

Beata Jabłońska

Wpływ wód dołowych odprowadzanych z Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit” na jakość wody w Potoku Goławieckim

Duży wpływ na jakość wody w rzekach wywierają kopalnie, które odprowadzają do nich zasolone wody dołowe. Specyficzne położenie kopalń w Polsce powoduje, że zasolenie głównych rzek Polski ma miejsce już w ich górnym biegu. Ilość i jakość wód odpompowywanych z wyrobisk górniczych na powierzchnię zależy od czynników hydrogeologicznych, stanu technicznego oraz gospodarki wodno-ściekowej kopalni. W ostatnich latach jakość wód dołowych odprowadzanych do rzek poprawiła się w wyniku podejmowania przez kopalnie różnorodnych działań, np. zagospodarowania części najbardziej zmineralizowanych wód do celów technologicznych. Jednak jakość wód powierzchniowych wskutek odprowadzania do nich wód dołowych jest nadal niezadowalająca [1–3].

Odbiornikiem wód dołowych odprowadzanych z Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit” jest Potok Goławiecki (woj. śląskie). O jakości wody w tym potoku decydują między innymi technologia oczyszczania wód dołowych w kopalni, stopień ich oczyszczenia, a także częstość oraz ilość odprowadzanych wód dołowych.

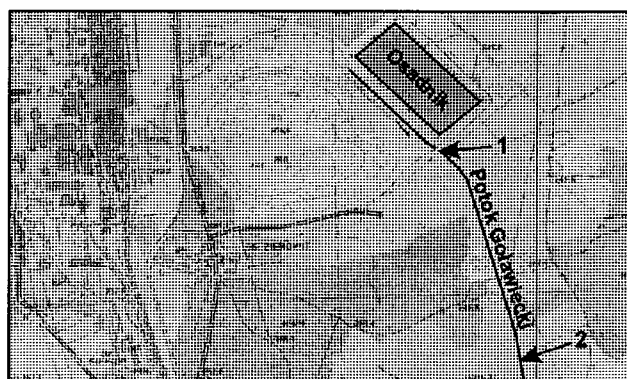
W niniejszej pracy dokonano oceny wpływu wód dołowych odprowadzanych z KWK „Ziemowit” oraz technologii ich oczyszczania na zmiany jakości wody w Potoku Goławieckim.

Przedmiot i metodyka badań

Potok Goławiecki, będący lewobrzeźnym dopływem Wisły, ma długość 9,5 km, a powierzchnia jego zlewni wynosi 37,7 km². W górnym biegu potok płynie uregulowanym korytem, a od miejscowości Łędziny – korytem naturalnym. Charakterystyczne przepływy wód w potoku, po uwzględnieniu poboru wody i zrzutów ścieków w przekroju zamykającym jego zlewnię, wynoszą [4]:

- przepływ średni roczny (SRQ) – 0,264 m³/s,
- przepływ średni niski (SNQ) – 0,105 m³/s.

Potok Goławiecki rozpoczyna się w miejscu wylotu wód dołowych z kopalni Ziemowit (powyżej tego miejsca jest ciekim podziemnym). W okresie od czerwca do grudnia 2002 r. przeprowadzono siedem poborów próbek wody (raz w miesiącu) na dwóch stanowiskach, które wyznaczono – uwzględniając specyfikę badanego odbiornika – w następujący sposób (rys. 1):



Rys. 1. Potok Goławiecki – lokalizacja punktów poboru próbek wody

– stanowisko nr 1 usytuowano 5 m poniżej odpływu wód dołowych z osadnika ziemnego, z którego są one okresowo zrzucane do Potoku Goławieckiego (KWK „Ziemowit” odprowadza do osadnika całość wód słonych z poziomów wydobywczych II (500 m) i III (650 m); wody dopływające do wyrobisk górniczych na poziomach II i III to w większości wody miernie zasolone o zawartości sumy jonów Cl⁻ i SO₄²⁻ od 1,8 g/dm³ do 42 g/dm³; w celu usunięcia zawiesziny wody dołowe w ilości 17 m³/min wprowadzane są do osadnika),

– stanowisko nr 2 usytuowano około 900 m poniżej stanowiska nr 1, przed odpływem ścieków z oczyszczalni KWK „Ziemowit”.

Stanowiska 1 i 2 charakteryzują część cieką znajdującego się pod bezpośrednim wpływem wód kopalnianych, gdyż na tym odcinku nie są wprowadzane żadne inne wody i ścieki. KWK „Ziemowit” odprowadza wody dołowe po sedymentacji (24480 m³/d) do potoku dwukrotnie w ciągu doby (ok. godz. 3 i godz. 13). W celu określenia wpływu wód dołowych na jakość wody w Potoku Goławieckim zbadano wybrane wskaźniki jakości wody pobranej do badań przed i po zrzucie wód kopalnianych. Wyniki pomiarów na stanowiskach 1 i 2 przed zrzutem wód kopalnianych oznaczono odpowiednio symbolami 1a i 2a, natomiast po zrzucie – 1b i 2b.

Próbki wody do badań pobrano czerpakiem Patalasa w sposób zsynchronizowany z ustalonym uprzednio czasem przepływu wody w potoku. Prędkość przepływu wody w Potoku Goławieckim na badanym odcinku zmierzono młynkiem hydrometrycznym typu HEGA-1 przed każdą serią poboru próbek. Prędkość przepływu wody wahała się od 0,25 m/s do 0,52 m/s. Na każdym stanowisku pobrano próbki do oznaczenia temperatury, zawartości tlenu rozpuszczonego, pH i mętności, wykonanych na miejscu przy użyciu sondy typu HORIBA U-22.23. Pozostałe oznaczenia chemiczne wykonano

w laboratorium według ogólnie stosowanych metodyk i obowiązujących norm. Zawartość zawieszin, jonów siarczanych oraz substancji rozpuszczonych oznaczono metodą wagową wg PN-74/C-04541, a jonów chlorkowych – metodą argentometryczną wg PN-74/C-04566/09.

Wyniki badań

Wyniki analiz fizyczno-chemicznych wody z Potoku Goławieckiego przedstawiono na rysunkach 2–9, natomiast w tabeli 1 zamieszczono wyniki analizy jakościowej wód dołowych z KWK „Ziemowit” pobranych z przelewu osadnika.

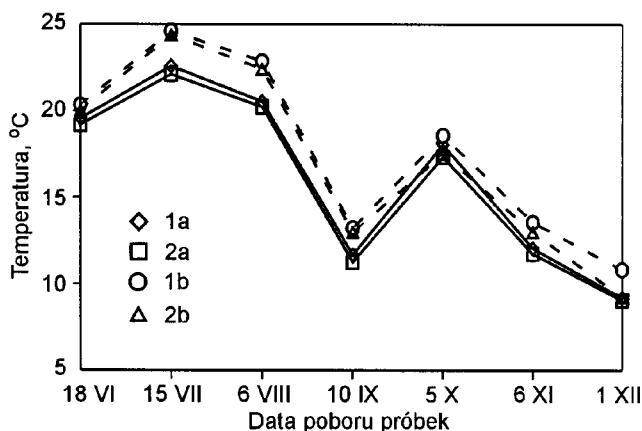
Tabela 1. Wartości wybranych wskaźników jakości wód kopalnianych odpływających z osadnika do Potoku Goławieckiego

Wskaźnika, jednostka	Wartość średnia
Temperatura, °C	18
Mętność, NTU	60,7
pH	7,5
Tlen rozpuszczony, gO ₂ /m ³	5,7
Zawiesiny ogólne, g/m ³	78
Chlorki, gCl/m ³	29400
Siarczany, gSO ₄ ²⁻ /m ³	1420
Substancje rozpuszczone, g/m ³	54000

W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie, jaki wpływ mają wody kopalniane odprowadzane z KWK „Ziemowit” na jakość wody w Potoku Goławieckim dokonano analizy zmian wartości wybranych wskaźników jakości wody odbiornika przed zrzutem i po zrzucie wód dołowych z osadnika.

Temperatura

Zmiany temperatury wody w okresie prowadzenia badań przedstawiono na rysunku 2. Najwyższą temperaturę w ciągu całego okresu badawczego (tj. 24 °C) zanotowano na początku lipca, we wrześniu nastąpiło szybkie wychłodzenie wody i spadek temperatury do 12 °C, natomiast w październiku zaobserwowano wzrost temperatury o 7 °C. Dalsze miesiące cechował już systematyczny spadek temperatury do 9 °C w pierwszych dniach grudnia. Na stanowiskach 1 i 2 odnotowano wzrost temperatury wody potoku po zrzucie wód kopalnianych średnio o około 1,3 °C. Przyczyną podwyższenia



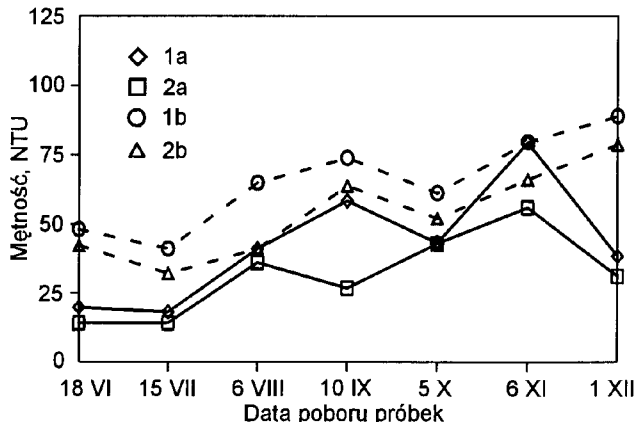
Rys. 2. Zmiany temperatury wody z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

temperatury wody potoku był przepływ powierzchniowy wody w osadniku wywołany różnicą temperatur i związaną z tym różnicą gęstości pomiędzy wodą w osadniku i dopływającą do niego ciepłą wodą kopalnianą. Dodatkowym czynnikiem było podgrzanie wody w osadniku spowodowane nasłonecznieniem, szczególnie widoczne w miesiącach letnich, w których przyrost temperatury wody potoku po zrzucie wyniósł około 3 °C.

Poszczególne miesiące różniły się często uwarunkowaniami meteorologicznymi, w tym także przebiegiem zmian temperatury. Zaobserwowano silną zależność między temperaturą wody w potoku i temperaturą powietrza atmosferycznego. W miesiącach letnich temperatura wody w potoku po zrzucie wód dołowych na stanowisku 2 była tylko nieznacznie niższa od temperatury na stanowisku 1, natomiast w miesiącach jesiennych różnice były zauważalnie większe, co było spowodowane intensywniejszym stygnięciem wody w niższej temperaturze otoczenia. Stygnięcie wody miało również związek z niewielką głębokością wody i w związku z tym z jej niewielką masą. Wody potoku charakteryzowały się małą bezwładnością termiczną, typową w płytkich zbiornikach i ciekach wodnych.

Mętność

Mętność wody charakteryzuje zawartość drobnych cząstek zawieszonych i koloidalnych, których źródłem mogą być ility i glinokrzemiany zawarte w wodach kopalnianych. Ze względu na bardzo małe rozmiary takich cząstek nie są one zatrzymywane w osadniku i są wnoszone do potoku wraz z wodami dołowymi. Zmiany mętności wody z Potoku Goławieckiego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Zmiany mętności wody z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

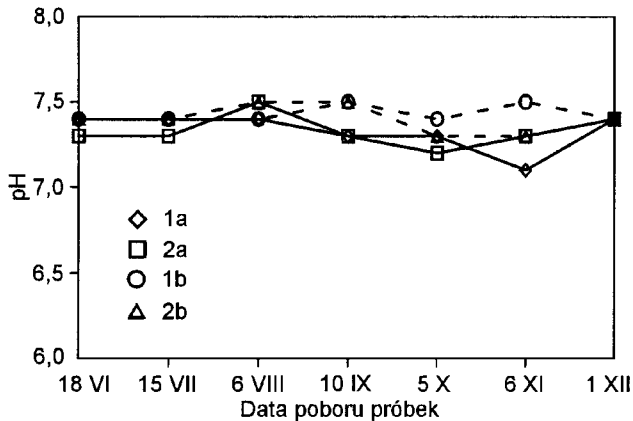
Mętność wody zmieniała się w granicach od 14 NTU w czerwcu do 89 NTU w grudniu. W czasie badań zmiany te wykazywały tendencję do wzrostu mętności wody. Największą mętność wody stwierdzono w okresie późnojesiennym, natomiast najniższą mętność, tj. w granicach 14–18 NTU zanotowano tylko od czerwca do sierpnia na stanowiskach 1 i 2 przed zrzutem wód dołowych. W całym okresie badań obserwowano wzrost mętności po zrzucie wód kopalnianych zarówno na stanowisku 1, jak i 2. Wyjątkiem jest wynik pomiaru z listopada na stanowisku 1 – nie stwierdzono wtedy wzrostu mętności po zrzucie wód dołowych. Wynikało to prawdopodobnie z tego, że badania przeprowadzono w warunkach polowych, w których nie można utrzymać na stałym poziomie wartości wszystkich parametrów mających wpływ na badany wskaźnik (np. natężenia przepływu wody, rodzaju ruchu wody

– burzliwy, laminarny). Wzrost mętności wody po zrzucie spowodowany był zaburzoną pracą osadnika. W osadniku ziemnym pojawiają się strugi wody o dużym natężeniu przepływu. Są to strumienie występujące między ławicami znajdującego się na dnie osadu lub termiczne prądy powierzchniowe. Dodatkowo wzrost mętności wody w potoku mogą wywołać opady deszczu i spływy powierzchniowe z pól.

Można zauważyć, że ogólnie mętność wody na stanowisku 2 była mniejsza niż na stanowisku 1, co wynikało z sedimentacji pewnej ilości cząstek zawieszonych w wodzie potoku.

pH

Przebieg zmian pH wody z Potoku Goławieckiego przedstawiono na rysunku 4.

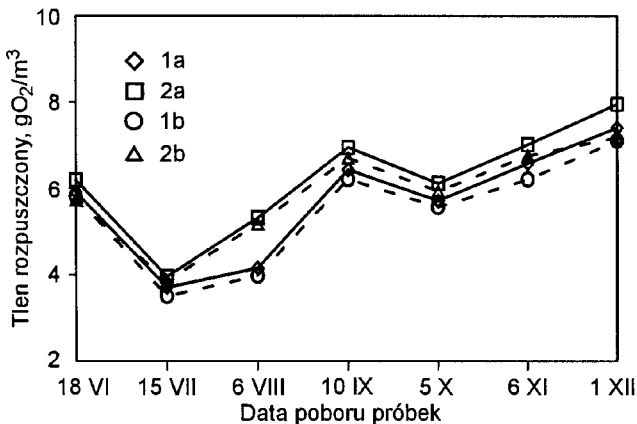


Rys. 4. Zmiany pH wody z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

Wartość pH wody w odbiorniku wód kopalnianych (7,1+7,5) zmieniała się w granicach przewidzianych w I klasie czystości. Zrzuty wód kopalnianych spowodowały tylko nieznaczny wzrost pH wody w Potoku Goławieckim. Wartości pH wody nie wykazywały zdecydowanych zmian, co było związane z pojemnością buforową, spowodowaną dużą twardością wody.

Tlen rozpuszczony

Przebieg zmian zawartości tlenu w wodzie z Potoku Goławieckiego przedstawiono na rysunku 5. Zawartość tlenu rozpuszczonego wahała się od 3,5 gO₂/m³ do 7,9 gO₂/m³, przy czym na stanowisku 2 zawartość tlenu była wyższa niż na stanowisku 1. Wskazuje to na natlenienie wody potoku na odcinku pomiędzy stanowiskami wskutek turbulencji jej



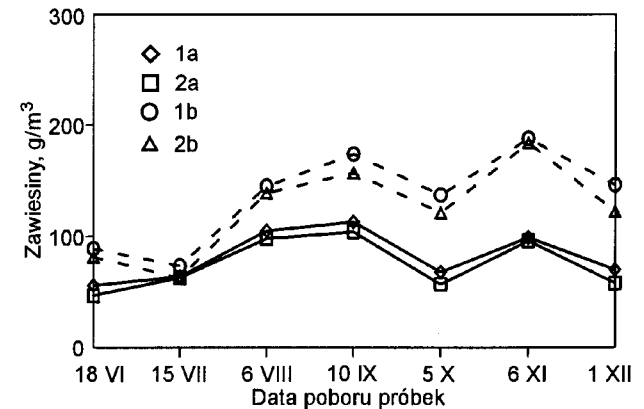
Rys. 5. Zmiany zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

warstw powierzchniowych, a także na niewielkie zużycie tlenu przez organizmy żywe. Jednocześnie zawartość tlenu po zrzucie wód dołowych była mniejsza niż przed zrzutem, co miało wyraźny związek z temperaturą wody. Stwierdzona zawartość tlenu rozpuszczonego była znacznie niższa od jego rozpuszczalności w wodzie (w danej temperaturze), czego przyczyną było stosunkowo duże zasolenie Potoku Goławieckiego słonymi wodami kopalnianymi. Wody dołowe wnoszą jony Cl⁻ i SO₄²⁻ w łącznej ilości około 30 g/dm³, co powoduje zmniejszenie rozpuszczalności tlenu w wodzie potoku o około 1+2 gO₂/m³.

W ciągu całego okresu prowadzenia pomiarów nasycenie wody tlenem utrzymywało się w granicach 40+80% nasycenia w temperaturze 20 °C. Wskaźnik ten dotyczył także okresów bezpośrednio po zrzucie wód kopalnianych. Zrzuty ciepłych wód kopalnianych nie spowodowały więc przesylenia wody tlenem ani jego ubytku w wodzie.

Zawiesiny

Zmiany zawartości zawiesin w wodzie z Potoku Goławieckiego przedstawiono na rysunku 6. Zawartość zawiesin ogólnych w wodzie zmieniała się od 47 g/m³ do 188 g/m³, przy czym wyższe wartości na obu stanowiskach stwierdzono – czego należało się spodziewać – po zrzucie wód z osadnika. Największy wzrost zawartości zawiesin po zrzucie wód dołowych (o ok. 90 g/m³) zaobserwowano w listopadzie, natomiast w lipcu wzrost był praktycznie niezauważalny.



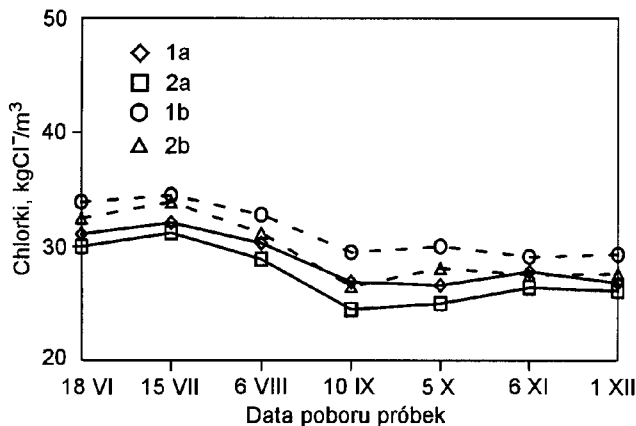
Rys. 6. Zmiany zawartości zawiesin w wodzie z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

Porównując zawartość zawiesin w wodzie na stanowiskach 1. i 2. można stwierdzić, że średnio tylko około 10% zawiesin uległo sedimentacji na odcinku Potoku Goławieckiego pomiędzy stanowiskami pomiarowymi, czego powodem może być zbyt duża prędkość przepływu wody, utrudniająca sedimentację zawiesin.

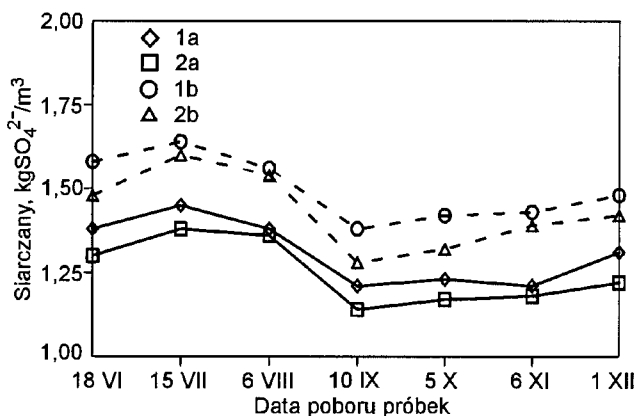
Jony chlorkowe i siarczanowe

Zmiany zawartości chlorków w wodzie przedstawiono na rysunku 7, a siarczanów na rysunku 8. Zawartość chlorków zmieniała się w zakresie od 25 kgCl⁻/m³ do 35 kgCl⁻/m³, natomiast siarczanów od 1140 gSO₄²⁻/m³ do 1640 gSO₄²⁻/m³. Tak wysokie stężenia chlorków (charakterystyczne dla wód morskich) przekraczają wielokrotnie wartości stężeń dopuszczalnych w wodach słodkich. Uwagę zwraca wysoka zawartość chlorków i siarczanów przed zrzutem wód z osadnika do gruntu, a następnie do potoku (przed stanowiskiem 1 Potok Goławiecki jest ciekim podziemnym) lub występowaniem podziemnych źródeł zasolonych wód gruntowych.

Zawartość chlorków i siarczanów na stanowisku 2 była mniejsza niż na stanowisku 1, co wskazuje na rozcieńczenie wód Potoku Goławieckiego innymi wodami, prawdopodobnie dopływającymi z okolicznych terenów wodami opadowymi. Potwierdza to fakt, że największe spadki zawartości chlorków i siarczanów stwierdzono w okresie jesiennym, kiedy opady deszczu były najbardziej intensywne (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Zmiany zawartości jonów chlorkowych w wodzie z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

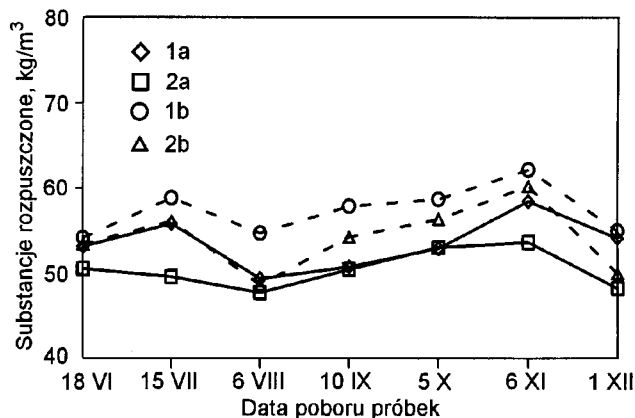


Rys. 8. Zmiany zawartości jonów siarczanowych w wodzie z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

Po zrzucie wód dołowych z osadnika zawartość chlorków zauważalnie wzrastała, przy czym stosunkowo duży wzrost stwierdzono w miesiącach letnich. Stwierdzono również, że w miesiącach letnich zawartość chlorków w badanych próbkach wody była zwykle wyższa niż w miesiącach jesiennych. Prawdopodobnie w tym czasie kopalnia eksploatowała złoża z głębszych poziomów, skąd wody kopalniane wnoszą największy ładunek soli. Potwierdzeniem tego jest analogiczny wzrost zawartości jonów siarczanowych (rys. 8).

Substancje rozpuszczone

Zawartość substancji rozpuszczonych w badanych próbkach wody zmieniała się od 48,5 kg/m³ do 62 kg/m³ (rys. 9). Tak jak w wypadku chlorków i siarczanów, zawartość substancji rozpuszczonych na stanowisku 2 była mniejsza niż na stanowisku 1 – jedynie we wrześniu i październiku nie stwierdzono zmniejszenia zawartości substancji rozpuszczonych na stanowisku 2 w porównaniu do stanowiska 1. Po zrzucie wód dołowych z osadnika zawartość substancji rozpuszczonych zauważalnie wzrastała, jednak można stwierdzić, że była ona stosunkowo wysoka również przed zrzutem.



Rys. 9. Zmiany zawartości substancji rozpuszczonych w wodzie z Potoku Goławieckiego przed i po wprowadzeniu wód kopalnianych (2002 r.)

Podsumowanie

Eksploatacji złóż węgla kamiennego towarzyszy wpływ naturalnych wód podziemnych do wyrobisk górniczych. Wody te, o znacznym zasoleniu, są wypompowywane na powierzchnię i odprowadzane do rzek. Położenie kopalń w Polsce powoduje, że wzrost zasolenia głównych rzek Polski następuje już na ich górnych odcinkach. Odpompowywane wody dołowe z KWK „Ziemowit” charakteryzują się zróżnicowaną zawartością soli (głównie chlorków i siarczanów). W okresie badań wody Potoku Goławieckiego pod względem wartości tych wskaźników odpowiadały V klasie czystości [5]. Bardzo wysoka była także zawartość substancji rozpuszczonych w wodzie odbiornika. Znaczna ilość doprowadzanych zasolonych wód dołowych, w stosunku do SNQ, nie pozwoliła na utrzymanie dopuszczalnych zawartości chlorków i siarczanów w wodzie z Potoku Goławieckiego. Najwyższe wartości tych wskaźników wystąpiły bezpośrednio po zrzucie wód dołowych do odbiornika. Zawartość soli mineralnych w wodzie z potoku odzwierciedla euhaliczny stopień zasolenia wody [6,7].

Zawartość zawiesin i mętność wody odbiornika, będącego pod bezpośrednim wpływem zrzucanych wód kopalnianych, uległy zwiększeniu. Od czerwca do grudnia 2002 r. zaobserwowano stopniowy wzrost zawiesin w wodzie z potoku. Wzrost ten miał związek ze wzrostem mętności i temperatury wody. Wprowadzona do osadnika ciepła woda kopalniana miała mniejszą gęstość, niż znajdująca się w osadniku, w związku z czym rozplywała się w warstwach powierzchniowych, a następnie stosunkowo szybko wypływała przez przelew osadnika. W związku z tym czas przetrzymania wody w osadniku był zbyt krótki, aby sedymentacja zawiesin była wystarczająco skuteczna [8,9].

Przyjmując, że ilość wody kopalnianej odprowadzanej do potoku wynosi 24480 m³/d i biorąc pod uwagę jej jakość (tab. 1), średni ładunek zawiesin wprowadzonych do Potoku Goławieckiego wynosi około 1,6 t/d (tj. 590 t/a). W wypadku jonów chlorkowych i siarczanowych do odbiornika wprowadzony zostaje ładunek soli około 760 t/d (ok. 277 tys. t/a). Stężenia chlorków i siarczanów, przekraczające poziom toksyczności ostrej dla niektórych organizmów i występujące obecnie w strefie potoku objętego bezpośrednim zrzutem

słonnych wód kopalnianych, wskazują na możliwość utrzymania się w nim jedynie niewielkiej liczby gatunków flory i fauny. Warunki środowiskowe w zanieczyszczonym Potoku Goławieckim, z punktu widzenia kształtowania się zespołów organizmów żywych, należy ocenić jako zdecydowanie niekorzystne [6,7]. Charakter hydrochemiczny tego odbiornika jest współkształtowany przez zrzuty wód kopalnianych, które przyczyniają się do zakłócenia jego naturalnego reżimu wodnego, a stopień zanieczyszczenia potoku eliminuje możliwość wykorzystania jego zasobów nawet do celów przemysłowych.

Jako kierunek mogący przynieść poprawę jakości wody w Potoku Goławieckim należy uznać przede wszystkim ograniczenie ładunku wprowadzanych zanieczyszczeń poprzez poprawę stanu gospodarki wodnej na terenie Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit”, a w szczególności usunięcie zawieszin mineralno-węglowych w procesie oczyszczania wód dołowych. Skuteczne usunięcie substancji mineralnych wymaga natomiast metod specjalnych, co wiąże się z koniecznością budowy stacji do odsalania wód dołowych.

LITERATURA

1. H. BARADZIEJ: Ochrona wód powierzchniowych przed zasoleniem wodami kopalnianymi w polityce ekologicznej państwa. Mat. symp. „Zasolenie rzeki Wisły”, Kraków 1994, ss. 10–16.
2. Informacja przygotowana przez konsorcjum wykonawców studium „Problemy ocen środowiskowych. Sektorowa ocena stanu środowiska w górnictwie węgla kamiennego”. Katowice 2000, ss. 56–62 (praca nie publikowana).
3. E. SOLIK-HELIASZ: Ładunki soli, które odprowadzane będą do rzek z kopalń po ich restrukturyzacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 2000, nr 246, ss. 499–505.
4. Operat wodnoprawny na odprowadzanie wód pochodzących z odwadniania kopalni „Ziemowit” do wód powierzchniowych, Katowice 2001 (praca nie publikowana).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Dz.U. nr 32, poz. 284.
6. A. MAGDZIÓRZ, R. LACH: Zmiany w jakości wód Wisły i Odry w wyniku restrukturyzacji kopalń węgla kamiennego. Przegląd Górniczy, 2001, nr 2, ss. 16–24.
7. Załącznik nr 5 do projektu raportu końcowego „Analiza kosztów i zysków dla wytypowanych możliwości alternatywnych rozwiązań problemu zasolonych wód kopalnianych z Nadwiślańskiej Spółki Węglowej. Sozologiczne aspekty wód słonych odprowadzanych z kopalń zlokalizowanych w dorzeczu Wisły w odniesieniu do ekosystemów rzecznych”. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowanych, Katowice 2000 (praca nie publikowana).
8. J. GIRCZYS, B. CABAN-PABIAN: Oczyszczanie wód kopalnianych z zawieszin. Wiadomości Górnicze, 1999, nr 12, ss. 494–498.
9. J. GIRCZYS, B. CABAN-PABIAN, A. ŚWIECH: Ocena pracy osadnika zrzutowych wód dołowych. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2001, t. 4, nr 1, ss. 95–105.

Jabłońska, B. Effect of Drainage Water Discharge from the Bituminous Coal Mine Ziemowit (Upper Silesia) on the Water Quality of the Recipient Stream Potok Goławiecki. *Ochrona Środowiska* 2006, Vol. 28, No. 3, pp. 29–33.

Abstract: The investigations covered an approximately 900-meter length of the recipient downstream from the points of drainage water discharge from a settling pond. Samples were collected seven times between June and December 2002. Temperature, pH and turbidity were measured *in situ*; the concentrations of suspended solids, sulfate ions, chloride ions and total dissolved substances being determined under laboratory conditions. The findings produced by the study can be itemized as

follows. (1) The mine water discharge strongly impacts upon the recipient. (2) Owing to a high turbidity level, as well as to the excessive concentrations of suspended solids, chlorides and sulfates, the Potok Goławiecki has been classified as a watercourse of Class V purity. (3) The large amount of the high-salinity waters received by the Potok Goławiecki, compared to their mean low flow in the recipient, does not allow the concentrations of chlorides and sulfates to be kept within the admissible levels. (4) The discharge of drainage water is a major contributor to the hydrochemistry of the recipient stream, thus disturbing its natural regime.

Keywords: Mine water, drainage water, water quality, river pollution.