

*Natalia Żurek, Wojciech Szwerc<sup>1)</sup>, Maciej Bilek, Ryszard Kocjan<sup>1)</sup>*

## ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W WODACH STUDZIENNYCH Z TERENU ROLNICZEGO

Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej,  
Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego  
Kierownik: prof. dr hab. inż. S. Sosnowski

<sup>1)</sup> Katedra Chemii, Zakład Chemii Analitycznej,  
Wydziału Farmaceutycznego z Oddziałem Analityki Medycznej  
Uniwersytetu Medycznego w Lublinie  
Kierownik: prof. dr hab. R. Kocjan

*W pracy, za pomocą techniki elektrotermicznej atomowej spektrometrii absorpcyjnej oszacowano stężenie metali ciężkich w próbkach wody studziennej, które pobrano z pięćdziesięciu studni kopanych i wierconych z terenu gminy Chmielnik. Przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń dotyczyły czterech analizowanych wód studziennych, w których wartości ponadnormatywne stwierdzono dla trzech pierwiastków: kadmu, niklu i chromu.*

Słowa kluczowe: wody studzienne, metale ciężkie, bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów.

Key words: well water, heavy metals, consumers, health safety.

Opublikowane w ostatnim czasie badania, weryfikujące jakość wody pitnej z tzw. prywatnych ujęć, w tym szczególnie narażonych na zanieczyszczenia antropogeniczne studni kopanych i wierconych, jednoznacznie wskazują na konieczność zapewnienia jej regularnej i kompleksowej oceny, przewidzianej w rozporządzeniu ministra zdrowia dla wody ze zbiorowego systemu zaopatrzenia (1, 2). W pracach tych w szczególności zwrócono uwagę na stężenie związków o szeroko znanym, szkodliwym wpływie na organizm człowieka, takich jak azotany (III) i azotany (V), a także oznaczono podstawowe wskaźniki fizyczne, w tym głównie mętność, odczyn i przewodność elektrolityczną, wielokrotnie odnotowując wartości ponadnormatywne (3, 4, 5, 6, 7). Bezpieczeństwo zdrowotne wody pochodzącej z indywidualnych przydomowych ujęć, z powodu braku odpowiednich uregulowań prawnych, wzbudza zatem wiele zastrzeżeń. Należy jednak zauważyć, że w dotychczas przeprowadzonych analizach nie określono stężenia metali ciężkich, wyjątkowo zagrażających zdrowiu człowieka, a normowanych w obowiązującym prawodawstwie dotyczącym wody. Substancje te mogą dostawać się do wód studziennych wraz ze ściekami przemysłowymi, wodą opadową, środkami ochrony roślin, bądź wodami powierzchniowymi, zanieczyszczonymi gazami spalinowymi. Toksyczność metali ciężkich wynika przede wszystkim z ich zdolności do kumulacji w organizmie człowieka oraz z potencjalnego działania mutagennego, teratogennego i kancerogennego (8, 9).

Celem pracy była ocena zawartości metali ciężkich w wodach pitnych, pobranych z pięćdziesięciu studni kopanych i wierconych z terenu gminy Chmielnik (województwo podkarpackie) oraz odniesienie uzyskanych wyników do norm zawartych w rozporządzeniu ministra zdrowia „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia” z dnia 13 listopada 2015 r. (1).

## MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiła woda studzienna pobrana z tzw. prywatnych ujęć, zlokalizowanych na terenie czterech miejscowości: Chmielnik – 23 studnie, Borówki – 10 studni, Zabratówka – 9 studni i Błędowa Tyczyńska – 8 studni. Gmina Chmielnik w porównaniu do innych gmin województwa podkarpackiego, wykazuje jeden z najniższych odsetków ludności pozyskujących wodę z instalacji wodociągowej. W 2014 r. wartość ta wyniosła 20,4%, przy średniej dla całego województwa równej 78,1%, zatem zaledwie co piąty mieszkaniec gminy Chmielnik pozyskuje wodę ze zbiorowego systemu zaopatrzenia (10). Charakterystykę studni przedstawiono w tab. I.

Tab e l a I. Charakterystyka punktów poboru wód studziennych

Tab l e I. Characteristics of well water collection sites

Miejscowość	Kod próbki	Rodzaj badanej studni	Wykorzystanie	Otoczenie studni
Chmielnik	1	kopana	woda pitna	droga gminna, ogródek przydomowy
	2	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	droga gminna, pole uprawne
	3	kopana	woda pitna	stodoła, kompleks leśny
	4	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	stodoła, droga dojazdowa
	5	kopana	woda pitna, spożywana sezonowo	droga dojazdowa, ogródek przydomowy
	6	kopana	woda pitna	droga dojazdowa
	7	kopana	cele gospodarcze, nawadnianie roślin	budynek mieszkalny
	8	kopana	woda pitna	droga dojazdowa, stodoła
	9	kopana	woda pitna	droga dojazdowa
	10	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	obornik, stodoła
	11	wiercona	woda pitna	budynek mieszkalny
	12	kopana	woda pitna	pole uprawne
	13	kopana	woda pitna	droga gminna, ogródek przydomowy
	14	kopana	woda pitna	pole uprawne, teren w trakcie zabudowy

Miejscowość	Kod próbki	Rodzaj badanej studni	Wykorzystanie	Otoczenie studni
<i>(cd. Chmielnik)</i>	15	kopana	woda pitna, spożywana sezonowo	teren w trakcie zabudowy
	16	wiercona	woda pitna	droga, pole uprawne
	17	kopana	woda pitna	pole uprawne, kompleks leśny
	18	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	droga gminna, stodoła
	19	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	stodoła
	20	kopana	woda pitna, spożywana sezonowo	pole uprawne
	21	kopana	woda pitna	kompleks leśny, rzeka
	22	wiercona	woda pitna	budynek mieszkalny, pole uprawne
	23	kopana	woda pitna	pole uprawne
Borówki	24	kopana	woda pitna	droga dojazdowa
	25	kopana	woda pitna	stodoła, budynek mieszkalny
	26	kopana	woda pitna, spożywana sezonowo	ogródek przydomowy
	27	kopana	woda pitna	stodoła, pole uprawne
	28	kopana	woda pitna	droga gminna
	29	kopana	woda pitna	stodoła, obornik
	30	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	droga gminna, sad
	31	kopana	woda pitna	budynek mieszkalny
	32	kopana	woda pitna	kompleks leśny
	33	kopana	woda pitna	stodoła, obornik
Błędowa Tyczyńska	34	kopana	woda pitna	cmentarz, pole uprawne
	35	kopana	woda pitna	ogródek przydomowy
	36	kopana	woda pitna, spożywana sezonowo	teren w trakcie zabudowy
	37	kopana	woda pitna, cele gospodarcze	stodoła, budynek mieszkalny
	38	kopana	woda pitna	kompleks leśny
	39	kopana	woda pitna	kompleks leśny
	40	kopana	cele gospodarcze	pole uprawne, kompleks leśny
	41	kopana	woda pitna	stodoła, pole uprawne
Zabratówka	42	kopana	woda pitna	pole uprawne
	43	kopana	woda pitna	droga dojazdowa, ogródek
	44	kopana	woda pitna	ogródek przydomowy
	45	kopana	woda pitna	budynek mieszkalny
	46	kopana	woda pitna	droga gminna, budynek mieszkalny
	47	kopana	woda pitna	budynek mieszkalny

Miejscowość	Kod próbki	Rodzaj badanej studni	Wykorzystanie	Otoczenie studni
(cd. Zabratówka)	48	kopana	woda pitna	obornik, stodoła
	49	kopana	cele gospodarcze, nawadnianie roślin	pole uprawne
	50	kopana	woda pitna	droga dojazdowa, ogródek

Zawartość metali ciężkich w próbkach wód studziennych oceniono za pomocą techniki elektrotermicznej atomowej spektrometrii absorpcyjnej. Przygotowano roztwory wzorcowe o stężeniach: 50 ppb dla ołowiu, 2 ppb dla kadmu, 60 ppb dla niklu oraz 20 ppb dla chromu. Szczegółowa procedura przygotowywania roztworów opisana została we wcześniej ogłoszonej publikacji (11). Temperatura pirolizy była optymalizowana w zakresie: 800–1100 °C dla ołowiu, 900–1200 °C dla niklu, 1000–1400 °C dla chromu oraz 500–900 °C dla kadmu, natomiast temp. atomizacji w granicach: 1800–2200 °C w przypadku ołowiu, 2100–2500 °C dla niklu oraz chromu, 1500–1800 °C dla kadmu. Optymalne temperatury pirolizy i atomizacji zestawiono w tab. II.

Oznaczenie ilościowe pierwiastków wykonano techniką elektrotermiczną atomowej spektrometrii absorpcyjnej z użyciem aparatu ContraAA 700 z ciągłym źródłem promieniowania (Analytik Jena AG, Niemcy). Zastosowano kuwetę grafitową z platformą L'vova. Objętość dozowania wynosiła za każdym razem 25 mm<sup>3</sup> roztworu oraz 5 mm<sup>3</sup> modyfikatora matrycy (jeśli konieczny) na platformę kuwety grafitowej. Jako modyfikatora matrycy użyto Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Parametry walidacyjne dla metody GF-AAS przedstawiono w tab. II.

Tab e l a II. Parametry walidacyjne dla metody GF-AAS

Tab l e II. Validation parameters for GF-AAS method

Pierwiastek	Długość fali (nm)	Temperatura suszenia (°C)	Temperatura pirolizy po optymalizacji (°C)	Temperatura atomizacji po optymalizacji (°C)	Zakres krzywej kalibracyjnej (µg/dm <sup>3</sup> )	Wsp. Liniiowości (R)	Precyzja (%RSD)
Pb	217.00	110	950	2050	0–50	0.9997	0.2–0.9
Ni	232.00	110	1050	2300	0–60	0.9999	0.8–1.2
Cr	357.87	110	1150	2300	0–20	0.9995	0.5–1.7
Cd	228.80	110	750	1700	0–2	0.9999	0.5–1.3

Otrzymane wyniki zostały poddane analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica w wersji 10. Wykonano test U Manna-Whitneya dla dwóch grup niezależnych oraz test *post-hoc* dla wielu grup niezależnych, zachowując poziom istotności  $p < 0,05$ .

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki oznaczenia zawartości czterech metali ciężkich (ołów, kadm, nikiel, chrom) w próbkach wody studziennej, pobranych z czterdziestu siedmiu studni kopanych i trzech studni wierconych z terenu gminy Chmielnik, zestawiono na ryc. 1–4, oznaczając równocześnie najwyższe dopuszczalne stężenia, normowane przez rozporządzenie ministra zdrowia „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia”.

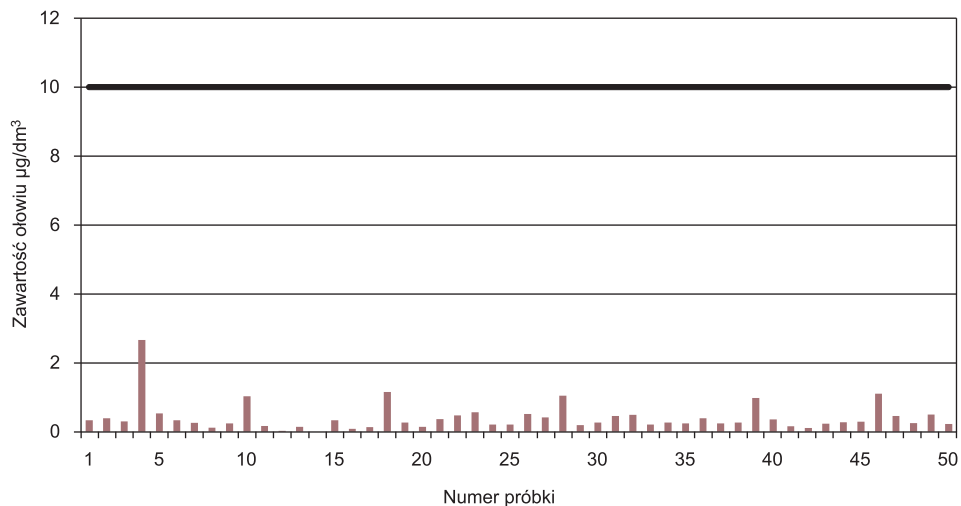
W pięćdziesięciu badanych wodach studziennych średnia zawartość ołowiu wyniosła  $0,40 \pm 0,42 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  ( $n=50$ ). Wartość najwyższą, tj.  $2,66 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  odnotowano dla studni nr 4, zlokalizowanej nieopodal stodoły i drogi dojazdowej, zaś najniższe stężenie tego pierwiastka –  $0,02 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , stwierdzono dla studni nr 12. Średnia zawartość kadmu we wszystkich badanych wodach studziennych wyniosła  $0,41 \pm 1,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  ( $n=50$ ). Wartość najwyższą,  $5,51 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , odnotowano dla studni nr 21, położonej obok kompleksu leśnego i rzeki. Najniższe stężenie kadmu –  $0,002 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , oznaczono natomiast dla studni nr 10 oraz studni nr 11. W badanych wodach studziennych, średnia zawartość niklu wyniosła  $3,01 \pm 7,03 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  ( $n=50$ ). Najwyższe stężenie tego pierwiastka wynoszące  $46,23 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , podobnie jak dla ołowiu, odnotowano dla studni nr 4, zaś wartość najniższą –  $1,08 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , oznaczono dla studni nr 40. Średnia zawartość chromu w pięćdziesięciu badanych wodach studziennych wyniosła  $17,51 \pm 29,67 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  ( $n=50$ ). Najwyższe stężenie –  $128,60 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , odnotowano dla studni nr 6, zlokalizowanej nieopodal drogi dojazdowej, zaś najniższe –  $1,41 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  stwierdzono dla studni nr 8.

Dla badanej partii próbek za pomocą analizy statystycznej nie stwierdzono istotnych różnic statystycznych w zależności od miejsca poboru oraz lokalizacji studni.

Studnie kopane i wiercone, z których pobrano próbki wody, zlokalizowane są na terenach, na których prowadzi się intensywną działalność rolniczą. Z tych względów w analizowanych próbkach wody spodziewano się wysokich stężeń metali ciężkich, bowiem stosowanie w wysokich dawkach nawozów sztucznych, głównie fosforowych, może prowadzić do nadmiernego zanieczyszczenia wody kadmem, bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu może powodować obecność ołowiu, zaś spływ wód opadowych oraz nawożenie gleby osadami mogą prowadzić do zanieczyszczenia wody studziennej chromem i niklem (8, 9, 12).

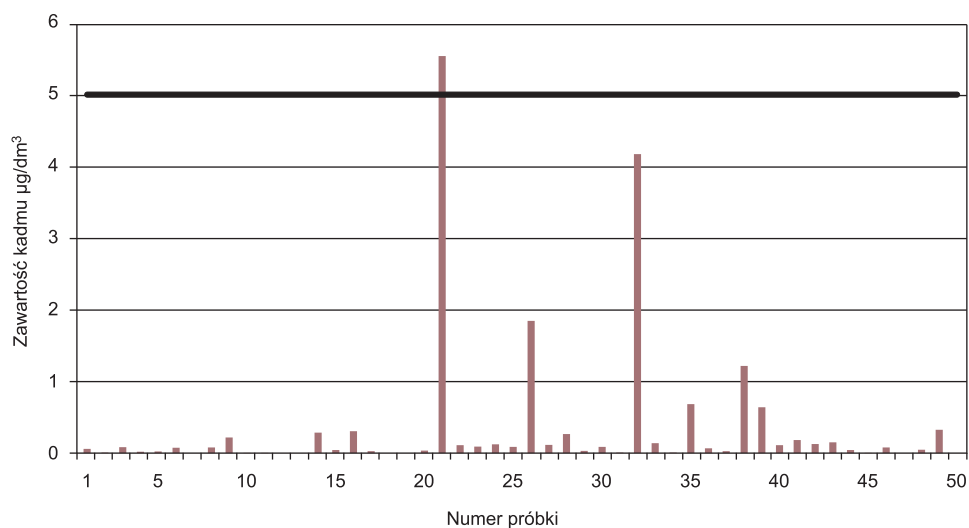
Warunki, jakie powinna spełniać woda pitna, dyktują normy zawarte w rozporządzeniu ministra zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi” (1). Porównując otrzymane wyniki badań do najwyższych dopuszczalnych stężeń ujętych w przywołanym rozporządzeniu, wartości ponadnormatywne można stwierdzić dla czterech z pięćdziesięciu analizowanych próbek wody pitnej. Przekroczenia dopuszczalnej zawartości dotyczą trzech metali ciężkich: kadmu, niklu i chromu, nie odnotowano natomiast przekroczeń dla ołowiu. Dla kadmu nieznaczące przekroczenie normy wynoszącej  $5,0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , stwierdzono dla studni nr 21. Wyniosło ono  $5,5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Dla niklu wartość ponadnormatywną, tj.  $46,23 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , odnotowano dla studni nr 4, przy normie równej  $20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Zaś przekroczenie dopuszczalnego limitu dla chromu –  $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , stwierdzono dla studni nr 1 –  $56,46 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  oraz studni nr 6 –  $128,6 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Odnotowane przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń całkowicie jednak nie dyskwalifikują konsumpcyjnego wykorzystania tych ujęć wody. Przyjmując bo-

wiem, określone przez Państwową Inspekcję Sanitarną tzw. maksymalne wartości czasowego odstępstwa, wynoszące dla kadmu, niklu i chromu, odpowiednio  $10,0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ,  $50,0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  i  $300,0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , warunkowo dopuszczone do spożycia mogą być wszystkie wykluczone przez rozporządzenie wody studzienne (13).



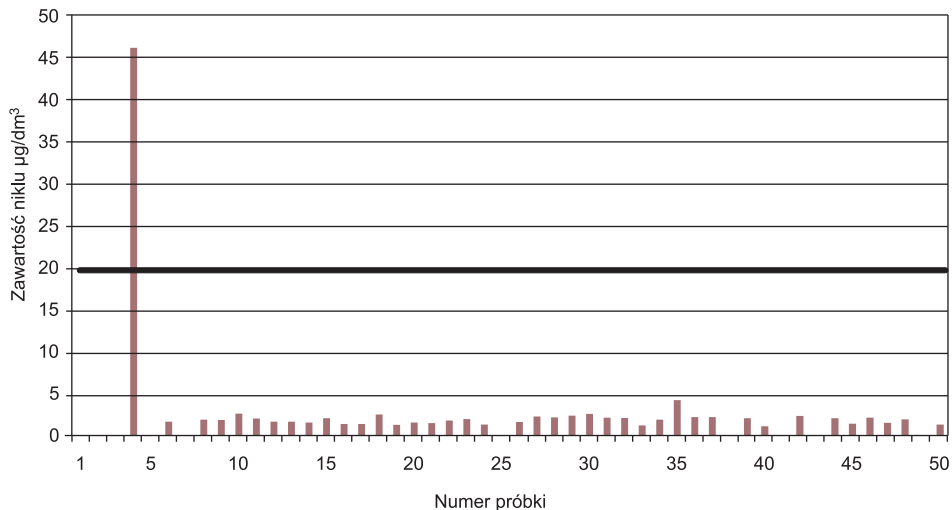
Ryc. 1. Zawartość ołowiu w badanych wodach studziennych (najwyższe dopuszczalne stężenie –  $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ).

Fig. 1. Lead content in the tested samples (highest acceptable concentration –  $10 \mu\text{g}/\text{l}$ ).



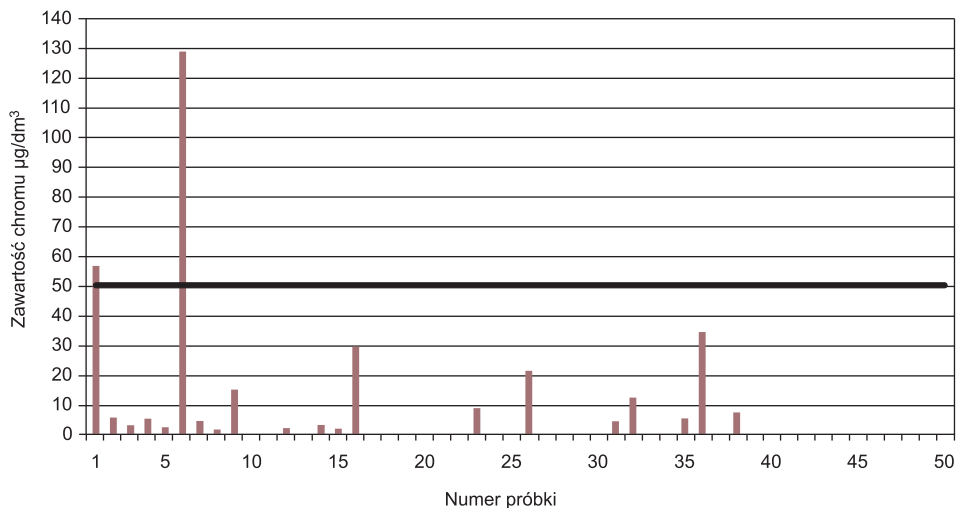
Ryc. 2. Zawartość kadmu w badanych wodach studziennych (najwyższe dopuszczalne stężenie –  $5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ).

Fig. 2. Cadmium content in the tested samples (highest acceptable concentration –  $5 \mu\text{g}/\text{l}$ ).



Ryc. 3. Zawartość niklu w badanych wodach studziennych (najwyższe dopuszczalne stężenie – 20 µg/dm<sup>3</sup>).

Fig. 3. Nickel content in the tested samples (highest acceptable concentration – 20 µg/l).



Ryc. 4. Zawartość chromu w badanych wodach studziennych (najwyższe dopuszczalne stężenie – 50 µg/dm<sup>3</sup>).

Fig. 4. Chromium content in the tested samples (highest acceptable concentration – 50 µg/l).

Zagrożenie dla człowieka ze strony metali ciężkich jest bardzo szerokie. Związki te ulegają kumulacji, głównie w organach odpowiedzialnych za ich detoksykację i eliminację, tj. w wątrobie i nerkach. Cechuje je także zdolność do wywoływania

zatruc ostrych, objawiających się najczęściej wymiotami i biegunką oraz stanów przewlekłych, które mogą prowadzić do uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego, mutacji, a w dalszej kolejności schorzeń nowotworowych (8, 9). Uzyskane wyniki badań nie wskazują jednak, aby stężenie metali ciężkich w analizowanych wodach studziennych, pomimo poboru z terenów rolniczych poddanych antropopresji, stanowiło istotne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Ponadto oznaczone wartości ołowiu, kadmu, niklu i chromu są zbliżone do stężeń oszacowanych w innych płynnych środkach spożywczych. Dla porównania w napojach gazowanych zawartość ołowiu i kadmu wyniosła odpowiednio  $46,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  i  $5,86 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , zaś w piwie puszkowanym stężenie chromu i niklu wyniosło  $26,0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  oraz  $90,0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  (14, 15).

Jednak pomimo stwierdzenia względnego bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów spożywających wodę ze studni kopanych i wierconych z terenu gminy Chmielnik, dla zapewnienia należytej jakości wody pitnej, należy wprowadzić regularny monitoring indywidualnych ujęć wody, przewidziany w obowiązującym rozporządzeniu dla wody ze zbiorowego systemu zaopatrzenia (1).

## WNIOSKI

1. Przekroczenia dopuszczalnych norm stwierdzono dla czterech z pięćdziesięciu analizowanych wód studziennych.
2. Ponadnormatywne stężenia odnotowano dla kadmu, niklu i chromu. Nie stwierdzono zaś przekroczeń dla ołowiu.
3. Dla zapewnienia należytej jakości wody pochodzącej ze studni kopanych i wierconych z terenu gminy Chmielnik, należy zapewnić jej kompleksowy monitoring, przewidziany dla zbiorowego zaopatrzenia w wodę pitną.

N. Żurek, W. Szwerc, M. Bilek, R. Kocjan

### HEAVY METALS CONTENT IN THE WELL WATER FROM THE AGRICULTURAL AREA

#### Summary

The aim of the study was to evaluate the content of heavy metals in well water obtained from the fifty dug and drilled wells in municipality of Chmielnik, as well as reference the obtained results to the standards of the Health's Minister Regulation of 13 November 2015 „On the quality of water intended for consumption”. Using electrothermal atomic absorption spectrometry technique exceeding of the highest acceptable concentration was found for the four samples analyzed. For cadmium a slight exceedance of the norm was found for well No. 21 i.e.  $5.5 \mu\text{g}/\text{L}$ . For nickel, the over-normative values was recorded for well No. 4– $46.23 \mu\text{g}/\text{L}$ . The highest acceptable concentration for chromium was exceeded for two wells, No. 1– $56.46 \mu\text{g}/\text{L}$  and No. 6– $128.6 \mu\text{g}/\text{L}$ . However, there was no over-normative value for lead. Exceedances of the highest acceptable concentrations of heavy metals in four wells do not completely disqualify these private water intakes. Taking into account “The maximum value of the temporary derogation” defined by the State Sanitary Inspection, all tested well waters may be conditionally approved for consumption. The obtained results do not indicate that the concentration of heavy metals in the analyzed well water posed a significant risk to human health, despite collecting samples from agricultural areas with high *anthropopressure*. Therefore, the relative health safety of consumers using water from dug and drilled wells from the Chmielnik municipality was determined. However, in order to ensure the proper quality of drinking water, regular monitoring of individual private water intakes should be implemented, as it is guaranteed in collective drinking water supply system.



## PIŚMIENICTWO

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DZ. U. poz. 1989. – 2. *Żurek N., Bilek M.*: Ryzyko zdrowotne związane ze spożywaniem wody pitnej ze studni kopanych na przykładzie gminy Chmielnik. *Med. Środ.*, 2016; 19(4): 12-18. – 3. *Raczuk J., Dziuban E., Biardzka E.*: Azotany w wodzie do picia jako czynnik ryzyka zdrowotnego mieszkańców gminy Platerów (województwo mazowieckie). *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.*, 2013; 24(1): 5-9. – 4. *Raczuk J., Biardzka E., Michalczyk M.*: Związki azotu w wodzie studziennej w świetle ryzyka zdrowotnego mieszkańców gminy Wodynie (woj. Mazowieckie). *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 2009; 9(1): 87-97. – 5. *Bilek M., Rybakowa M.*: Azotany (III) i (V) w wodzie pitnej studni kopanych i wierconych z terenu Podkarpacia jako czynniki ryzyka methemoglobinemii. *Przegl. Lek.*, 2014; 71(10): 520-522. – 6. *Tymczyzna L., Gołuszka J.*: Stan sanitarno-higieniczny wód studziennych w rejonach podgórskich w Suchej Beskidzkiej. *Roczn. PZH*, 2001; 52(2): 145-153. – 7. *Bilek M., Lachowicz S., Kaniuczak J.*: Zawartość anionów nieorganicznych w wodzie pitnej ujęć indywidualnych z terenu Podkarpacia. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2014; 47(4): 903-908. – 8. *Ociepa-Kubicka A., Ociepa E.*: Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inż. i Ochr. Środ.*, 2012; 15(2): 169-180. – 9. *Seńczuk W.* (red.): *Toksykologia współczesna*. Warszawa, 2006, Wydawnictwo Lekarskie PZWL. – 10. Gmina Wiejska Chmielnik. *Statystyczne Vademecum Samorządowca*. [http://www.rzeszow.stat.gov.pl/vademecum/vademecum\\_podkarpackie/portrety\\_gmin/rzeszowski/chmielnik.pdf](http://www.rzeszow.stat.gov.pl/vademecum/vademecum_podkarpackie/portrety_gmin/rzeszowski/chmielnik.pdf).

11. *Bilek M., Szwerc W., Kuźniar P., Stawarczyk K., Kocjan R.*: Time-related variability of the mineral content in birch tree sap. *J. Elem.*, 2017; 22(2): 497-515. – 12. *Czczot A., Skrzycki M.*: Kadm – pierwiastek całkowicie zbędny dla organizmu. *Post. Hig. Med. Dośw.*, 2010; 64: 38-49. – 13. Proponowane maksymalne wartości czasowych odstępstw wybranych parametrów chemicznych wody przeznaczonej do spożycia. Dostęp z [http://gistest.pis.gov.pl/ckfinder/userfiles/files/BW/WPDSpL/wartosci\\_czasowych\\_odstepstw.pdf](http://gistest.pis.gov.pl/ckfinder/userfiles/files/BW/WPDSpL/wartosci_czasowych_odstepstw.pdf) (stan z 22 maja 2015). – 14. *Stasiuk E., Rój A.*: Zawartość metali ciężkich: ołowiu i kadmu w napojach bezalkoholowych słodzonych Aspartamem i acesulfamem K. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(3): 771-775. – 15. *Rajkowska M., Holak M., Protasowicki M.*: Makro- i mikroelementy w wybranych elementach piwa. *Żyw. Nauk. Technol. Jak.*, 2009; 2(63): 112-118.

Adres: 35-959 Rzeszów, Aleja Rejtana 16c