds and of humus in the water of conduit and of ponds is formed in a different manner and does not depend, as a rule, on the general mineralisation of water. It demonstrates, however, a distinct causal relation to the kind of vegetal cover (forests and agricultural lands) of the drainage basin and also, in a certain degree, to the content of minerals in the substratum, containing ferrum. The share of ground and soil waters in the water balance of the conduit or the pond is not without importance for the high content of ferrum and humus in the water, especially in the case of ponds supplied only with rainfall waters.

The general mineralisation of waters of ponds on sandy soils fluctuates within a very wide range and becomes greater, as can be noticed on the example of ponds supplied with rainfall waters, as the sandy soil of the drainage basin and of the bottom of the ponds possesses more silt and clay parts  $< 0.02$  mm as well as easily weathering minerals, the basic kations of which are present in the water. Moreover, the sum of mineral kations (especially the alkaline ones) in the water depends on whether the sandy soil has a complete profile or whether its profile is composed of different species of rocky strata. In the case of a similar mechanical composition the waters of ponds, whose sandy soils are lined with boulder loams, have a greater amount of salts.

A similar quantitative dependence on the above-mentioned properties of the substratum is also demonstrated by some particular components of water (Ca, K, Na). Therefore the waters of sandy ponds, in contrast with waters situated on other substrata, are characterised by a very great fluctuation in their potassium content and, owing to this, some sandy ponds require fertilisation by means of potassium while others do not.

The remaining trophic components of water, more labile, such as mineral nitrogen and phosphates, do not demonstrate any determined dependence on the kind of substratum and appear in small quantities with some exceptions (Table III and IV) in the investigated ponds.

The water in ponds, when compared with the waters of conduits, has as a rule a smaller content of mineral nitrogen, phosphates, potassium, and sodium, and often also of calcium and magnesium. A greater loss of these components was observed in ponds flood at a later date. The precipitation of calcium in the water of ponds only took place, as a rule, in cases of great hardness of the water flowing into them (Krzyż, Table II). Decreases in ferrum content in the water of ponds were small, with certain exceptions, or did not take place, even if the water was highly oxygenated. This is conditioned, in the author's opinion, by a greater content of humous compounds in the water of ponds, which form a protective colloid for ferrum. Moreover, the waters of ponds had as a rule, in comparison with the water of conduits, a greater content of general organic matter (KMnO<sub>4</sub>-cons.) and, in the majority of cases, a more intensive colouring.

The paper also discusses the variability of the chemical composition of the water of investigated ponds during the vegetative period and the more important processes influencing its formation.



## LITERATURA

- Christ W., Koeding J., 1954. Zur titrimetrischen Härtebestimmung mit dem Dinatriumsalt der Äthylendiamintetraessigsäure. *Wasserwirtsch.-Wassertechn.*, 4, 171.
- Danielewski S., 1962. Obserwacje nad składem chemicznym wody stawów w Zabieńcu. *Rocz. Nauk Roln.*, 81-B-2, 275—289.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne badanie wody do picia i potrzeb gospodarczych. Warszawa, Państw. Zakł. Wyd. Lek.
- Konior K., 1946. Geologia okolicy Tarnowa. *Rocz. UMCS, B*, 1, 3—61.
- Koter M. i inni, 1963. Zawartość siarki i węgla w niektórych frakcjach próchnicznych gleb torfowych. *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie*, 16, 2, 347—360.
- Musierowicz A., 1956. *Gleboznawstwo ogólne*. Warszawa, PWRiL.
- Pasternak K., 1959. Gleby gospodarstw stawowych dorzecza Górnej Wisły. *Acta Hydrobiol.*, 1, 3—4, 221—283.
- Pasternak K., 1960. Gleboznawcza i geologiczna charakterystyka dorzecza rzeki Soły. *Acta Hydrobiol.*, 2, 3—4, 159—174.
- Pasternak K., 1962. Geologiczna i gleboznawcza charakterystyka dorzecza Górnej Wisły. *Acta Hydrobiol.*, 4, 3—4, 277—299.
- Pasternak K., 1965. Gleby stawowe wytworzone z utworów pyłowych. *Acta Hydrobiol.*, 7, 1, 1—26.
- Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes, 1955. New York, APHA.
- Stangenberg M., 1938. Warunki produkcji w stawach. I. Skład chemiczny wody w stawach. *IBLP. Ser. A*, 34.
- Stangenberg-Oporowska K., 1961. Studia nad chemizmem wód stawów karpionych w Miliczu. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 9, 37—157.
- Tabisz J., Turoboyski L., Kudela W., 1965. Stan zanieczyszczenia wody rzeki Pszczyńki z Korzenicą. Opracowanie syntetyczne IGW, Stan zanieczyszczenia rzek w Polsce. Warszawa, Arkady, 37—39.
- Wróbel S., 1963. Skład chemiczny wody niektórych stawów województwa kieleckiego. *Acta Hydrobiol.*, 5, 2—3, 215—227.
- Wróbel S., 1965. Skład chemiczny wody stawów południowej Polski. *Acta Hydrobiol.*, 7, 4, 303—316.

Adres autora — Author's address

dr Kazimierz Pasternak

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