

**Anna Trawczyńska\*, Wojciech Tołoczko\*, Arkadiusz Niewiadomski\***

## **ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W WODACH GÓRNEJ BZURY**

### **THE CONTENT OF TRACE ELEMENTS IN WATER OF THE UPPER COURSE OF THE BZURA RIVER**

**Słowa kluczowe:** rzeka Bzura, jakość wody, metale ciężkie.

**Key words:** Bzura river, water quality, heavy metals.

*In 1996–2004 water of the Bzura river in the area of Zgierz were examined\inspected in three investigation points: 1 – on the unpolluted part of the river; 2 & 3 – under many sources of pollutions. The contents of Cu, Zn, Pb and Cd were measured. Since autumn 1996, between investigation point 1 and points 2 and 3, two chemico-biological wastewater treatment plants have been working. In spring and summer 1996 before running these plants the analysis of the water was made twice. The results of the series of the analyses showed a very high content of heavy metals in the 2nd and 3rd investigation points. The content of Cu was 131–140  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ , Zn 380–480  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ , Pb 19–33  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ , Cd 1.2–1.5  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ . In the 1st investigation point the concentration of the above-mentioned elements were much lower. Another analyses were made in 2000, 2001 and a remarkable improvement of the quality of water of the Bzura river was noticed. The concentration of Cu was 2.5–4.9  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ , Zn 40–70  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ , Pb 1.0–3.8  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ , Cd lower than 0,5  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^3$ . The analyses conducted in 2004 showed regrowth of the quantity of pollution in water of the Bzura river in the examined sector.*

#### **1. WPROWADZENIE**

Bzura – największa rzeka regionu łódzkiego – lewobrzeżny dopływ Wisły wypływa z zachodniego stoku Wzgórz Łagiwienickich na wysokości 254 m n.p.m. W górnym biegu rzekę cechuje stosunkowo duży spadek jak na rzekę niżej, bo wynoszący 7‰. Bzura spełniała nie-

---

\* *Dr Anna Trawczyńska, dr Wojciech Tołoczko, dr Arkadiusz Niewiadomski – Zakład Gleboznawstwa i Geoekologii, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; tel.: 42 665 59 37; e-mail: trawka7@tlen.pl; e-mail: glebozn@uni.lodz.pl*

gdyś ważną funkcję gospodarczą. Na badanym odcinku rzeki znajdowały się trzy młyny. Wylewy w okresie spływu wód wiosennych lub większych opadów użyźniały łąki terasy zalewowej.

Na początku lat pięćdziesiątych stwierdzono katastrofalny stan jakości wód rzeki. Intensywny rozwój przemysłu chemicznego w Zgierzu i Aleksandrowie Łódzkim, wylewiska ścieków dowożonych z całego regionu i brak oczyszczalni zamieniły górny odcinek rzeki w kanał ściekowy [Burchard 2002]. Analizy składu chemicznego wody przez wiele lat wykazywały brak składników biogenych i tlenu oraz przekroczenie dopuszczalnych stężeń wszystkich wskaźników czystości wód powierzchniowych. Jak podaje Wojewódzki Inspektorat Środowiska w Łodzi (WIOŚ), w Bzurze poniżej Zgierza udział wód naturalnych wynosił zaledwie ok. 6%. Pozostałą objętość przepływu stanowiły ścieki. Przed pogłębieniem i wyprostowaniem koryta – na początku lat sześćdziesiątych – rzeka wylewała, powodując olbrzymią degradację gleb doliny, która na wiele lat stała się nieużytkiem [Moraczewski 1962]. Jeszcze w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych Bzura bardziej przypominała cuchnący kolektor niż rzekę.

W ostatnich latach odnotowano radykalną poprawę jakości wód Bzury. Jest to niewątpliwie efekt konkretnych działań i inwestycji w zakresie gospodarki wodno-ściekowej górnej Bzury. W roku 1996 uruchomiono w Zgierzu i Aleksandrowie Łódzkim chemiczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków, zlikwidowano również wylewisko. Wyrażna poprawa jakości wód może być także rezultatem głębokiej recesji przemysłu [Burchard 2002].

Celem prezentowanych w niniejszym opracowaniu badań była ocena stanu jakości wód rzeki Bzury po uruchomieniu wspomnianych oczyszczalni. W badaniach uwzględniono wiele właściwości chemicznych, będących wskaźnikami czystości wód [Trawczyńska 2001]. Przedmiotem niniejszego opracowania jest analiza zawartości metali ciężkich, nieoznaczonej nigdy wcześniej na badanym odcinku rzeki.

## 2. METODYKA I MATERIAŁY

Badania prowadzono w latach 1996, 2000, 2001 i 2004, w różnych porach roku. Wyznaczone punkty poboru wód do analiz nawiązują do prowadzonych na tym obszarze badań wód gruntowo-glebowych i gleb terasy zalewowej. Kompleksowa ocena skutków degradacji środowiska glebowego terasy zalewowej zawierała między innymi także zawartości metali ciężkich w glebach i wodach glebowo-gruntowych [Trawczyńska, Tołoczko 2005]. Pierwszy punkt pomiarowy: Zgierz-Krzywie, zlokalizowano powyżej zrzutu ścieków, kilka kilometrów od źródła rzeki, traktując wyniki analiz w tym punkcie jako naturalne tło porównań. Drugi i trzeci punkt pomiarowy: odpowiednio Zgierz-Aniołów i Karolew, zlokalizowano na rzece silnie zanieczyszczonej.

W roku 1996 dwukrotnie wykonano analizę składu chemicznego wód rzeki, a następnie badania powtórzono w latach 2000, 2001 i 2004. Należy sądzić, że wyniki analiz z 1996 r. na stanowiskach Zgierz-Aniołów i Karolew ilustrują stan jakości wód Bzury jeszcze sprzed uruchomienia oczyszczalni.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest zawartość w wodzie rzecznej wybranych kationów, w tym metali ciężkich: miedzi, cynku, ołowiu i kadmu. Przedstawiono także zawartości potasu, sodu, magnezu i wapnia, traktując te oznaczenia jako uzupełnienie obrazu obciążenia rzeki ściekami.

Całkowitą zawartość kationów oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Wyniki oceniono, porównując je z normami dopuszczalnych stężeń (wskaźnikami czystości) dla wód powierzchniowych [Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2004]. W ocenie stopnia zanieczyszczenia wód Bzury poniżej Zgierza bardzo ważnym elementem było porównanie wyników analiz ze stanowiskiem kontrolnym – Zgierz-Krzywie. Niewielka liczba wyników nie wymagała opracowań statystycznych.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Badania z roku 1996 wykazały niepokojąco wysoką zawartość metali ciężkich w wodach rzeki, na stanowisku drugim – Zgierz-Aniołów (tab. 1). Szczególnie stężenia miedzi i cynku były bardzo wysokie, odpowiadające V klasie czystości. Także stężenia ołowiu i kadmu w tym punkcie pomiarowym należy uznać za bardzo niebezpieczne (III i IV klasa czystości). Zawartości pozostałych kationów – zwłaszcza wapnia i sodu – potwierdzały duże obciążenie rzeki ściekami. Kilkanaście kilometrów w dół rzeki, na stanowisku Karolew, nie stwierdzono jeszcze wyraźnej poprawy – w porównaniu z wynikami w punkcie kontrolnym rzeka była silnie zanieczyszczona.

**Tabela 1.** Zawartość wybranych kationów w wodach Bzury

**Table 1.** The content of some cations in Bzura water

Stanowisko	Data poboru prób	Rodzaj oznaczenia							
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Cu <sup>+2</sup>	Zn <sup>+2</sup>	Pb <sup>+2</sup>	Cd <sup>+2</sup>
		mg·dm <sup>-3</sup>				µg·dm <sup>-3</sup>			
1. Zgierz Krzywie	VI.1996	3,1	8,5	3,5	29,5	10,0	50,0	2,1	< 0,5
	X.1996	2,5	9,9	4,0	31,9	13,0	60,0	2,0	< 0,5
	XI.2000	3,3	12,7	6,4	76,0	< 1,0	10,0	< 1,0	< 0,5
	IV.2001	3,8	13,0	5,7	56,0	1,4	30,0	< 1,0	< 0,5
	X.2004	2,0	11,2	5,8	53,8	10,3	5,8	0,8	< 0,5
1. Zgierz Aniołów	VI.1996	41,2	285,1	51,8	200,1	140,0	480,0	33,0	1,5
	X.1996	31,2	222,5	49,5	207,6	131,0	380,0	19,0	1,2
	XI.2000	16,8	144,0	9,7	116,0	2,5	40,0	< 1,0	< 0,5
	IV.2001	8,5	59,0	7,9	72,5	2,6	60,0	3,0	< 0,5
	X.2004	17,6	135,9	8,4	73,4	134,3	124,4	6,3	0,9
3. Karolew	VI.1996	2,8	230,9	15,3	59,3	51,0	160,0	9,1	0,7
	X.1996	1,2	200,0	8,3	51,6	45,0	150,0	7,0	0,5
	XI.2000	10,2	80,0	9,9	69,0	2,6	50,0	3,8	< 0,5
	IV.2001	6,5	30,1	8,0	68,5	4,9	70,0	3,2	< 0,5
	X.2004	12,2	103,3	8,8	61,2	36,9	53,7	3,2	< 0,5

Analiza wyników badań z roku 2000 i 2001 wykazała bardzo wyraźne zmniejszenie zawartości w wodach Bzury wszystkich analizowanych pierwiastków. Najbardziej znaczące zmiany dotyczyły stężeń metali ciężkich. Uzyskane wyniki były zbliżone do ich zawartości w punkcie pomiarowym nr 1 – Zgierz Krzywie i odpowiadały normom I klasy czystości wód powierzchniowych.

W wynikach badań z 2004 r., stwierdzono pewne pogorszenie stanu wód, zwłaszcza jeżeli chodzi o zawartość miedzi w punkcie badawczym nr 2 – Zgierz Aniołów, która bardzo wyraźnie zwiększyła się, osiągając poziom z 1996 r. Odnotowano także nieznaczne zwiększenie stężeń kadmu, cynku i ołowiu. W punkcie pomiarowym nr 3 – Karolew tendencje do poprawy jakości wód zostały zachowane, za wyjątkiem miedzi i sodu.

Przyczyna tego niepokojącego zjawiska może tkwić w osadach dennych rzeki, w których, jak wykazało wiele badań, zanieczyszczenia – zwłaszcza metale ciężkie – ulegają silnej kumulacji [Kabata-Pendias, Pendias 1993]. W wyniku turbulencji łatwo przemieszczają się z najdrobniejszymi cząstkami osadów dennych do wody rzecznej. Nie można też wykluczyć innych źródeł zanieczyszczenia, np. nielegalnych zrzutów ścieków.

Zanieczyszczenie górnych odcinków rzek metalami ciężkimi, to w rezultacie zagrożenie dla znacznej części ich dorzeczy. Procesy fluwialne, erozja i transport rzeczny powodują przenoszenie zanieczyszczeń na dolne odcinki rzek i tam, przy małej prędkości przepływu i w czasie wezbrań, deponowanie na równinach zalewowych [Klimek, Macklim 1991].

Badania Klimka [1991] dowiodły, że zakłócenie równowagi w ekosystemie rzek przez silnie degradujące czynniki, jakimi niewątpliwie są nadmierne stężenia metali ciężkich, powodują zmiany utrzymujące się długo po wyeliminowaniu źródła czynnika degradującego. Wody i aluwia górnej Bzury są tego nader wymownym przykładem.

Zanieczyszczenie wód metalami ciężkimi jest niebezpieczne z tego względu, że w naturalnych procesach samooczyszczania zanieczyszczenia te nie ulegają likwidacji, a na skutek zachodzących reakcji, wchodząc w połączenia z organicznymi i nieorganicznymi związkami, mogą się kumulować w łańcuchu pokarmowym [Kabata-Pendias, Pendias 1993].

Dotychczas niewiele jeszcze wiadomo o faktycznym oddziaływaniu na środowisko wodne dużych koncentracji metali ciężkich. Niełatwe jest także ustalenie skutków ich podwyższonych stężeń, przede wszystkim dlatego, że szkodliwość metali ciężkich na ogół ujawnia się dopiero po dłuższym okresie oddziaływania. Stąd też niezmiernie trudnym zagadnieniem jest właściwe ustalenie dopuszczalnych norm dla metali ciężkich, szczególnie z uwzględnieniem ich wzajemnego synergistycznego oddziaływania, np. Cu i Cd, i zróżnicowanej toksyczności form jonowych i połączeń metalo-organicznych [Harbner, Norman 1974].

Naturalną zawartość miedzi w wodach rzecznych określa się na kilka do kilkanaście  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Nadmiar tego pierwiastka w wodzie jest bardzo szkodliwy dla biologicznej aktywności wody i procesów jej samooczyszczania [Kabata-Pendias, Pendias 1993]. Stopień toksyczności cynku w wodzie na ogół nie jest duży, zależy od formy jonowej i odczynu wody.

Jego zawartość w wodach podlega dużemu zróżnicowaniu, naturalne stężenie określa się na ok.  $10 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Toksyczność kadmu w podwyższonych ilościach jest bardzo duża ze względu na jego mobilność i łatwe przechodzenie do łańcucha żywnościowego. Naturalna zawartość ołowiu w wodach powierzchniowych jest mała, ponieważ większość związków tego metalu trudno rozpuszcza się w wodzie. Ze względu na powszechne zanieczyszczenie wód powierzchniowych ołowiem wartości stężeń naturalnych tego pierwiastka są trudne do ustalenia. Jak podaje Kabata-Pendias [1993] w rzekach zanieczyszczonych zawartość ołowiu może osiągać stężenie kilkudziesięciu  $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Wiele badań wskazuje, że najważniejszym wskaźnikiem zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami ciężkimi jest ich zawartość w osadach dennych. Stężenie większości z nich jest na ogół prostą funkcją odległości od miejsca zrzutu ścieków [Kabata-Pendias, Pendias 1993, Klimek, 1991].

#### 4. WNIOSKI

1. Wody Bzury poniżej Zgierza do niedawna zawierały niebezpieczne dla środowiska zawartości niektórych metali ciężkich – szczególnie miedzi.
2. Badania w latach 2000 i 2001 wykazały radykalną poprawę jakości wód; oznaczone ilości metali ciężkich odpowiadały I klasie czystości wód powierzchniowych.
3. Pogorszenie wyników analiz w 2004 r. wskazuje na konieczność stałego monitoringu czystości wód i osadów dennych górnej Bzury.

#### PIŚMIENNICTWO

- BURCHARD J. 2002. Ocena jakości wód powierzchniowych w Polsce w latach 1991–2000. Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce, t. II Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego: 120–135.
- HARBER K., NORMANN S. 1974. Metallsupren im Wasser, ihre Herkunft, Wirkung und Verbreitung. Jhrb. Vom Wasser 35: 62–65.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. Biochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KLIMEK K., MACKLIN M. 1991. Eksploatacja Śląsko-Krakowskich złóż cynku i ołowiu jako źródło metali ciężkich w aluwiach górnej Wisły. Krajowa Konferencja nt. Geologiczne aspekty ochrony środowiska. Wydawnictwo AGH, Kraków: 7–12.
- MORACZEWSKI R., BORKOWSKI D. 1962. Działanie ścieków przemysłowych na łąki w dolinie górnej Bzury. Ekologia Polska–seria A, tom X: 1–23.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych i sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód.** Dz.U. Nr. 32, poz. 284.

- TRAWCZYŃSKAA. 2001. Stan czystości wód Bzury w okolicach Zgierza. XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych. Łódź: 28–29.
- TRAWCZYŃSKAA., TOŁOCZKO W. 2005. Content Cu, Pb, Zn i Cd in soil and ground water of the soil of Bzura river waley. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna* 12 (1–2), 121–126.
- Komunikaty o stanie czystości wód zlewni rzeki Bzury w latach 1996–2007.** Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Łódź.