

*Stefan Satora, Grzegorz Kaczor*

## ZMIANY CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH WYBRANYCH UJEĆ ZAPADLIKA GÓRNOŚLĄSKIEGO

### Streszczenie

Zmiany jakości wód podziemnych pobieranych ujęciami zlokalizowanymi w rejonie intensywnego uprzemysłowienia i górnictwa spowodowane są często działalnością antropogeniczną. Charakter zmian jakości jest istotny ze względu na możliwości wykorzystania tych wód do celów wodociągowych. Pozwala on także przyjąć odpowiednie rozwiązania rozbudowy ujęcia czy wprowadzania ewentualnych zabezpieczeń w stosunku do źródeł wywołujących te zmiany. Przedmiotem badań przedstawionym w opracowaniu jest zmienność wybranych parametrów jakościowych, takich jak sucha pozostałość mineralna, twardość ogólna, stężenia jonów  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Ca}$  i  $\text{Mg}$  w wodach podziemnych czterech ujęć zlokalizowanych we wschodniej części Zapadlika Górnośląskiego. Ujęcia Dobra 1 i 2, Bielany i Galmany, składają się z sześciu studni wierconych o głębokościach 88–101,5 m i wydajności  $700\text{--}8000\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  ujmujących wody z poziomu triasowego oraz szyb wentylacyjno-podsadzkowy J. Dąbrowski o głębokości 103 m i wydajności  $2000\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  ujmujący wody karbońskie. Szczegółowa analiza zmienności składu chemicznego wskazuje na duże zmiany suchej pozostałości w triasowych wodach ujęcia Galmany, nieco mniejsze w ujęciach Bielany i Dobra 1. Występuje również duża zmienność twardości, stężeń  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{SO}_4$  i  $\text{Cl}$  w ujęciu Dobra 1,  $\text{Mg}$  i  $\text{SO}_4$  w Dobra 2,  $\text{Cl}$  i  $\text{SO}_4$  w Bielany. Znaczna zmienność wszystkich badanych składników występowała w ujęciu Dobra 1,  $\text{Mg}$  i  $\text{SO}_4$  w Dobra 2, suchej pozostałości,  $\text{SO}_4$  i  $\text{Cl}$  w Bielany i suchej pozostałości w Galmany. W przypadku wód karbońskich ujmowanych szybem Dąbrowski duża zmienność dotyczyła jedynie jonów  $\text{Mg}$ .

**Słowa kluczowe:** ujęcia wód podziemnych, skład chemiczny wody, sucha pozostałość, twardość ogólna, jony siarczanowe, chlorkowe, wapnia i magnezu

## WPROWADZENIE

Głównym źródłem wody dla potrzeb wodociągowych są wody powierzchniowe lub podziemne. Korzystniejszymi właściwościami fizycznymi, chemicznymi i bakteriologicznymi charakteryzują się wody podziemne. Mają one w porównaniu z wodami powierzchniowymi większą przezroczystość, brak zawieszin, stałą temperaturę oraz na ogół małą zawartość substancji organicznych i bakterii. Zawierają natomiast zwiększoną ilość rozpuszczonych związków mineralnych.

W obszarze Zapadliska Górnośląskiego użytkowe wody podziemne występują w utworach tak ery kenozoicznej, jak i mezozoicznej oraz paleozoicznej. Wody podziemne stanowią istotne źródło zaopatrzenia w wodę do spożycia. Ich pobór na potrzeby ludności stanowi średnio ok. 35% ogólnego rocznego zapotrzebowania na wodę do picia. Prowadzone badania wskazują, że ok. 50% wód podziemnych województwa śląskiego stanowią wody wysokiej jakości (klasa Ia – 1,5%, klasa Ib – 47,1%), możliwe do konsumpcji bez uzdatniania i na ogół odpowiadające polskim przepisom sanitarnym w tym zakresie. Na uwagę zasługuje też stosunkowo duży udział wód niskiej jakości (klasa III). Szczególnie niepokojący jest, stwierdzony we wszystkich sieciach obserwacyjnych, kilkuprocentowy udział wód o bardzo niskiej jakości (wody pozaklasowe).

Wpływ na jakość wód podziemnych wywierają ścieki i składowiska odpadów zlokalizowane w niedalekiej odległości od ujęć. Odrębnym problemem jest zaburzenie naturalnego pola hydrodynamicznego zbiorników wód podziemnych wskutek intensywnego ich drenażu wyrobiskami górnictwami kopalń węgla, rud cynku i ołowiu oraz innymi ujęciami studziennymi. Na skutek nadmiernej eksploatacji wytworzyły się rozległe i głębokie leje depresyjne, które niekiedy mają wpływ na zasoby i jakość wód dokumentowanych ujęć.

Można zatem stwierdzić, że długoletnie badania jakości wód podziemnych w rejonach przemysłowych oraz lokalizacji wyrobisk górniczych niosą dużą wartość poznawczą w aspekcie możliwości wykorzystania tych wód do celów wodociągowych, jak również naukową, związaną z poznaniem charakterystyki ich zmian jakościowych w dłuższym okresie eksploatacji.

W niniejszej pracy analizie poddano wybrane składniki chemiczne wód podziemnych pobieranych czterema ujęciami zlokalizowanymi we wschodniej części Zapadliska Górnośląskiego.

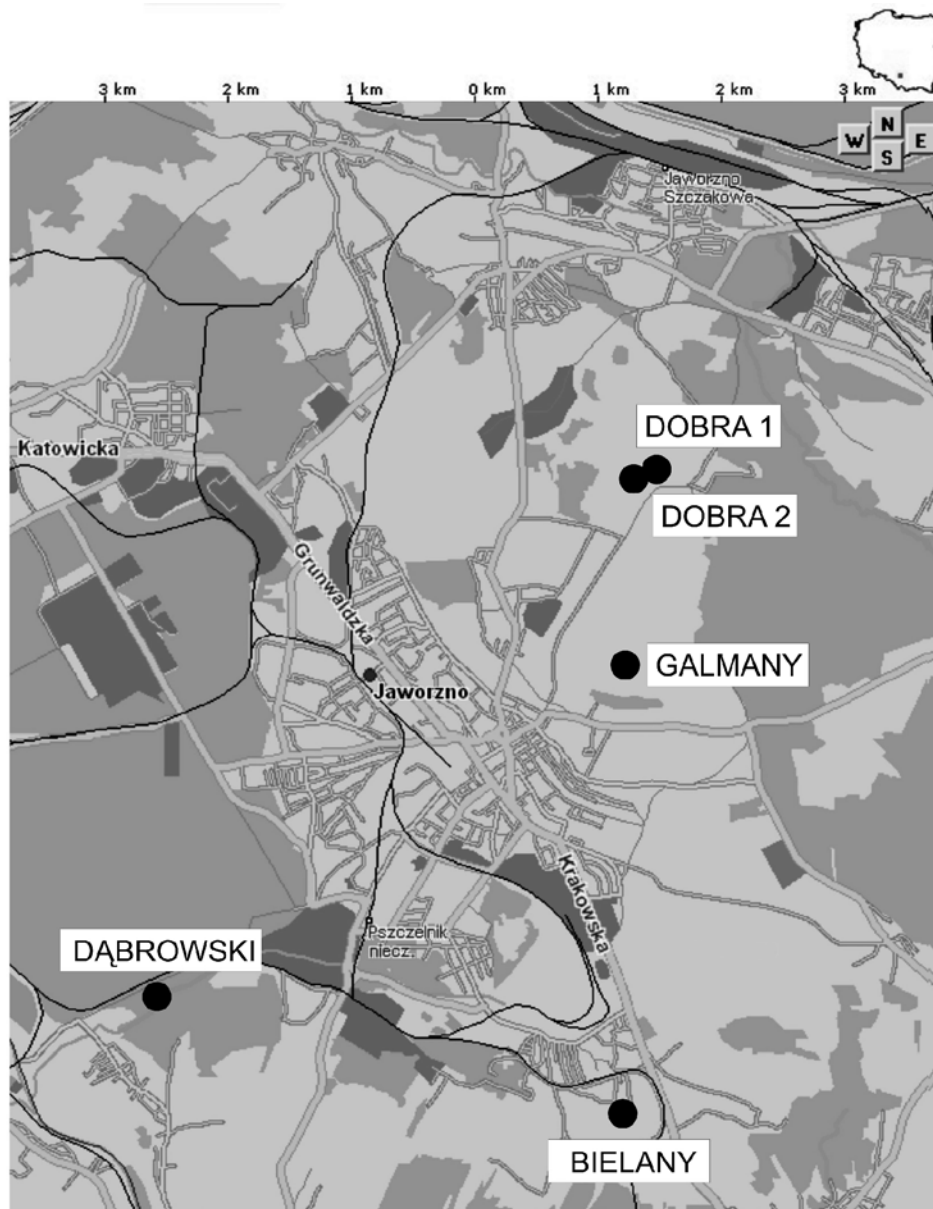
## **CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ**

Celem opracowania było określenie zmian wybranych składników chemicznych, takich jak sucha pozostałość mineralna (pozostałość po prażeniu), twardość ogólna, jony wapnia, magnezu, siarczany i chlorkowe, wód podziemnych eksploatowanych w okresie 1998–2000 z ujęć Dobra 1 i 2, Bielany, Galmany i Jarosław Dąbrowski zlokalizowanych we wschodniej części Zapadliska Górnośląskiego, w rejonie m. Jaworzna.

W opracowaniu wykorzystano wyniki analiz składu chemicznego ujmowanych wód podziemnych udostępnione przez Dyрекcję Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Jaworznie. Próby wody do analiz pobierane były z częstotliwością jeden raz w miesiącu. W przypadku ujęcia „Dobra” w roku 1998 wykonywano analizy wód podziemnych, zmieszanych z obydwu studni, dlatego też nie były one brane pod uwagę w rozważaniach zmienności. Od 1999 roku analizy prób wody z tego ujęcia wykonywano już dla każdej z dwóch studni (Dobra 1 i Dobra 2) osobno. Wyniki badań jakości wody poddano analizie statystycznej, określając dla przedstawionego zbioru danych wartości ekstremalne (maksimum i minimum), wartość średnią, odchylenie standardowe ( $s$ ), medianę oraz współczynnik zmienności ( $V$ ). Zmienność badanych parametrów przedstawiono również graficznie w postaci wykresów liniowych (rys. 2 i 3). W celu oceny trendów zmian badanych składników w omawianym wieloleciu wyrównano linią prostą wykreślone przebiegi przy wykorzystaniu programu Excel, uzyskując tendencje zmian wraz z równaniem matematycznym.

## **CHARAKTERYSTYKA TERENU**

Badane ujęcia wody znajdują się na terenie powiatowego miasta Jaworzna, położonego we wschodniej części województwa śląskiego. Aktualna powierzchnia miasta wynosi 152 km<sup>2</sup> i zamieszkuje je 97 137 mieszkańców (średni wskaźnik zaludnienia wynosi 639 osób/km<sup>2</sup>). W skład miasta wchodzi następujące dzielnice: Śródmieście, Szczakowa, Pieczyska, Dobra, Ciężkowice, Jeziorki, Cezarówka, Buczyna, Jeleń, Dąbrowa Narodowa i Długoszyn (rys. 1).



**Rysunek 1.** Lokalizacja ujęć wód podziemnych w rejonie Zapadliska Górnośląskiego  
**Figure 1.** Localization of underground water intakes in the Zapadlisko Górnośląskie area

Jaworzno usytuowane jest we wschodniej części mezoregionu zwanego Śląską Wyżyną Południową [Celej 2001]. W obrębie miasta Jaworzna występują trzy regiony geomorfologiczne, a mianowicie: Kotlina Mysłowicka, Niecka Wilkszyńsko-Długoszyńska oraz Kotlina Biskupiego Boru. Kotlina Mysłowicka obejmuje zachodnią część miasta, od rzeki Przemszy po dzielnice Niedzieliska i Podłęże. Niecka Wilkoszyńsko-Długoszyńska stanowi główny element w kształtowaniu geomorfologicznym miasta Jaworzna. Obejmuje ona zasadniczą, centralną część miasta i ciągnie się od Długoszyna nad Białą Przemszą po Chrzanów. Głównymi ciekami powierzchniowymi związanymi z Jaworzniem są rzeki: Przemsza i jej lewobrzeżny dopływ Biała Przemsza, wraz z jej dopływami.

Pod względem tektonicznym omawiany teren położony jest w obrębie wschodniej części Zapadliska Górnośląskiego. W budowie geologicznej Jaworzna biorą udział następujące utwory: czwartorzędowe, trzeciorzędowe, triasowe i karbonu górnego (produktywnego).

W granicach miasta utwory czwartorzędowe wykazują znaczny stopień zróżnicowania litologicznego i genetycznego, uwarunkowany urozmaiconymi warunkami sedymentacji i morfologii podłoża. Pod względem genetycznym są to przeważnie holocenijskie osady pochodzenia rzecznoego, wodnolodowcowego, a także zwietrzelinowego i eolicznego.

Osady trzeciorzędu zalegają w centralnej części Niecki Wilkoszyńskiej jako sporadycznie występujące płyty, leżące na osadach triasu górnego. Reprezentowane są one przez morskie osady badenu, wykształcone jako ily margliste z wkładkami piaskowców, przechodzące ku górze w większej miąższości serię ilów i piaskowców wzajemnie się przewarstwiających. Utwory triasu występują w centralnej części miasta i odgrywają bardzo ważną rolę. Są reprezentowane przez osady triasu dolnego, środkowego i górnego o maksymalnej miąższości 250 metrów. Trias dolny składa się z osadów niższego pstręgo piaskowca oraz retu. Niższy pstry piaskowiec to piaskowce różnoziarniste i zlepieńcowate. Ret to margle dolomityczne o miąższości 3–5 metrów.

Całkowita miąższość utworów retu waha się w granicach 30–35 metrów i maleje ku górze. Trias środkowy tworzą warstwy błotnicze i gogolińskie zalegające na utworach retu oraz seria dolomitów kruszonośnych. Warstwy błotnicze wykształcone są jako wapienie, a warstwy gogolińskie z wapieni, margli, dolomitów oraz wkładek zlepieńców śródformacyjnych o miąższości 30–32 m.

Trias górny wykształcony jest w postaci ilowców z brekcją lisowską. W wyższych częściach jego profilu występuje gips.

Utwory karbonu zalegają na całym obszarze miasta, przy czym w części zachodniej oraz północnej i północno-wschodniej tworzą wychodnie. W centralnej i południowej części Jaworzna leżą na większych głębokościach, pod nakładem utworów triasu i trzeciorzędu. Utwory karbonu górnego reprezentowane są przez namur dolny oraz westfal dolny, środkowy i górny. Wykształcone są one w postaci osadów ilasto-mułowcowych, serii mułowcowej oraz krakowskiej serii piaskowcowej z pokładami węgla.

Głównym poziomem użytkowym na omawianym terenie jest poziom wodonośny triasu (retu i dolomitów kruszconośnych). Większość studni ujmuje wody z tego poziomu, a wydajność ujęć sięga  $2400 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Szczelinowo-krasowy poziom wodonośny triasu jest dwudzielny. Strop warstwy budują dolomity kruszconośne i diploporowe, a spąg wapienie jamiste i utwory marglisto-dolomityczne. Serią izolacyjną między tymi poziomami są margle warstw gogolińskich. Opisany poziom leży na głębokości 20–140 m ppt [Celej 2001].

Na pozostałym obszarze głównym poziomem wodonośnym o zmiennej miąższości są utwory czwartorzędowe. W niektórych miejscach poziom ten pozostaje w łączności hydraulicznej z poziomem karbońskim warstwowo-szczelinowym, który też wykorzystywany jest do celów zaopatrzenia w wodę (ujęcie Dąbrowski).

## OPIS UJEĆ

Woda podziemna dla zaopatrzenia miasta Jaworzna pobierana jest z czterech ujęć o nazwach „Jarosław Dąbrowski”, „Dobra”, „Galmany” i „Bielany”. „J. Dąbrowski” ujmuje wody poziomu karbońskiego, pozostałe natomiast ujęcia – wody poziomu triasowego.

**Ujęcie „Jarosław Dąbrowski”** stanowi szyb wentylacyjno-podszkadowy, bezfiltrowy o głębokości 104,89 m położony w południowo-zachodniej części miasta.

Ma on kształt kołowy o średnicy wewnętrznej 4,0 m i wykonany jest z betonu. Woda do ujęcia dopływa przez rury przelewowe zabudowane w murowych tamach wodnych poziomego wyrobiska usytuowanego na głębokości 92,2 m ppt.

Wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęcia ustalono w wysokości  $Q_e=2000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , tj.  $83,33 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  przy położeniu zwierciadła dynamicz-

nego wód podziemnych na głębokości do 50,0 m ppt., co odpowiada rzędnej 189,68 m n.p.m [Gajowiec 1997].

**Ujęcie „Dobra”** położone jest w dzielnicy Dobra, w północnej części miasta. W jego skład wchodzi dwie studnie wiercone: Dobra 1 i Dobra 2, które zostały wykonane przez nieznaną austriacką firmę. Studnia Dobra 1 ma głębokość 101,5 m i średnicę 279 mm, a studnia Dobra 2, położona w odległości około 15 m na północ od niej głębokość 88,0 m i średnicę w górnej części 665 i 335 mm, a poniżej głębokości 44,0 m średnicę 279 mm.

Zwierciadło naporowe wody nawiercone w obydwu studniach na głębokości 8,5 m ustabilizowało się na 3,0 m ppt. Wydajność eksploatacyjna studni Dobra 1 wynosi  $Q_{D1}=136,25 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  przy depresji 3,4 m, natomiast studni Dobra 2  $Q_{D2}=51,25 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  przy depresji 7,8 m. Łączna wydajność całego ujęcia kształtuje się w wysokości  $Q_{D1+2} = 187,50 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  tj.  $4500 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  [Klubińska-Stachura i in. 1988].

**Ujęcie Bielany** znajduje się w dzielnicy Byczyna i stanowi go otwór B-6 o głębokości 459 m wykonany w 1983 roku przez Przedsiębiorstwo Wierceń Geologicznych i Hydrogeologicznych „Hydropol” z Krakowa. Do głębokości 91,0 m ujęcie zabudowano rurami  $\phi 11 \frac{3}{4}$  umieszczonymi w korku iłowym, do głębokości 296 m rurami  $\phi 5 \frac{1}{2}$  też w korku iłowym. Do głębokości 459 m przy braku orurowania ujęcie ma średnicę 114 mm.

Zwierciadło wody nawiercone na nieznaną głębokości ustabilizowano na głębokości 47,9 m ppt. Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono w wysokości  $400 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  [Gajowiec, Siemiński 1997].

**Ujęcie „Galmany”** stanowią trzy studnie wiercone, odwodnieniowe, o średnicy 354 mm i głębokości ok. 98 m, wykonane w 1968 roku w nieczynnym wyrobisku kopalni rud cynku i ołowiu „Galmany”. Odpompowywanie wód dołowych trwa z uwagi na możliwość zatopienia niżej położonych poziomów wydobywczych Kopalni Węgla Kamiennego „Jaworzno”. Zasoby eksploatacyjne omawianego ujęcia wynoszą  $8000 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  [Celej 2001].

## WYNIKI I ANALIZA BADAŃ

Przedmiotem badań są wybrane parametry składu chemicznego wody podziemnej oznaczone w latach 1998–2000, na które składają się sucha pozostałość mineralna, twardość ogólna oraz jony wapnia, magnezu, siarczanowe i chlorkowe.

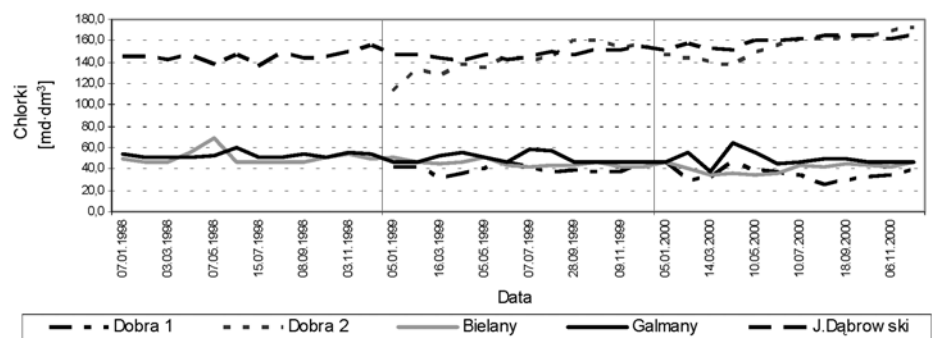
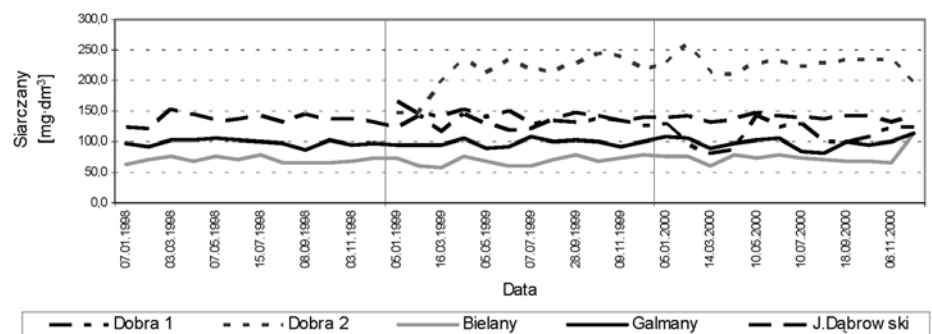
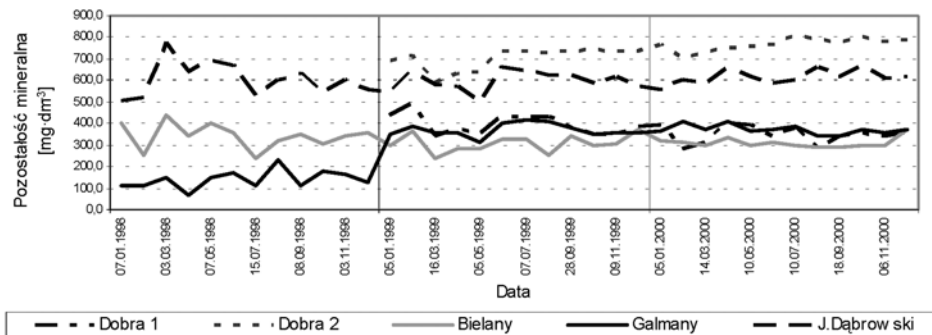
Analiza wielkości stężeń jonów i wartości pozostałych oznaczeń oraz obliczenia podstawowych parametrów statystycznych wskazują na:

– znaczną zmienność suchej pozostałości mineralnej (pozostałości po prażeniu) w wodach ujęć triasowych (Dobra, Bielany i Galmany), wahającą się w zakresie 65,0–810,0 mg·dm<sup>-3</sup> przy średniej 294,5–736,3 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym (s) 45,3–115,2 mg·dm<sup>-3</sup>. Mniejsza zmienność suchej pozostałości występuje w wodach karbońskich w zakresie od 500 do 770 mg·dm<sup>-3</sup>, przy średniej 606,1 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 55,6 mg·dm<sup>-3</sup> (rys. 2). Współczynnik zmienności (V) suchej pozostałości wód triasowych waha się od 7 do 39%, a karbońskich przyjmuje wartość 9% (tab. 1). Tendencje zmian wielkości suchej pozostałości w trzech letnim okresie badawczym w wodach triasowych ujęć Dobra 2 i Galmany były rosnące, a w wodach ujęć Dobra 1 i Bielany malejące. W wodach karbońskich sucha pozostałość utrzymywała się prawie na stałym poziomie z niewielkim wzrostem,

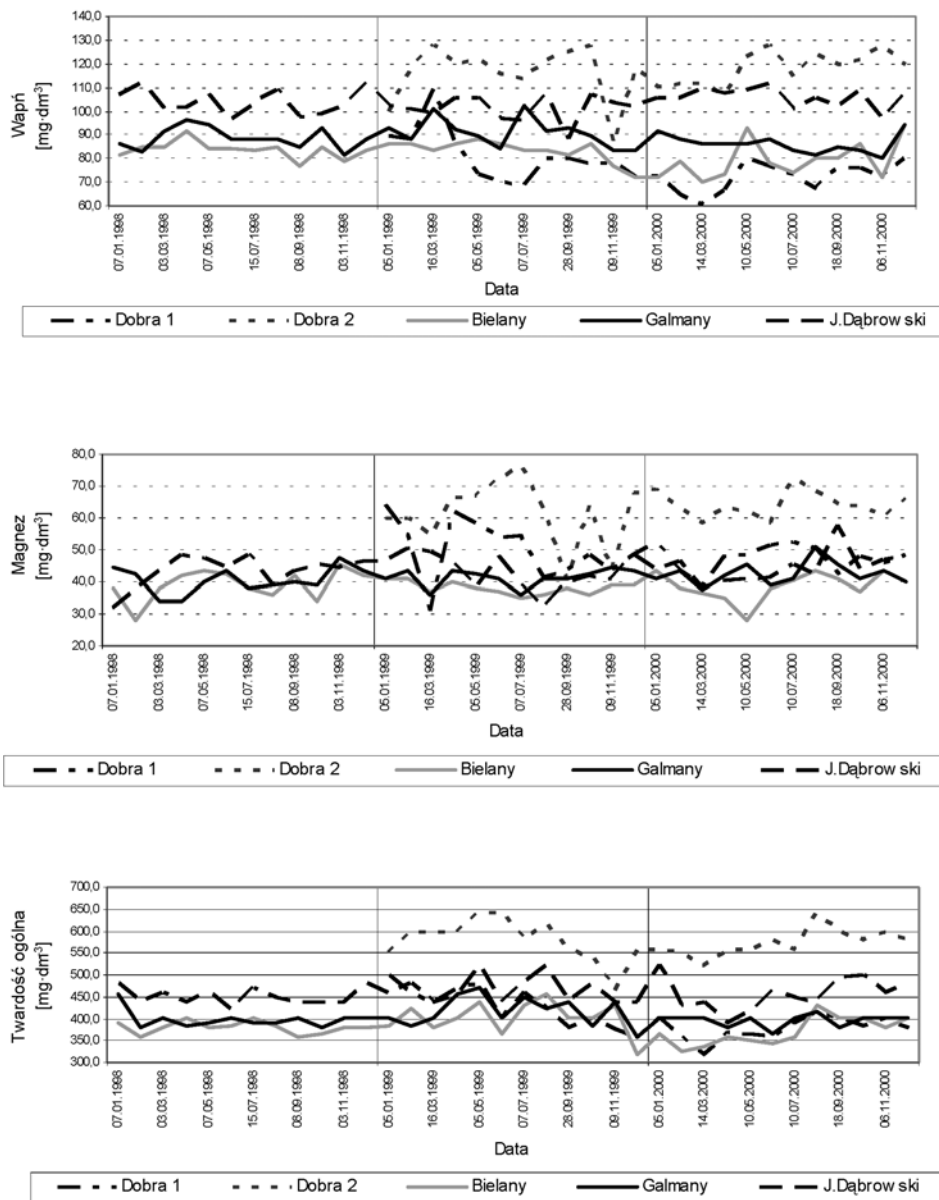
– zmienność twardości ogólnej w wodach ujęć triasowych w zakresie 320,0–640,0 mg·dm<sup>-3</sup> CaCO<sub>3</sub> przy średniej 384,6–573,5 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 25,4–50,4 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast w wodach karbońskich 390–520 mg·dm<sup>-3</sup> przy średniej 458,3 i odchyleniu standardowym 29,5 mg·dm<sup>-3</sup> (rys. 3). Współczynnik zmienności (V) twardości ogólnej w wodach triasowych wahał się od 6 do 11%, a w wodach karbońskich wynosił 6% (tab. 1). Tendencje zmian twardości ogólnej w wodach triasowych ujęć Galmany i Bielany są prawie stałe, a dla ujęć Dobra 1 i 2 malejące, przy czym w przypadku Dobra 1 tendencja obniżania wartości jest bardziej widoczna. W wodach karbońskiego ujęcia (Dąbrowski) tendencja zmian jest lekko wzrastająca,

– zmienność stężeń jonów wapnia w wodach triasowych od 60,8 do 128,1 mg·dm<sup>-3</sup>, przy średniej 76,7–117,4 i odchyleniu standardowym 5,2–9,9 mg·dm<sup>-3</sup>. W wodach karbońskich stężenia tego składnika wahały się w zakresie 88,1–112,1 mg·dm<sup>-3</sup> przy średniej 103,9 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 5,4 mg·dm<sup>-3</sup> (rys. 3). Współczynnik zmienności stężeń wapnia w wodach triasowych kształtował się w granicach od 6 do 13%, a w wodach karbońskich 5% (tab. 1). Trend liniowy stężeń wapnia w wodach triasowych jest rosnący przy ujęciu Dobra 2, a malejący przy pozostałych. Największy spadek stężeń analizowanego składnika występuje w ujęciu Dobra 1. W wodach karbońskich tendencje zmian wielkości stężeń wapnia były nieznacznie rosnące,





**Rysunek 2.** Zmienność suchej pozostałości oraz stężeń siarczanów i chlorków w wodach podziemnych ujęć w rejonie Zapadliska Górnośląskiego  
**Figure 2.** The variation of dry residuum, sulfate and chloride concentrations in underground waters from intakes in the Zapadlisko Górnośląskie area



**Rysunek 3.** Zmienność twardości ogólnej oraz stężeń wapnia i magnezu w wodach podziemnych ujęć w rejonie Zapadliska Górnośląskiego  
**Figure 3.** The variation of total hardness, calcium and magnesium ions concentrations in underground waters from intakes in the Zapadlisko Górnośląskie area

**Tabela 1.** Parametry statystyczne składu chemicznego wód podziemnych wybranych ujęć położonych w rejonie Zapadliska Górnośląskiego  
**Table 1.** Statistical parameters of selected chemical components of underground waters from intakes in the Zapadlisko Górnośląskie area

Oznaczenie	Parametr statystyczny		Jednostka	Ujęcia				
				Dobra 1	Dobra 2	Bielany	Galmany	Dąbrowski
Sucha pozostawość mineralna	Wartość	maksymalna	mg·dm <sup>-3</sup>	490,0	810,0	440,0	420,0	770,0
		średnia		372,7	736,3	319,6	294,5	606,1
		minimalna		280,0	590,0	235,0	65,0	500,0
	Odchyl. stand. (s)			50,3	53,8	45,3	115,2	55,6
	Mediana			370,0	740,0	310,0	357,5	605,0
	Współ. zmien. (V)			%	13,5	7,3	14,2	39,1
Twardość ogólna	Wartość	maksymalna	mg·dm <sup>-3</sup>	500,0	640,0	455,0	470,0	520,0
		średnia		403,8	576,5	384,6	403,3	458,3
		minimalna		320,0	462,0	320,0	360,0	390,0
	Odchyl. stand. (s)			44,3	40,1	31,4	25,4	29,5
	Mediana			400,0	580,0	382,5	400,0	452,5
	Współ. zmien. (V)			%	11,0	7,0	8,2	6,3
Wapń (Ca)	Wartość	maksymalna	mg·dm <sup>-3</sup>	108,9	128,1	94,5	102,5	112,1
		średnia		76,7	117,4	82,1	88,6	103,9
		minimalna		60,8	86,2	70,4	80,1	88,1
	Odchyl. stand. (s)			9,9	9,7	5,9	5,2	5,4
	Mediana			76,0	120,0	83,3	88,1	104,9
	Współ. zmien. (V)			%	12,9	8,3	7,2	5,8
Magnez (Mg)	Wartość	maksymalna	mg·dm <sup>-3</sup>	64,1	76,7	45,6	51,0	57,3
		średnia		49,0	62,8	38,6	41,5	43,9
		minimalna		31,0	40,3	28,1	34,0	32,0
	Odchyl. stand. (s)			7,3	8,1	3,9	3,6	5,1
	Mediana			48,6	63,8	38,0	40,9	44,5
	Współ. zmien. (V)			%	14,9	12,9	10,0	8,7
Siarczany (SO <sub>4</sub> )	Wartość	maksymalna	mg·dm <sup>-3</sup>	166,6	260,0	113,0	113,0	152,2
		średnia		126,3	219,1	71,6	98,2	136,1
		minimalna		81,0	147,0	57,6	82,0	117,0
	Odchyl. stand. (s)			21,3	26,4	9,5	7,1	8,8
	Mediana			129,5	228,0	71,0	98,7	137,5
	Współ. zmien. (V)			%	16,9	12,1	13,3	7,2
Chlorki (Cl)	Wartość	maksymalna	mg·dm <sup>-3</sup>	46,0	173,0	69,0	64,4	165,4
		średnia		37,5	149,2	45,5	50,6	151,1
		minimalna		25,8	112,3	35,0	37,7	137,0
	Odchyl. stand. (s)			5,6	14,6	6,3	5,2	7,9
	Mediana			37,3	148,9	46,0	50,6	149,3
	Współ. zmien. (V)			%	14,9	9,8	13,8	10,2

– zmienność stężeń jonów magnezu w wodach ujęć triasowych w zakresie 28,1–76,7 mg·dm<sup>-3</sup>, przy średniej 38,6–62,8 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 3,6–8,1 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast w wodach karbońskich od 32,0 do 57,3 mg·dm<sup>-3</sup> przy średniej 43,9 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 5,1 mg·dm<sup>-3</sup> (rys. 3). Współczynnik zmienności stężeń jonów magnezu wahał się od 9% w wodach triasowych do 12% w wodach karbońskich (tab. 1). Tendencje zmian stężeń magnezu w wodach triasowych z ujęcia Bielany są w miarę stałe, przy Dobra 2 i Galmany wzrastające, a przy Dobra 1 wyraźnie malejące. W wodach karbońskich są wrastające,

– zmienność stężeń jonów siarczanowych w wodach ujęć triasowych w zakresie 57,6–260,0 mg·dm<sup>-3</sup>, przy średniej 71,6–219,1 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 7,1–26,4 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast w wodach karbońskich od 117,0 do 152,2 mg·dm<sup>-3</sup> przy średniej 136,1 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 8,8 mg·dm<sup>-3</sup> (rys. 2). Współczynnik zmienności stężeń jonów magnezu w wodach triasowych wahał się od 7 do 17%, a w wodach karbońskich przyjął wartość 6% (tab. 1). Tendencja zmian stężeń siarczanów w wodach triasowych ujęcia Galmany jest bardzo stała, przy Dobra 2 i Bielany ma charakter rosnący a przy Dobra 1 wyraźnie malejący. W wodach karbońskich jest lekko wrastająca,

– zmienność stężeń jonów chlorkowych w wodach ujęć triasowych w zakresie 25,8–173,0 mg·dm<sup>-3</sup>, przy średniej 37,6–149,2 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 5,2–14,6 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast w wodach karbońskich od 137,0 do 165,4 mg·dm<sup>-3</sup> przy średniej 151,1 mg·dm<sup>-3</sup> i odchyleniu standardowym 7,9 mg·dm<sup>-3</sup> (rys. 2). Współczynnik zmienności stężeń jonów magnezu w wodach triasowych wahał się od 10 do 15%, a w wodach karbońskich wynosił 5% (tab. 1). Tendencja zmian stężeń chlorków w wodach triasowych ujęcia Dobra 2 i karbońskich (Dąbrowski) jest wyraźnie wrastająca, przy pozostałych (Dobra 1, Bielany i Galmany) malejąca.

## PODSUMOWANIE

Dla zaopatrzenia w wodę dużej aglomeracji miejskiej jaką jest Jaworzno, o liczbie mieszkańców 97 137 i zajmowanej powierzchni 152 km<sup>2</sup>, wykorzystuje się cztery ujęcia wód podziemnych, w skład których wchodzi 6 studni wierconych (Bielany – 2szt, Dobra – 2 szt. i Galmany – 3 szt.) o głębokości 88–101,5 m i wydajności 700–8000 m<sup>3</sup>·dobę<sup>-1</sup> oraz szyb kopalniany (J. Dąbrowski) o głębokości

103 m i wydajności 2000 m<sup>3</sup>·dobę<sup>-1</sup>. Studnie wiercone ujmują wody z wapienno-zlepieńcowatych warstw triasowych a szyb – wody z piaszkowcowych warstw karbońskich.

W opracowaniu poddano analizie zmienność niektórych składników chemicznych wód podziemnych z omawianych ujęć badanych w latach 1998–2000, takich jak: sucha pozostałość mineralna (pozostałość po prażeniu), twardość ogólna, jony Ca, Mg, SO<sub>4</sub> i Cl. Szczegółowa analiza zmienności składu chemicznego wskazuje na duże zmiany suchej pozostałości w triasowych wodach ujęcia Galmany (V – 0,39), nieco mniejsze w ujęciach Bielany i Dobra 1 (V 0,13-0,14). Występuje również duża zmienność twardości, stężeń Ca, Mg, SO<sub>4</sub> i Cl w ujęciu Dobra 1, Mg i SO<sub>4</sub> w Dobra 2, Cl i SO<sub>4</sub> w Bielany. Znaczna zmienność wszystkich badanych składników występowała w ujęciu Dobra 1, Mg i SO<sub>4</sub> w Dobra 2, suchej pozostałości, SO<sub>4</sub> i Cl w Bielany i suchej pozostałości w Galmany (rys. 2 i 3).

W przypadku wód karbońskich, ujmowanych szybem Dąbrowski, duża zmienność dotyczyła jedynie jonu Mg (V – 0,12).

Największe rozproszenie wartości lub stężeń w stosunku do średniej wyrażone odchyleniem standardowym (s) przy wodach triasowych dotyczyło SO<sub>4</sub> (16,4%), Mg, Cl, suchej pozostałości i Ca (odpowiednio 15,0; 14,9; 13,5 i 12,9%) w ujęciu Dobra 1 oraz Cl i SO<sub>4</sub> (13,7 i 13,2%) w ujęciu Bielany. Przy wodach karbońskich (Dąbrowski) największe odchylenie sięgające 11,7% związane było z jonami Mg (tab. 1). Tendencje zmian zmienności badanych parametrów były bardzo zróżnicowane, w jednych przypadkach miały charakter rosnący, w innych stały lub malejący.

Wielkości analizowanych parametrów chemicznych na ogół nie przekraczały dopuszczalnych wartości dla wód do spożycia przewidzianych obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Zdrowia. W ujęciach Dobra 2 i Dąbrowski stwierdzono występowanie wód słodkawych-akratopeg o mineralizacji 500–800 mg·dm<sup>-3</sup>, w pozostałych ujęciach – wód bardzo i normalnie słodkich. Pod względem twardości w ujęciu Dobra 2 występowały wody bardzo twarde (powyżej 500 mg·dm<sup>-3</sup>) w pozostałych twarde. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004r. – pod względem wielkości stężeń Ca – wody w ujęciach Dobra 2 i Dąbrowski można zaliczyć do II klasy, w pozostałych do I klasy, natomiast stężeń Mg w Dobra 2 i 1 do III klasy, w pozostałych do II klasy.

## BIBLIOGRAFIA

- Celej A. Ocena istniejących ujęć wód wykorzystywanych dla zaopatrzenia miasta Jaworzna. Praca magisterska AR Kraków 2001.
- Gajowiec B. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód podziemnych z utworów karbonu dla ujęcia Jarosław Dąbrowski w Jaworznie wraz z uzasadnieniem ustanowienia strefy ochronnej tego ujęcia. Sosnowiec 1997.
- Gajowiec B., Siemiński A. Analiza stanów zwierciadła wód podziemnych i wydajności ujęcia Bielany w okresie 1993–1996. Sosnowiec 1997.
- Klubińska-Stachura J. i in. Ekspertyza hydrogeologiczna w sprawie zaniku wody na ujęciu Dobra w związku z odwadnianiem Zakładów Dolomitowych w Jaworznie-Szczakowej. MPWiK sp.zoo w Jaworznie 1988.

dr inż. Stefan Satora  
dr inż. Grzegorz Kaczor  
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji AR  
al. Mickiewicza 24/28, 31-120 Kraków

Recenzent: *Prof. dr.hab. Stanisław Węglarczyk*

*Stefan Satora, Grzegorz Kaczor*

## CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION OF UNDERGROUND WATER FROM SELECTED INTAKES OF ZAPADLISSKO GÓRNOŚLĄSKIE

### SUMMARY

Changes of underground waters quality in the intakes located in the intensive industrialization and mining area are caused by anthropogenic activity.

The type of quality changes is essential to use these waters in water-supply systems. It also allows for accepting proper solution of extension of intake or introduce possible protection relatively to source evoking these changes (bring about changes).

The subject of research presented in this article is variability of selected quality parameters such as dry residuum, total hardness, concentration of sulfate, chloride, calcium and magnesium ion concentrations of underground waters from four intakes located in eastern part of Zapadlisko Górnośląskie. Dobra 1 and 2, Bielany and Gal-

many intakes include six drilled wells of 88,0-101,5 meters depth and discharge about 700,0-800,0 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup> taken water from Triassic formation and ventilating-filling shaft J. Dąbrowski of 103,0 meters depth and 2000 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup> capacity that takes water from Carbon formation. Detailed analysis of chemical composition variability indicates big changes of dry residuum in Triassic waters intake Galmany, smaller in Bielany and Dobra 1.

High variability of water hardness and Ca, SO<sub>4</sub> and Cl ion concentrations was affirmed in Dobra 1 intake and Cl and SO<sub>4</sub> occurred in Bielany. Considerable variability of all analysed components occurred in Dobra 1 intake, Cl and SO<sub>4</sub> in Dobra 2, dry residuum, SO<sub>4</sub> and Cl in Bielany intake and dry residuum in Galmany.

In case of carbonate water taken from Dąbrowski shaft, high variability concerned only magnesium ions.

**Key words:** underground water intakes, chemical composition of water, dry residuum, total hardness, sulfate, chloride, calcium, and magnesium ion concentrations