

Skład chemiczny i jakość wód czwartorzędowego piętra wodonośnego w rejonie rekultywowanego wyrobiska piasku podsadzowego Maczki-Bór w świetle wyników badań monitoringowych

Jacek Rózkowski¹, Andrzej J. Witkowski¹, Janusz Kropka¹, Sławomir Rzepecki²

The water chemistry and quality of the Quaternary aquifer in the area of reclaimed open pit Maczki-Bór in the light of monitoring data. *Prz. Geol.*, 65: 1371–1376.

Abstract. The paper presents the water quality of the Quaternary aquifer in the area of reclaimed open pit Maczki-Bór in the light of results of monitoring investigations carried out in 1995–2014. The area consists of mine workings, the reclaimed field of Bór Zachód, and the area of Bór Wschód, which is under reclamation. Processing and mining material from coal mines is mainly deposited in the mine excavations. In the northern part of the Bór Zachód field, there is a municipal waste dump for the Sosnowiec city. The monitoring network consists of 12 piezometers monitoring groundwater of the Quaternary aquifer, 3 monitoring points on the major dewatering canals, and 2 points on the Biała Przemysza River (upstream and downstream of the cumulative mine dewatering discharge). The monitoring of the leachate is carried out in 2 observation wells located in the deposited rock on the dumping ground of Bór Wschód. This article discusses the significantly spatially diverse chemistry and quality of groundwater and surface water affected by varied anthropopressure.

Keywords: groundwater quality, monitoring, reclaimed open pit, Maczki-Bór

Realizowany od 1995 r. lokalny monitoring w rejonie rekultywowanego wyrobiska piasku podsadzowego „Maczki-Bór” w Sosnowcu, z wykorzystaniem głównie odpadów wydobywczych z kopalń węgla kamiennego, wskazuje na znaczące antropogeniczne przekształcenie środowiska wodnego. W niniejszym artykule na podstawie wyników badań monitoringowych z lat 1995–2014, scharakteryzowano jakość wód czwartorzędowego piętra wodonośnego. Omówiono zróżnicowanie przestrzenne chemizmu i jakości wód podziemnych i powierzchniowych, będących odbiornikiem wód kopalnianych, uwarunkowane zróżnicowaną antropopresją.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Zakład Górniczy CTL Maczki-Bór S.A. jest zlokalizowany w południowo-wschodniej części Sosnowca, w granicach dolnego odcinka doliny kopalnej Białej Przemyszy. Na omawianym obszarze czwartorzędowe piętro wodonośne jest zbudowane głównie z piasków różnoziarnistych z wkładkami żwirów oraz ze żwirów z piaskiem. W warunkach niezakłóconego reżimu wodnego wyróżniano tu jeden, główny plejstocenijski poziom wodonośny, przedzielony miejscami przez warstwy utworów zastoiskowych, na dwie lub trzy warstwy wodonośne. Warunki naturalne oraz obecne, w warunkach zakłóconego reżimu wód podziemnych głównie działalnością górnictwa odkrywkowego, a także relacje plejstocenijskiego poziomu wodonośnego z wodami cieków powierzchniowych, były przedmiotem licznych badań (Gajowiec, Siemiński, 1997; Kropka 1984, 2006; Rózkowski, Rudzińska-Zapaśnik, Siemiński (red.), 1997; Wagner, Chmura, 1997).

Zakład górniczy prowadzi końcową eksploatację piasku na potrzeby górnictwa węglowego. Wyrobiska górnicze CTL Maczki-Bór S.A., powstałe po wydobyciu piasku

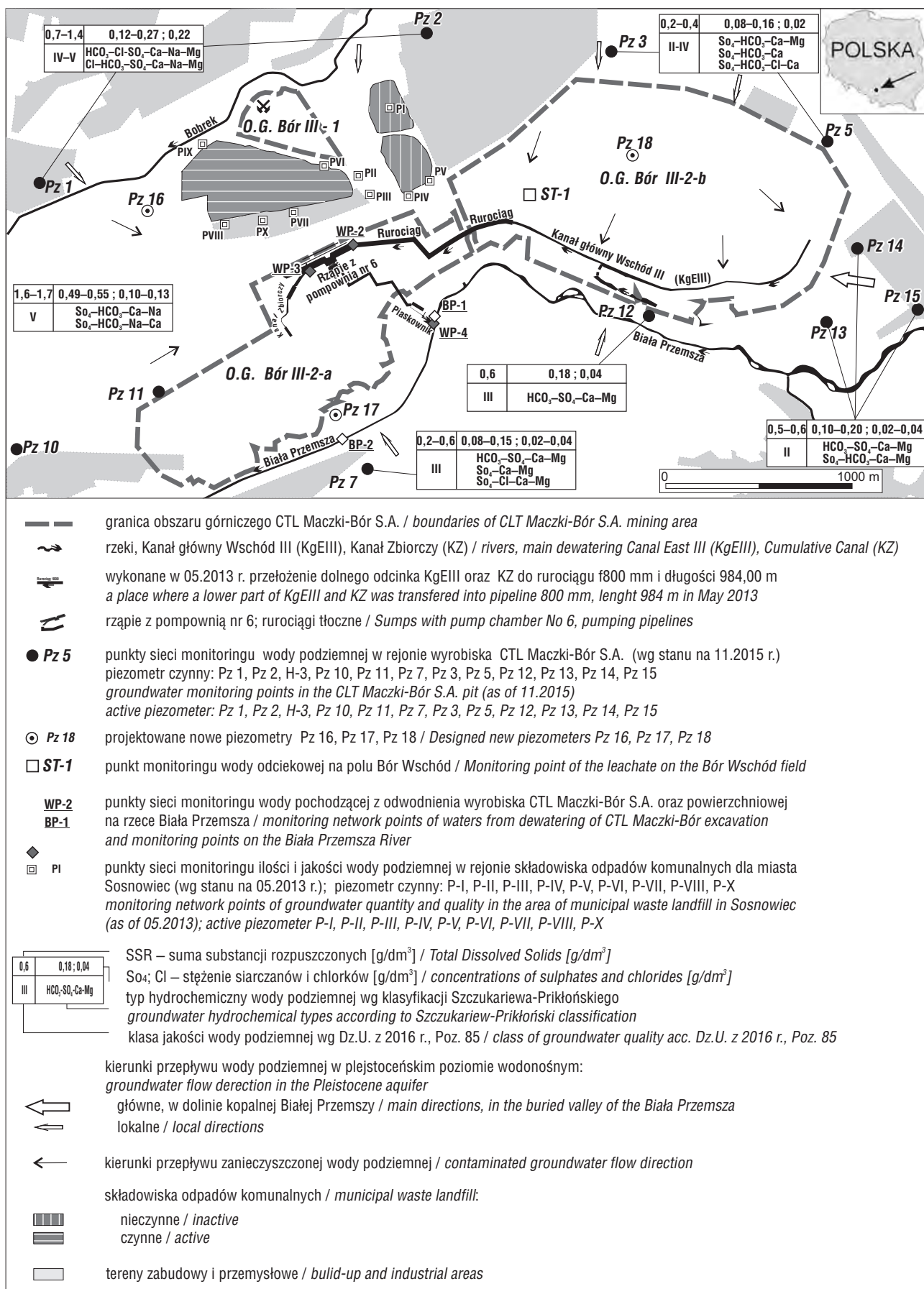
podsadzowego, są likwidowane przez wypełnienie (zawałowanie) przede wszystkim skałą wplonną, pochodzącą z kopalń węgla kamiennego. Zwałowanie stanowi jednocześnie rekultywację podstawową (techniczną), będącą pierwszym etapem zagospodarowania terenu. Na podstawie decyzji Urzędu Miejskiego w Sosnowcu z dnia 15.12.1977 r., zatwierdzającej ogólny plan realizacyjny Założeń Techniczno-Ekonomicznych, od 1977 r. tworzone zwałowisko Bór Zachód. Według stanu na wrzesień 2013 r. całkowita powierzchnia zrehabilitowanego wyrobiska wynosi 220,17 ha (decyzje Urzędu Miejskiego w Sosnowcu z dnia 07.06.2011 r. oraz z dnia 16.02.2012 r., uznające zakończenie rekultywacji). Zwałowisko Bór Wschód powstaje od 2004 r. na podstawie decyzji Prezydenta Miasta Sosnowca z dnia 07.01.2004 r., uzgadniającej warunki rekultywacji pola Bór Wschód. Obecnie całkowita powierzchnia rekultywowanego wyrobiska wynosi ok. 220 ha.

Tereny w sąsiedztwie wyrobiska odkrywkowego zajmują obszary zurbanizowane i przemysłowe. W północnej części pola Bór Zachód jest zlokalizowane składowisko odpadów komunalnych dla Sosnowca (ryc. 1)

Odwodnienie skarpy eksploatacyjnych i wyrobiska odbywa się systemem grawitacyjnym. Sieć rowów i kanałów zmieniała swój przebieg wraz z postępem robót górniczych i udostępnianiem kolejnych warstw złoża piasku, a następnie z zaawansowaniem prac rekultywacyjnych. Obecnie podstawowe znaczenie w odwadnianiu wyrobiska eksploatacyjnego Maczki-Bór ma Kanał KgEIII, odwadniający trzecią warstwę złoża (ryc. 1). Przebiega on wzdłuż wschodniej, południowo-wschodniej i południowej skarpy wyrobiska Bór Wschód. Lustro wody w kanale kształtuje się od +225,9 do +225,2 m. W maju 2013 r. wykonano znaczącą korektę w systemie odwadniania odkrywkowego wyrobiska. Wodę płynącą źródłowym oraz środkowym odcinkiem kanału KgEIII, skierowano rurociągiem o średni-

¹ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec; jacek.rozkowski@us.edu.pl, andrzej.witkowski@us.edu.pl, janusz.kropka@us.edu.pl.

² CTL Maczki-Bór S.A., ul. Długa 90, 41-208 Sosnowiec; slawomir.rzepecki@ctl.pl.



Ryc. 1. Sieć monitoringowa i skład chemiczny wód w rejonie rekultywowanego wyrobiska piasku podsadzkowego Maczki-Bór
 Fig. 1. The monitoring network and water chemistry in the area of reclaimed open pit Maczki-Bór

cy 800 mm bezpośrednio do rząpia. W lipcu 2013 r. rozpoczęto powolne zasypywanie dolnego odcinka kanału. Podstawą drenażu wody plejstoceniowego poziomu wodonośnego pozostał kanał zbiorczy z lustrem wody na rzędnej +221,6 m oraz rzapie pompowni głównej nr 6. Lustro wody w rzapiu kształtuje się średnio na rzędnej +220,90÷+221,50 m (ryc. 1).

METODY BADAŃ

Oddziaływanie skały płonnej, wypełniającej wyrobiska popiaskowe, na wody podziemne i powierzchniowe jest badane od 1995 r. w ramach lokalnego monitoringu. Sieć monitoringu wody plejstoceniowego poziomu wodonośnego w rejonie wyrobiska Maczki-Bór składa się łącznie

z 12 piezometrów i 3 punktów (WP-2, WP-3, WP-4) na kanałach odwadniających (ryc. 1). Badaniami objęto także wody odciekowe ze skały płonnej zdeponowanej na zwałowisku Bór Wschód (ST-1) oraz wody Białej Przemyszy przed i za zrzutem zbiorczych wód. Zakres badań monitoringowych i ich częstotliwość jest zróżnicowana.

Monitoring jakości wód podziemnych jest realizowany z częstotliwością dwa razy w roku i obejmuje następujące oznaczenia: pH, PEW, sumę substancji rozpuszczonych (SSR), Cl, SO₄, HCO₃, Ca, Mg, twardość ogólną, Na, K, Fe_{og}, Mn, Zn, Pb oraz zawiesinę ogólną. Dodatkowo, z taką samą częstotliwością, w piezometrach Pz10 i Pz11 (ujmujących wodę podziemną w podłożu zrehabilitowanego pola Bór Zachód) są oznaczane węglowodory ropopochodne, natomiast w piezometrach Pz3, Pz5 i Pz12 (monitorują-

Tab. 1. Zmienność wybranych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych w punktach monitoringu w rejonie wyrobiska CTL Maczki-Bór S.A. (w okresie 2006–2014)

Table 1. Variability of selected indicators of groundwater pollution in monitoring points in the area of open pit Maczki-Bór (in the period 2006–2014)

Wskaźnik zanieczyszczeń Contamination indicator	Skrajne wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń $\frac{\min}{\max}$ Extreme values of selected contamination indicators $\frac{\min}{\max}$								
	pole Bór Zachód / field Bór Zachód						pole Bór Wschód / field Bór Wschód		
	Pz 1	Pz 2	H-3	Pz 7	Pz 10	Pz 11	Pz 3	Pz 5	Pz 12
pH	$\frac{6,6}{6,9}$	$\frac{6,5}{7,9}$	$\frac{7,5}{9,0}$	$\frac{5,9}{7,3}$	$\frac{6,8}{7,5}$	$\frac{6,7}{7,8}$	$\frac{6,3}{7,0}$	$\frac{6,1}{6,8}$	$\frac{7,0}{7,9}$
PEW [mS/cm]	$\frac{0,619}{1724}$	$\frac{0,810}{4,54}$	$\frac{0,229}{0,854}$	$\frac{0,158}{0,277}$	$\frac{1,210}{1,953}$	$\frac{1,021}{8,080}$	$\frac{0,436}{0,663}$	$\frac{0,283}{0,660}$	$\frac{0,673}{0,847}$
Suma substancji rozpuszczonych [mg/dm ³] Total Dissolved Solids [mg/dm ³]	$\frac{440}{1515}$	$\frac{522}{2970}$	$\frac{165}{750}$	$\frac{112}{315}$	$\frac{1030}{6910}$	$\frac{719}{5840}$	$\frac{323}{1412}$	$\frac{218}{497}$	$\frac{565}{688}$
Ca ²⁺ [mg/dm ³]	$\frac{70,9}{254}$	$\frac{65,6}{267}$	$\frac{6,41}{141}$	$\frac{11,7}{36,5}$	$\frac{101}{334}$	$\frac{81,6}{336}$	$\frac{54,4}{218}$	$\frac{39,5}{104}$	$\frac{85,2}{146}$
Mg ²⁺ [mg/dm ³]	$\frac{20,4}{62}$	$\frac{17,5}{58}$	$\frac{14,5}{27,2}$	$\frac{3,5}{16,8}$	$\frac{27,7}{45,2}$	$\frac{31,4}{97,7}$	$\frac{9,4}{62,4}$	$\frac{5,9}{20,0}$	$\frac{20,9}{37,1}$
Na ⁺ [mg/dm ³]	$\frac{21,9}{170}$	$\frac{44,5}{789}$	$\frac{7,8}{22,8}$	$\frac{0,5}{15,2}$	$\frac{35}{188}$	$\frac{50}{533}$	$\frac{8,6}{101}$	$\frac{2,88}{38}$	$\frac{14,7}{29,3}$
K ⁺ [mg/dm ³]	$\frac{6,7}{12,2}$	$\frac{4,3}{43,8}$	$\frac{1,9}{4,1}$	$\frac{0,5}{6,0}$	$\frac{3,8}{30,2}$	$\frac{6,2}{28,5}$	$\frac{2,6}{37,1}$	$\frac{2,9}{9,2}$	$\frac{2,0}{8,0}$
Fe _{og} [mg/dm ³]	$\frac{0,005}{6,62}$	$\frac{0,026}{15,10}$	$\frac{0,004}{1,47}$	$\frac{0,098}{3,11}$	$\frac{0,097}{26,4}$	$\frac{0,004}{23,3}$	$\frac{0,022}{1,87}$	$\frac{0,072}{4,42}$	$\frac{0,005}{2,32}$
Mn ²⁺ [mg/dm ³]	$\frac{0,068}{3,25}$	$\frac{0,012}{2,20}$	$\frac{0,003}{0,64}$	$\frac{0,13}{0,515}$	$\frac{0,24}{2,5}$	$\frac{0,51}{4,24}$	$\frac{0,13}{1,69}$	$\frac{0,086}{0,39}$	$\frac{0,003}{0,69}$
NH ₄ ⁺ [mg/dm ³]	–	–	–	–	–	–	$\frac{0,027}{0,99}$	$\frac{0,007}{1,44}$	$\frac{0,053}{6,0}$
Zn ²⁺ [mg/dm ³]	$\frac{0,089}{0,13}$	$\frac{0,010}{0,16}$	$\frac{0,005}{0,016}$	$\frac{0,005}{0,48}$	$\frac{0,005}{0,32}$	$\frac{0,005}{0,036}$	$\frac{0,01}{0,39}$	$\frac{0,20}{1,13}$	$\frac{0,005}{0,033}$
Pb ²⁺ [mg/dm ³]	$\frac{0,001}{0,03}$	$\frac{0,001}{0,042}$	$\frac{0,001}{0,042}$	$\frac{0,001}{0,042}$	$\frac{0,001}{0,056}$	$\frac{0,001}{0,072}$	$\frac{0,001}{0,037}$	$\frac{0,001}{0,791}$	$\frac{0,001}{0,035}$
HCO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	$\frac{140}{495}$	$\frac{152}{601}$	$\frac{65,9}{305}$	$\frac{18,3}{129}$	$\frac{240}{580}$	$\frac{50,6}{823}$	$\frac{59,8}{549}$	$\frac{6,0}{148}$	$\frac{219}{274}$
SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	$\frac{132}{335}$	$\frac{104}{541}$	$\frac{18,9}{197}$	$\frac{12,1}{79,1}$	$\frac{154}{561}$	$\frac{237}{1167}$	$\frac{137}{388}$	$\frac{40,7}{248}$	$\frac{130}{210}$
Cl ⁻ [mg/dm ³]	$\frac{23}{239}$	$\frac{121}{1210}$	$\frac{15}{52}$	$\frac{7,9}{33}$	$\frac{34}{198}$	$\frac{22}{544}$	$\frac{19}{172}$	$\frac{15}{84}$	$\frac{27}{42}$
NO ₃ [mg/m ³]	–	–	–	–	–	–	$\frac{0,88}{12,3}$	$\frac{0,17}{3,49}$	$\frac{0,11}{42,1}$
NO ₂ [mg/dm ³]	–	–	–	–	–	–	$\frac{0,015}{0,266}$	$\frac{0,005}{0,125}$	$\frac{0,015}{0,79}$

cych wody podziemne dopływające do rekultywowanego pola Bór Wschód) – mineralne formy azotu.

W zbiorczych wodach pompowanych z rzepia do Białej Przemyszy, monitorowanych sześć razy w roku, dodatkowo oznacza się związki: N, P, metale ciężkie (Ba, Cr_{og.}, Cd, Cu, As, Ni), związki ropopochodne, fenole, fluorki oraz ChZT_{Cr} i BZT₅. W wodach tych jeden raz w roku wykonuje się badania promieniotwórczości: ²²⁶Ra i ²²⁸Ra.

Wody odciekowe ujmowane w studni ST-1 na zwałowisku Bór Wschód są badane dwa razy w roku w zakresie: pH, PEW, SSR, zawiesina ogólna, ChZT_{Cr}, BZT₅, związki

azotu, Cl, SO₄, HCO₃, Ca, Mg, twardość ogólna, Na, K, Fe_{og.}, Mn, Zn i Pb.

Wody Białej Przemyszy są monitorowane dwa razy w roku w zakresie: pH, PEW, SSR, zawiesina ogólna, Cl, SO₄, HCO₃, Ca, Mg, twardość ogólna, Na, K, Fe_{og.}, Mn, Zn i Pb.

Na podstawie wyników badań z lat 2006–2014 opracowano ocenę składu chemicznego wód podziemnych na analizowanym obszarze (tab. 1; Witkowski, Rózkowski, 2016). Jakość ich oceniono na podstawie średniorocznych wartości z 2012 r. (tab. 2; Kropka i in., 2013; Rózkowski, Witkowski, 2013).

Tab. 2. Klasy jakości wód podziemnych w punktach monitoringu w rejonie wyrobiska CTL Maczki-Bór S.A.; wartości średnioroczne dla 2012 r. (klasy wg Dz.U. z 2016 r. poz. 85)

Table 2. Classes of groundwater quality in monitoring points in the area of open pit Maczki-Bór; annual mean values in 2012 (according to Dz.U. z 2016 r. poz. 85)

Strefa opróbowania <i>Sampling zone</i>	Pole Bór Zachód / <i>Field Bór Zachód</i>						Pole Bór Wschód / <i>Field Bór Wschód</i>		
	dopływ wód z kierunku NW i N <i>waters inflowing from NW and N</i>		dopływ wód z kierunku SW i S <i>waters inflowing from SW and S</i>		podłoże wyrobiska <i>substrate in excavation</i>		dopływ wód z kierunku N i NE <i>waters inflowing from N and NE</i>		dopływ wód z kierunku S <i>waters inflowing from S</i>
Symbol punktu opróbowania <i>Symbol of the sampling point</i>	Pz 1	Pz 2	H-3	Pz 7	Pz 10	Pz 11	Pz 3	Pz 5	Pz 12
pH	6,9	6,95	7,03	7,3	7,05	7	6,45	6,65	7,65
PEW [mS/cm]	1,724	0,915	1,887	0,186	1,896	1,878	0,533	0,287	0,73
Ca ²⁺ [mg/dm ³]	223	90,7	120,5	23,4	257,5	161	58,9	50,65	109
Mg ²⁺ [mg/dm ³]	49,4	22,15	24,25	6,6	41,5	35,25	24,8	6,03	27,45
Na ⁺ [mg/dm ³]	105	76,9	16,4	1,6	181,5	241	12,95	2,92	21,2
K ⁺ [mg/dm ³]	11	7,86	2,21	2,6	4,83	11,45	6,88	3,21	2,89
Fe _{og.} [mg/dm ³]	0,062	14,85	1,375	3,09	25,55	12,2	1,8	0,38	2,3
Mn ²⁺ [mg/dm ³]	0,98	0,425	0,555	0,43	1,995	1,525	0,99	0,22	0,67
NH ₄ ⁺ [mg/dm ³]							0,027	0,033	0,22
Zn ²⁺ [mg/dm ³]	0,098	0,098	0,01	0,425	0,01	0,01	0,285	0,345	0,01
Pb ²⁺ [mg/dm ³]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
HCO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	477	161	279,5	19,65	573,5	483,5	61	64,9	246,5
SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	272	121,5	148	77,6	552	490,5	155,5	77,55	180,5
Cl ⁻ [mg/dm ³]	217	222	45	14,5	96,5	126,5	25	19,5	38,5
NO ₃ ⁻ [mg/dm ³]							1,02	0,22	0,33
NO ₂ ⁻ [mg/dm ³]							0,092	0,111	0,109
Klasa jakości wody Groundwater quality class	IV	V	III	III	V	V	IV	II	III
Wskaźniki decydujące o słabym stanie chemicznym wody <i>Indicators determining the poor chemical status of water</i>	Ca ²⁺ SO ₄ ²⁻	Fe _{og.}			Ca ²⁺ Fe _{og.} Mn ²⁺ HCO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻	Na ⁺ Fe _{og.} Mn ²⁺ SO ₄ ²⁻	pH		
klasa I wody bardzo dobrej jakości <i>class I very good quality water</i>	klasa II wody dobrej jakości <i>class II good quality water</i>		klasa III wody zadowalającej jakości <i>class III satisfactory quality water</i>			klasa IV wody niezadawalającej jakości <i>class IV unsatisfactory quality water</i>		klasa V wody złej jakości <i>class V bad quality water</i>	

SKŁAD CHEMICZNY I JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH

Skład chemiczny i jakość wód czwartorzędowego piętra wodonośnego w rejonie wyrobiska CTL Maczki-Bór S.A. są zróżnicowane przestrzennie (tab. 2). Wody dopływające z kierunku północnego i północno-zachodniego, monitorowane przez piezometry (Pz1 i Pz2), są silnie przeobrażone w wyniku nakładającego się negatywnego oddziaływania takich ognisk zanieczyszczeń jak: składowiska odpadów komunalnych, stare zwałowiska odpadów wydobywczych, osadniki wód dołowych oraz nieskanalizowane osiedla mieszkaniowe. Charakteryzują się one wyższymi wartościami mineralizacji (do ok. 3 g/dm³), stężenia SO₄ (do 0,54 g/dm³) i Cl (do 1,21 g/dm³), ale także Fe (do 15 mg/dm³) i Mn (do 3,2 mg/dm³) pochodzenia geogenicznego (tab. 1). Należą do przekształconych antropogenicznie wód typu HCO₃-Cl-SO₄-Ca-Na-Mg i Cl-HCO₃-SO₄-Na-Ca-Mg. Także wody podziemne w podłożu wyrobiska (piezometry Pz10 i Pz11), będące pod wpływem skały płonnej wypełniającej wyrobisko górnicze na zreultywowanym polu Bór Zachód, są zmienione antropogenicznie i charakteryzują się mineralizacją okresowo przekraczającą 6,0 g/dm³, wysokimi stężeniami SO₄ (do 1,17 g/dm³) i Cl (do 0,54 g/dm³) oraz Fe (do ok. 27 mg/dm³) i Mn (do ok. 4,2 mg/dm³) (tab. 1). Były to wody typów: HCO₃-SO₄-Ca-Na i SO₄-HCO₃-Na-Ca. Zarówno wody napływające z kierunku północnego i północno-zachodniego, jak i w spągu wyrobiska wypełnionego skałą płonną, cechowały się słabym stanem chemicznym. Wskaźnikami decydującymi o takiej ocenie były w pierwszym wypadku: Fe_{og}, Ca i SO₄, w drugim wypadku Fe_{og}, Mn, Ca Na, SO₄, HCO₃ (tab. 2). Z kolei wody dopływające z kierunków: północno-wschodniego, wschodniego, południowego i południowo-zachodniego wykazują niski stopień przekształcenia i cechują się dobrym stanem chemicznym (tab. 2). Analiza typów hydrogeochemicznych wód w różnych strefach ich występowania wykazała, że jedynie wody dopływające z kierunku południowego i wschodniego cechowały się typem HCO₃-SO₄-Ca-Mg, najbardziej zbliżonym do naturalnego w takim środowisku hydrogeologicznym.

Zbiornice wody zrzucane do Białej Przemyszy i pochodzące z odwadniania kopalni kanałami odwadniającymi charakteryzowały się 6-jonowymi typami wód, często z dominującym udziałem Cl i podwyższoną zawartością Na. W 2014 r. wody z odwodnienia pola Bór Wschód były wodami III klasy jakości (wody dobrej jakości), natomiast wody z odwodnienia pola Bór Zachód były wodami IV klasy jakości (wody niezadowolającej jakości), o czym decydowały wskaźniki: PEW i SO₄. W wodach tych nie stwierdzono podwyższonych zawartości fenolu i substancji ropopochodnych oraz badanych okresowo izotopów promieniotwórczych ²²⁶Ra i ²²⁸Ra.

DLUGOOKRESOWE ZMIANY SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD

Opisywany obszar kopalni odkrywkowej, o długoletniej eksploatacji piasku podsadzkiowego oraz prowadzonej rekultywacji wyeksploatowanych partii złoża, cechuje się względnie stabilnymi warunkami hydrodynamicznymi, ale zmieniającymi się warunkami hydrochemicznymi wynikającymi z wypełniania wyrobisk podstawowym materiałem, jakim jest skała płonna z górnictwa węgla kamiennego.

W ostatnich latach obserwuje się nieznaczny poprawę jakości monitorowanych wód podziemnych i brak negatywnych tendencji do wzrostu zawartości Cl i SO₄ (Witkowski, Rózkowski, 2016). Z kolei w wodach z odwadniania kopalni zaobserwowano w okresie 1995–2014 ogólny trend wzrostu zawartości poszczególnych składników, zwłaszcza zawartości Cl, SO₄, SSR. W zbiorczych wodach SSR wzrosła od ok. 0,7 do ok. 1,6 g/dm³, a stężenia Cl od 0,12 do 0,30 g/dm³ (Kropka i in., 2013; Witkowski, Rózkowski, 2016). Wyraźne wzrosty okresowe są związane głównie z poprzedzającymi zwiększonymi opadami atmosferycznymi. Dodatkowy wpływ na obserwowane zmiany jakościowe monitorowanych wód mogło mieć okresowe stosowanie w rekultywacji emulgatu wodno-popiołowego, z którego powstające odcieki przenikały do kanału odwadniającego.

Ocenę oddziaływania skał płonnych wypełniających wyrobiska na wody podziemne i powierzchniowe wykonano z wykorzystaniem dotychczasowych ekspertyz (Rubin i in., 2002; Łączny i in., 2011) oraz aktualnych wyników badań monitoringowych, w tym wykonywanych w studzienkach St1 i St2 (obecnie zlikwidowana), ujmujących odcieki pod zdeponowanymi skałami płonnymi na polu Bór Wschód. Przy dużych okresowych wahaniach zawartości Cl i SO₄ w odciekach obserwuje się ogólną tendencję do zwiększania się zawartości tych składników w wodach w studzienkach (w studziencie St1 – Cl do 2,14 g/dm³, SO₄ do 1,79 g/dm³ w 2014 r.). Zmiany parametrów, obserwowane zwłaszcza od 2006 r. w rejonie pola Bór Wschód, mogą wynikać z rozpoczętego w tym rejonie w 2004 r. wypełniania wyrobiska górniczego skałą płonną, której miąższość przekracza 14 m. W przypadku dalszego deponowania skały płonnej do docelowej rzędnej +255 m n.p.m., z uwagi na praktyczne podwojenie ich miąższości, należy spodziewać się zwiększenia ładunku zanieczyszczeń dostających się do wód podziemnych i w konsekwencji okresowego wzrostu zanieczyszczenia, szczególnie w spągowych partiach zreultywowanego wyrobiska (Łączny i in., 2011).

Ze wzrostem zawartości poszczególnych składników w wodach podziemnych (głównie siarczanów) należy się przede wszystkim liczyć w przypadku zaprzestania odwadniania i podnoszenia się zwierciadła wód podziemnych w rejonie pola Bór Wschód. Jednakże w rejonie zreultywowanego pola Bór Zachód nie zaobserwowano dotychczas wzrostu zawartości poszczególnych składników w wodach podziemnych wraz z podnoszeniem się ich zwierciadła, podczas przesuwania się obszaru eksploatacji.

PODSUMOWANIE

Kompleksowa sieć lokalnego monitoringu w rejonie wyrobiska CTL Maczki-Bór S.A., częściowo wypełnionego skałą płonną, obejmuje badaniami: wody plejstocénskiego poziomu wodonośnego (piezometry, punkty na kanałach odwadniających), wody odciekowe ze zdeponowanej skały płonnej na zwałowisku Bór Wschód oraz wody Białej Przemyszy przed i za zrzutem zbiorczych wód.

Chemizm i jakość wód czwartorzędowego piętra wodonośnego w rejonie wyrobiska Maczki-Bór są zróżnicowane przestrzennie. Najbardziej przeobrażone są poddane silnej antropopresji wody dopływające z kierunku północnego i północno-zachodniego oraz wody w podłożu wyrobiska wypełnionego skałą płonną. Charakteryzują się one typami 4–6-jonowymi, wysokimi wartościami mineralizacji (>6,0 g/dm³), stężenia SO₄ (do 1,17 g/dm³) i Cl (do 1,21 g/dm³),

ale także Fe (do 27 mg/dm³) i Mn (do 4,2 mg/dm³) i słabym stanem chemicznym. Z kolei wody dopływające z kierunków północno-wschodniego, wschodniego, południowego i południowo-zachodniego wykazują niski stopień przekształcenia i cechują się dobrym stanem chemicznym.

W wodach z odwadniania kopalni obserwuje się w okresie 1995–2014 ogólny trend wzrostu zawartości poszczególnych składników chemicznych, zwłaszcza zawartości Cl, SO₄, SSR. W zbiorczych wodach SSR wzrosła od ok. 0,7 do ok. 1,6 g/dm³, a stężenia Cl od 0,12 do 0,30 g/dm³. Tendencja ta jest analogiczna do zwiększania się zawartości poszczególnych składników w odciekach pod zdeponowaną skałą płonną na polu Bór Wschód (w studziencie St1 – Cl do 2,14 g/dm³, SO₄ do 1,79 g/dm³ w 2014 r.). Po rozpoczęciu w 2004 r. wypełniania wyrobiska górniczego skałą płonną z górnictwa węgla kamiennego są obserwowane zmiany zawartości wymienionych składników wód podziemnych w rejonie pola Bór Wschód.

Na podstawie oceny wpływu przeprowadzanej rekultywacji wyrobisk na środowisko wodne należy zaznaczyć, że zawartości chlorków i siarczanów w badanych wodach podziemnych napływających od północy (od strony składowisk odpadów komunalnych) są wyższe niż w wodach w kanałach odwadniających oraz w wodach zrzucanych do Białej Przemszy z piaskownika. Świadczy to zarówno o nakładającym się negatywnym oddziaływaniu na środowisko wodne różnych ognisk zanieczyszczeń, jak i o ograniczonym wpływie rekultywowanych wyrobisk na to środowisko.

Autorzy składają podziękowania Recenzentom za wnikliwe i krytyczne uwagi umożliwiające podniesienie poziomu merytorycznego pracy, a Redaktorom składają podziękowania za wielki trud wniesiony w korektę redakcyjną artykułu. Autorzy składają serdeczne podziękowania Dyrekcji CTL Maczki Bór S.A. w Sosnowcu za możliwość realizacji artykułu jako efektu wykonania opracowania „Optymalizacja monitoringu wód i gleb w rejonie Pola Bór Zachód i Bór Wschód Zakładu Górniczego CTL Maczki Bór S.A. w związku z modyfikacją warunków hydrogeologiczno-górnictwowych i antropogenicznych w rejonie odkrywkowego wyro-

biska CTL Maczki-Bór S.A.”, wykonanego na zlecenie CTL Maczki Bór S.A. w Sosnowcu przez Katedrę Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Śląskiego. Artykuł został sfinansowany z badań statutowych Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Śląskiego.

LITERATURA

- GAJOWIEC B., SIEMIŃSKI A. 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000 ark. Jaworzno (944; wraz z objaśnieniami). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 1–26.
- KROPKA J. 1984 – Hydrogeologia obszaru doliny Białej Przemszy między Sławkowem a Niwką. Praca doktorska. Arch. Inst. Hydr. i Geol. Inż. AGH, Kraków.
- KROPKA J. 2007 – Infiltracja efektywna w rejonie odkrywkowej kopalni piasku Maczki-Bór. Prz. Gór., 62 (12): 45–53.
- KROPKA J., WITKOWSKI A.J., WALIGÓRA J., RUBIN H., KAŻMIERCZAK J. 2013 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku ze zmianą odwodnienia w celu wydobycia piasku w odkrywkowym wyrobisku CTL Maczki-Bór S.A., Sosnowiec-Bór, woj. śląskie. Kat. Hydr. i Geol. Inż. UŚI, Sosnowiec, s. 94.
- ŁĄCZNY M.J., BUKOWSKI P., KUBICA J., NIEDBALSKA K., AUGUSTYNIAK I., BAUREK A., JANOSZEK T., CEMPA P., ŚWINDER H., GOGOLA K. 2011 – Prognoza wpływu Pola Bór Wschód oraz Pola Bór Zachód na środowisko gruntowo-wodne. GIG, Katowice.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dn. 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych. Dz.U. z 2016 r. poz. 85.
- RÓŻKOWSKI A., RUDZIŃSKA-ZAPAŚNIK T., SIEMIŃSKI A. (red.) 1997 – Mapa warunków występowania, użytkowania, zagrożenia i ochrony zwykłych wód podziemnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia w skali 1 : 100 000 (wraz z objaśnieniami). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 1–63.
- RÓŻKOWSKI J., WITKOWSKI A.J. 2013 – Operat wodnoprawny na odwadnianie Zakładu Górniczego CTL Maczki-Bór S.A.” oraz zrzut wód pochodzących z odwadniania Zakładu Górniczego do rzeki Białej Przemszy. Kat. Hydr. i Geol. Inż. UŚI, Sosnowiec.
- RUBIN K., RUBIN H., CABAŁA J. 2002 – Ekspertyza oddziaływania wykorzystywanych do rekultywacji pola „Bór-Wschód” odpadów na zbiorniki wód podziemnych, w szczególności na GZWP „Chrzanów” na etapie wypełniania wyrobiska z prognozą oddziaływania po wypełnieniu. Arch. WNoZ UŚI, Sosnowiec.
- WAGNER J., CHMURA A. 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Katowice (943; wraz z objaśnieniami). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 1–31.
- WITKOWSKI A.J., RÓŻKOWSKI J., 2016 – Optymalizacja monitoringu wód i gleb w rejonie pola Bór Zachód i Bór Wschód Zakładu Górniczego CTL Maczki-Bór S.A. Kat. Hydr. i Geol. Inż. UŚI, Sosnowiec.