

## ZAWARTOŚĆ ŻELAZA I MANGANU ORAZ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH NA PRZYKŁADZIE WÓD ZE STUDNI GOSPODARCZYCH W GMINIE GORZYCE

Katarzyna Pawęska<sup>1</sup>, Beata Malczewska<sup>2</sup>, Aleksandra Bawiec<sup>1</sup>, Aleksandra Bauerek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zakład Infrastruktury i Techniki Sanitarnej, Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: aleksandra.bawiec@up.wroc.pl

<sup>2</sup> Zakład Inżynierii Wodnej i Hydrotransportu Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: beata.malczewska@up.wroc.pl

### STRESZCZENIE

Przedmiotem pracy była ocena jakości płytko zalegających wód gruntowych stanowiących źródło wody przeznaczonej do spożycia na terenach nieurbanizowanych. Badaniami objęto 8 studni znajdujących się w gminie Gorzyce. Wyniki badań przedstawiono w postaci średnich stężeń składników z okresu badawczego dla każdego obiektu. Wyniki badań potwierdzają fakt iż, słabo zabezpieczone studnie cechują się gorszą jakością wody. W większości z omawianych przypadków średnie stężenie analizowanych zanieczyszczeń (dotyczy to w szczególności żelaza i manganu) przekraczało graniczne wartości ustanowione dla wody do picia.

**Słowa kluczowe:** woda, studnie kopane, jakość wody, tereny wiejskie, ujęcie wody

### THE CONTENT OF IRON AND MANGANESE AND SOME HEAVY METALS IN WELLS ON THE EXAMPLE OF WATER FROM THE WELLS OF GORZYCE MUNICIPALITY

#### ABSTRACT

The subject of the study was to estimate the quality of shallow groundwater from wells which are the source of drinking water. The study included 8 wells located in the municipality of Gorzyce. The results are presented as medium concentrations of the analyzed components during one year of observation. The results confirm that poorly protected wells are characterized by poorer quality water. In most of the analyzed cases, the average concentration of pollution indexes (this applies particularly to iron and manganese concentration) exceed the limits established for drinking water.

**Keywords :** water, dug wells , water quality , rural areas, water intake

### WSTĘP

Wody podziemne często zawierają stężenia substancji mineralnych i organicznych przekraczające normę dla wód do picia i na potrzeby gospodarcze, dotyczy to w szczególności związków żelaza i magnezu. Metale ciężkie oraz żelazo i mangan są to pierwiastki naturalnie występujące w środowisku. Wzrost stężenia tych pierwiastków może być spowodowany czynnikami geologicznymi oraz antropogenicznymi [Siepak i inni 2007, Kabata-Pendias, 2001; Macioszczyk, Dobrzyński, 2002]. Usuwanie nadmiernych ilości żelaza

i manganu jest zwykle zrealizowane za pomocą napowietrzania oraz filtracji na filtrach ciśnieniowych w układzie zamkniętym. W indywidualnych systemach zaopatrywania ludności w wodę (studniach gospodarczych) zwłaszcza na terenach rolniczych, zaobserwowano przekroczenia normy dotyczących zawartości żelaza i manganu, niekiedy również azotu amonowego, substancji organicznych, siarkowodoru i siarczanów (VI) [Ecoprius 2016]. Rodzaj zanieczyszczenia odzwierciedla się w składzie chemicznym i biologicznym wód będących źródłem wody pitnej [Tymczyca i inni 2003]. Nad-

miar żelaza i manganu w wodzie może sprzyjać próchnicy zębów i schorzeniom układu krążenia [Marcinkowski 1997]. Pierwiastki te są również odpowiedzialne za smak i kolor wody. Inną przyczyną pojawienia się w wodzie substancji w stężeniach stanowiących potencjalne zagrożenie dla zdrowia jest obecność metali ciężkich, mających potencjalne działanie kancerogenne [Tomaszewski 2016]. Spożywanie zanieczyszczonej wody stanowi zagrożenie epidemiologiczne dla ludzi i zwierząt [Tymczyca i inni 2003]. Pomimo realnego zagrożenia studnie gospodarcze nie są objęte stałym nadzorem sanitarnym.

Celem przedstawionych badań jest określenie jakości wód podziemnych pod względem zawartości żelaza i manganu oraz wybranych metali ciężkich w wodach z ujęć gospodarskich w miejscowościach Gorzyczki i Gorzyce zlokalizowanych na terenie gminy Gorzyce.

## ZAKRES I METODY BADAŃ

Próbki wody z omawianych studni pobierane były w okresie od maja 2013 roku do kwietnia 2014, z częstotliwością jednego miesiąca. Próby pobierano do polietylenowych pojemników. Analizy składu fizykochemicznego wykonywane były natychmiast po pobraniu w Wydziałowym Laboratorium Wody i Ścieków Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Analizy fizyczno-chemiczne wód ze studni wykonywano według powszechnie stosowanych metod [RMZ 2015]. Zakres badań obejmował określanie stężenia żelaza i manganu oraz metali ciężkich takich jak: Cr, Zn, Cu, Cu, Cd, Pb. Uzyskane wyniki badań porównano z wartościami granicznymi wskaźników jakości wód określonymi w Rozporządzeniach Ministra Zdrowia z 2015 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

## Charakterystyka obiektów badań

Obiekty badawcze zlokalizowane były na terenach wiejskich gminy Gorzyce (wsie: Gorzyczki, Gorzyce) położonej w południowo-zachodniej części województwa śląskiego. Pomimo, że gmina Gorzyce jest w całości zwodociągowana, to na terenie gminy nadal istnieje szereg indywidualnych ujęć wód podziemnych. Przeprowadzona ankietyzacja mieszkańców wykazała, że wykorzystują oni wodę studzienną dla celów zaopatrzenia w wodę do picia, jak i do celów gospodarczych.

Według studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Gorzyce, budowa geologiczna obszaru badań jest zróżnicowana. Użytkowy charakter mają przede wszystkim wody czwartorzędowe. Piętro wodonośne czwartorzędu ma zróżnicowane warunki hydrogeologiczne oraz zmienną wodonośność, która zależy od miąższości i wykształcenia litologicznego osadów [Uchwała nr XXX/264/09].

## WYNIKI BADAŃ, Dyskusja

Głębokość analizowanych studni wynosiła do 10 m. Próby wód pobierano od maja 2013 r. do kwietnia IV 2014 r. Omawiane studnie były użytkowane w różnym stopniu. W tabeli 1 dla każdej ze studni przedstawiono położenie zwierciadła wody w trakcie pobierania prób. Najwyższy poziom wody zanotowano w studni 7, a najniższy w studni 1. Położenie zwierciadła wody wykazuje wahania sezonowe.

Badania wykazały znaczące wahania zawartości żelaza we wszystkich badanych studniach. Minimalna odnotowana wartość żelaza wynosiła  $0,0003 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a maksymalna  $1,94 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W siedmiu studniach gospodarczych odnotowano przekroczenia dopuszczalnej wartości żelaza w wodzie do picia ( $0,2 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), tylko w jednej studni w analizowanym okresie nie zareje-

**Tabela 1.** Głębokości położenia zwierciadła wody  
**Table 1.** The depth of the water table

Charakterystyka	1	2	3	4	5	6	7	8
Położenia zwierciadła wody [cm]								
Średnia	135,3	394,3	254,7	379,5	300	549,4	547,7	459,3
Min.	98	350	219	335	251	501	510	412
Max.	183	454	311	428	351	602	604	518
Odch. stand.	30,1	32,1	31,9	29,6	30,4	33,2	31,2	37,6

strowano przekroczenia normatywnej wartości (tab. 2). Najwyższe wartości żelaza zanotowano dla studni 5, 1 i 2.

Dopuszczalna zawartość manganu, określona dla wody do picia na poziomie  $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , została przekroczona w sześciu badanych studniach. Maksymalne stężenia tego wskaźnika wynosiło:  $2,87 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (dla studni 1) a minimalne stężenie wyniosło  $0,02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Przez cały okres badań w studni 1 utrzymywało się wysokie stężenie manganu (tab. 2).

Wody podziemne zawierają żelazo w bardzo szerokim przedziale. Żelazo uznawane jest jako pierwiastek o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia. W Polsce zaobserwowano zwiększone zawartości żelaza w utworach czwartorzędowych o zwiększonej zawartości substancji organicznej [Moryl i in. 2008].

Analizując wyniki badań dotyczące jakości chemicznej wód pod względem zawartości żelaza i manganu woda z analizowanych studni nie powinna być wykorzystywana do picia. Przekroczenia dopuszczalnego stężenia tych wskaźników w wodzie do picia zaobserwowano w prawie wszystkich studniach.

Spośród wielu metali, do grupy pierwiastków o bardzo wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia należy m.in. kadm, ołów, miedź, cynk i chrom [Kabata-Pendias, Pendias 1999, Moryl 2008].

Średnio roczna zawartości analizowanych metali w wodzie z ujęć gospodarczych charakteryzowały się stężeniami w następujących przedziałach: Cr od  $0,008571$  do  $0,0142 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , Zn od  $0,024873$  do  $2,702327 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , Cu od  $0,019433$  do  $0,031963 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , Cd od  $0,000892$  do  $0,00349 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , Pb od  $0,0009$  do  $0,0285 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (tab. 3). Analizując zmiany średniej rocznej zawartości wybranych metali w wodzie z ujęć gospodarczych zaobserwować moż-

na znaczące wahania. Zawartość kadmu i cynku w wodach zależna jest od czynników antropogenicznych, a w wodach podziemnych zwykle występuje w ilościach od  $0,001$  do  $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  [Moryl i in. 2008]. W przypadku kadmu i ołowiu zarejestrowano przekroczenia dopuszczalnych wartości (tab. 3). Ołów jest pierwiastkiem toksycznym posiadającym właściwości kumulowania się w organizmie ludzkim. W przypadku ołowiu wykonano tylko dwa powtórzenia w ciągu całego okresu badawczego, a otrzymane wyniki mogą świadczyć o błędzie pomiarowym urządzenia. Ołów może dostać się do wód ze ściekami przemysłowymi, z niektórych powłok antykorozyjnych stosowanych do zabezpieczenia zbiorników na wodę, z rur wodociągowych wykonanych z ołowiu. Zawartość ołowiu w wodzie do spożycia nie powinna przekraczać  $0,010 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość zanotowana dla studni 8 całkowicie dyskwalifikuje wodę z tej studni. Jeśli zostanie stwierdzone (regularne) przekroczenie obowiązującej wartości dopuszczalnej ołowiu studnia to powinna zostać zamknięta.

Wstępna analiza hydrochemiczna, przeprowadzona na podstawie zawartości metali w powiązaniu z innymi omawianymi parametrami fizykochemicznymi w większości analizowanych przypadków nie wykazuje istotnych statystycznie zależności. Jednakże zaobserwowano silną korelację analizowanych pierwiastków wraz z głębokością. Przykładowe zależności pokazano na rysunkach 1 oraz 2.

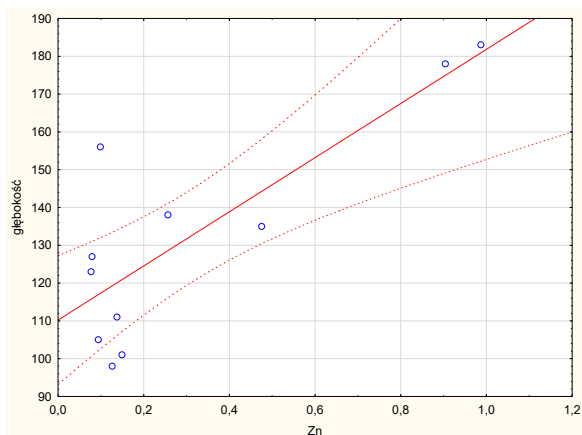
Brak pełnej informacji na temat danych wiertniczych a w szczególności profilu geologicznego uniemożliwia poprawną interpretację otrzymanych zależności. Budowa geologiczna i płytkie utrzymywanie się wód gruntowych powoduje, iż studnie gospodarcze są podatne na zanieczyszczenia chemiczne i bakteriologiczne. Zawartość substancji rozpuszczonych w studniach gospodar-

**Tabela 2.** Tabelaryczne zestawienie zmian żelaza i manganu w obserwowanych studniach  
**Table 2.** Summary of the changes of iron and manganese in the observed wells

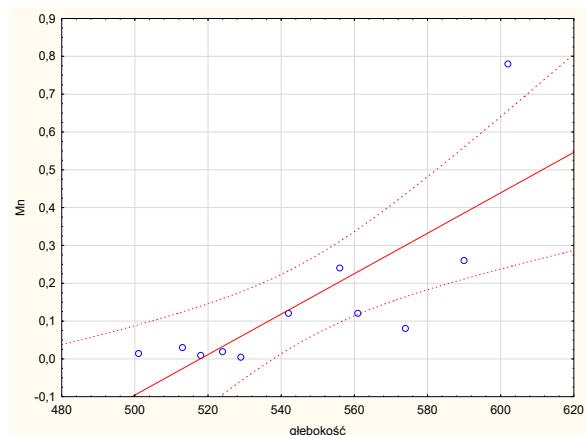
Studnia	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fe, <math>\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}</math></b>								
średnia	0,20	0,46	0,55	0,71	1,34	1,06	1,20	1,56
min	0,04	0,05	0,03	0,006	0,012	0,0003	0,010	0,046
max	0,35	0,39	0,12	0,11	1,94	0,15	0,09	0,56
odch. stand	0,11	0,76	1,20	1,61	1,93	2,42	2,84	3,16
<b>Mn, <math>\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}</math></b>								
średnia	1,68	0,42	0,22	0,02	0,20	0,15	0,05	0,10
min	0,3161	0,015	0,02	0,002	0,004	0,0043	0,005	0,012
max	2,87	0,68	0,41	0,06	1,93	0,78	0,11	0,17
odch. stand	0,84	0,25	0,10	0,02	0,58	0,23	0,03	0,05

**Tabela 3.** Tabelaaryczne zestawienie zmian analizowanych metali ciężkich w obserwowanych studniach  
**Table 3.** Summary of the changes of pollution index in the observed wells

Studnia	1	2	3	4	5	6	7	8
Cr								
Najwyższe dopuszczalne stężenie, 0,050 mg · dm <sup>-3</sup>								
średnia	0,008571	0,009167	0,0105	0,01375	0,0142	0,010433	0,0096	0,01356
min	0,0005	0,0006	0,0015	0,0029	0,0011	0,0015	0,0001	0,0036
max	0,0184	0,0187	0,021	0,0199	0,032	0,0194	0,0199	0,0194
odch. Stand	0,008022	0,007744	0,007946	0,007924	0,011723	0,007475	0,008787	0,006524
Zn								
Najwyższe dopuszczalne stężenie 3.0 mg · dm <sup>-3</sup>								
średnia	0,307991	0,329755	1,952418	0,579282	2,702327	0,352391	0,443118	0,024873
min	0,0773	0,1091	0,0719	0,126	0,9883	0,1709	0,1677	0,0042
max	0,9875	1,5229	4,3616	3,7948	5,4085	0,9746	1,0171	0,0645
odch. Stand	0,336108	0,439258	1,248124	1,069957	1,276575	0,228761	0,260617	0,01805
Cu								
Najwyższe dopuszczalne stężenie 0,002 mg · dm <sup>-3</sup>								
średnia	0,0306	0,02606	0,029425	0,026783	0,031963	0,0258	0,028967	0,019433
min	0,0061	0,0074	0,0044	0,0156	0,0074	0,0075	0,0003	0,0004
max	0,9875	1,5229	4,3616	3,7948	5,4085	0,9746	1,0171	0,0645
odch. Stand	0,017203	0,018	0,018041	0,007086	0,025002	0,010704	0,027319	0,017285
Cd								
Najwyższe dopuszczalne stężenie 0,005 mg · dm <sup>-3</sup>								
średnia	0,000892	0,00226	0,00349	0,00204	0,002	0,002367	0,0021	0,0017
min	0,0016	0,0005	0,0014	0,0001	0,0004	0,001	0,0002	0,0005
max	0,0044	0,0054	0,0085	0,0047	0,0045	0,0047	0,0043	0,0033
odch. Stand	0,001204	0,001974	0,002198	0,001699	0,001513	0,001433	0,002066	0,001442
Pb								
Najwyższe dopuszczalne stężenie 0,010 mg · dm <sup>-3</sup>								
średnia	-	0,00775	0,0083	0,0009	0,01345	0,01955	0,00745	0,0285
min	-	0,0021	0,0083	0,0009	0,0039	0,0035	0,0009	0,0285
max	-	0,0134	0,0083	0,0009	0,023	0,0356	0,014	0,0285



**Rys. 1.** Zależność stężenia cynku od głębokości dla studni 1 (silna korelacja 0,81)  
**Fig. 1.** The dependence of the concentration of zinc and depth of well no. 1 (strong correlation 0.81)



**Rys. 2.** Zależność stężenia manganu do głębokości dla studni 6 (silna korelacja 0,77)  
**Fig. 2.** The dependence of the concentration of manganese and depth of well no. 1 (strong correlation 0.77)

czych, może być związana ze składem chemicznych gleby, ale również z czynnikami antropogenicznymi [Pawęska i in. 2015]. Nieodpowiednie zabezpieczenie studni, sąsiedztwo szamba, czy też nawożenie sprzyjają zanieczyszczeniom bakteriologicznym i chemicznym. Wielu autorów zwraca szczególną uwagę na zwiększone stężenia form azotu oraz fosforu w wodach z ujęć indywidualnych [Pawęska i in. 2015, Józwiakowski i in. 2014]. W przypadku analizowanych studni zaobserwowano przekroczenia granicznych wielkości w odniesieniu do stężeń manganu i żelaza jak również kadmu i cynku. Pierwiastków powszechnie występujących w przyrodzie. Woda ujmowana ze studni gospodarczych zwykle nie jest poddawana dodatkowemu uzdatnianiu, co stanowi potencjalne zagrożenie dla zdrowia mieszkańców korzystających z wód ujmowanych z omawianych studni.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone pomiary wykazały, że wody ze studni gospodarczych w miejscowościach Gorzyczki i Gorzyce charakteryzują się ponadnormatywnymi stężeniami żelaza i magnezu oraz kadmu i cynku. Z punktu widzenia bezpieczeństwa zdrowotnego mieszkańców konieczne jest podjęcie działań w kierunku stałego nadzoru sanitarnego nad jakością wody w analizowanych miejscowościach. Żelazo i mangan w szczególności metale ciężkie w stężeniach normalnie występujących w wodzie, mogą powodować ujemne skutki dla zdrowia przy długotrwałym używaniu takiej wody.

## LITERATURA

1. Czaplicka-Kotas A., Ślusarczyk Z., Zagajska J., Szostak A. 2010. Analiza zmian zawartości jonów wybranych metali ciężkich w wodzie Jeziora Goczałkowickiego w latach 1994–2007. *Ochrona Środowiska*, 32, 4, 51–56.
2. Józwiakowski K., Steszuk A., Pieńko A., Marzec M., Pytka S., Gizińska M., Sosnowska B., Ozoniek J. 2014. Ocena wpływu przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym na jakość wód podziemnych w studniach kopanych i głębinowych. *Inżynieria Ekologiczna*, 39, 74–84.
3. Marcinkowski J.T. 1997. *Podstawy higieny*. Wydawnictwo „Volumed”, Wrocław 1997.
4. Tomaszewski W., Wichrowska B., Mulik B., Stankiewicz A. 2016. Woda a zdrowie. <http://www.pis.gov.pl/> (2016–05–12).
5. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002. *Hydrogeochemia, Strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*. Wydawnictwo PWN, Warszawa.
6. Moryl A., Kucharczak E., Kiwacz T., Suszek K. 2008. Ocena jakości wód podziemnych w rejonie elektrowni i kopalni „Turów” na podstawie badań zawartości metali. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 7, 201–212.
7. Kabata-Pendias A., 2001. *Trace Elements in Soil and Plants*. CRC Press LLC, Washington D.C.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
9. Pawęska K., Bawiec A., Włodek S., Maras R. 2015. Zmiany składu fizykochemicznego w wodach ujęciowych na terenach wiejskich powiatu kluczborskiego. *Inżynieria Ekologiczna*, 44, 210–216. DOI: 10.12912/23920629/60048.
10. Tymczyńska L., Gołuszka J., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A., 2003. Jakość wody pitnej i wykorzystywanej na potrzeby gospodarcze w rejonie zagrożeń powodziowych. *Acta Agrophysica* 1(1), 191–196.
11. Siepak M., Frankowski M., Ziola A., Przybyłek J., 2007. Metale ciężkie oraz żelazo i mangan w wodach podziemnych piętra neogeńskiego miasta Poznania. *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, tom XIII, część 3, <http://www.wph2007.agh.edu.pl/ref/referat3-879.pdf>
12. Błażejowski M., Schiller T. 2005. Ocena skuteczności usuwania metali ciężkich z wody na ujęciu infiltracyjnym „Dębina” w Poznaniu. *Ochrona Środowiska*, 27(4), 53–56.
13. Satora S., Kaczor G. 2005. Przestrzenna i czasowa zmienność stężeń jonów żelaza i manganu w wodach triasowych ujęć na terenie mezozoicznego obrzeżenia gór świętokrzyskich, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 1, 107–120.
14. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
15. Uchwała nr XXX/264/09, BIP Urząd Gminy w Gorzycach, Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Gorzyce.



Pracę dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.