

OCENA WARUNKÓW NAPEŁNIANIA WODĄ WYROBISKA POPIASKOWEGO, NA PRZYKŁADZIE K.P.P. KOTLARNIA S.A.

JERZY MAZIERSKI, MACIEJ KOSTECKI, ELIGIUSZ KOWALSKI

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

Keywords: anthropogenic reservoirs, water-reclamation, water budget.

ESTIMATION OF WATER FILLING CONDITIONS FOR THE SAND-EXCAVATION, ON EXAMPLE OF KOTLARNIA S.A SAND-MINE

The environmental conditions for creation of the sand-excavation area water reservoir were analyzed. The water-reclamation of this area is a reasonably good solution. It is the possible to fill the excavation with ground water, pure from south site, and polluted from north site (infiltrated from the Bierawka river). The inflow of the rainfall water to excavation will be profitable for water budget and desalination process of water. The average concentrations of nutrients would be about 6 mg/dm³ for total nitrogen, about 0.15 mg/dm³ for total phosphorus, about 4 mg O₂/dm³ for BOD, and about 0.1 for coli indicator. The acceptable water quality (II class) is possible.

Streszczenie

Przeanalizowano uwarunkowania środowiskowe określające możliwość utworzenia w wyeksploatowanym wyrobisku popiaskowym zbiornika wodnego. Stwierdzono, że rekultywacja terenu polegająca na utworzeniu zbiorników wodnych jest rozwiązaniem merytorycznie uzasadnionym. Możliwe jest wykorzystanie do napełnienia wyrobiska tzw. wód czystych, infiltrujących z górnych poziomów wodonośnych południowej części zlewni zbiornika oraz wód umownie nazwanych brudnymi, infiltrujących od strony rzeki Bierawki (strona północna). Skierowanie do wyrobiska rowów odprowadzające wody deszczowe wpłynie korzystnie na bilans wodny zbiornika, szczególnie zaś na proces stopniowego wysładzania wody. Ocenia się, że przeciętna zawartość substancji biogennych w wodzie zbiornika wyniesie, w przypadku azotu ogólnego do około 6 mg N/dm³, w przypadku fosforu ogólnego do około 0,15 mg P/dm³, w przypadku BZT₅ do około 4 mg O₂/dm³ oraz w przypadku miana coli do około 0,1. Realne jest uzyskanie w zbiornikach wody o akceptowalnym stanie jakości, odpowiadającym w tym zakresie II klasie czystości.

WPROWADZENIE

Jedną z form rekultywacji wyeksploatowanych wyrobisk górnictwa odkrywkowego, w tym kopalń piasku i węgla brunatnego, jest tworzenie zbiorników wodnych. Zbiorniki tworzone w wyrobiskach popiaskowych mają powierzchnię 15–650 ha, co wynika ze specyfiki odkrywkowych kopalni piasku. Brzegi tych zbiorników, zwłaszcza w początkowej fazie tworzenia są strome, urwiste. Z czasem następuje ich osuwanie i stabilizacja. Zbiorniki te rozmieszczone są na obrzeżach GOP-u [8, 12]. Można tu wymienić jako typowe zbiorniki: Nakło-Chechło, Czechowice, Dzierżno Małe, Dzierżno Duże, Morawa, Pławniowice, Pogoria

I, II, III, Przeczyce, Rogoźnik, Turawa, Poraj. Potencjalne warunki dla tworzenia kolejnych zbiorników występują także w wyrobiskach kopalń piasku Szczakowa i Kotlarnia [8–10, 13, 14]. Zbiorniki te wypełniają lukę w przyrodzie powstającą na terenach pozbawionych jezior naturalnych.

Analizując geograficzne rozmieszczenie zbiorników antropogenicznych w rejonie GOP stwierdzono prawidłowość polegającą na występowaniu w centralnej części województwa śląskiego głównie zbiorników powstałych przez zalanie zapadlisk pogórnicych, a na obrzeżach województwa zbiorników powstających w wyrobiskach popiaskowych [12].

Z wielu względów tworzenie zbiorników wodnych w wyeksploatowanych wyrobiskach kopalń piasku należy uznać za właściwy sposób rekultywacji powierzchni zdegradowanych [1, 2]. Warunki dla tworzenia zbiorników wodnych w tych wyrobiskach są znacznie bardziej korzystne aniżeli w przypadku zapadlisk na obszarach szkód górniczych lub zbiorników zaporowych [9, 12, 15]. Możliwości wodnej rekultywacji wyrobisk popiaskowych związane są z istniejącymi dyspozycyjnymi zasobami wód powierzchniowych i podziemnych. Jednocześnie wymagane jest zapewnienie możliwości odprowadzenia wód nadmiarowych, szczególnie w przypadku, kiedy zbiornik ma pełnić funkcję retencyjną bądź ochronną. Dlatego też zwykle zbiorniki tego typu powstają jako zbiorniki zaporowe lub częściowo spiętrzone, z zaporą ziemną w dolnej części czaszy zbiornika, wyposażoną w różnego typu urządzenia umożliwiające obniżanie poziomu wody.

OBIEKT BADAŃ

Obiektem studium jest wyrobisko popiaskowe Kopalni Piasku „Kotlarnia S.A.”. Na tym obszarze występują wyeksploatowane oraz będące częściowo w eksploatacji złoża piasku. Obszar opracowania położony jest w zachodniej części Wyżyny Śląskiej, w odległości około 25 km na W od Gliwic. Według podziału fizyczno-geograficznego Polski obszar ten znajduje się w centralnej części mezoregionu Kotliny Raciborskiej [3, 4, 16]. Administracyjnie jest to obszar gminy Bierawa w województwie opolskim. Początkowo, od roku 1965 kopalnia eksploatowała głównie złoża piasku podsadzowego dla kopalń węgla kamiennego GOP. Od lat siedemdziesiątych rozpoczęto eksploatację mieszanek piaskowo-żwirowych (pospótek). Obecna działalność wydobywcza podporządkowana jest głównie zaspokojeniu potrzeb budownictwa i drogownictwa.

Do roku 1998 eksploatację w sektorach I i II zakończono na powierzchni 2537 ha. W tym czasie całkowita powierzchnia wyrobiska wynosiła 730 ha. Powierzchnia suchego wyrobiska przewidzianego do rekultywacji wodnej, objętego rzędną izolacji 180 m n.p.m. wynosi obecnie około 500 ha. Aktualnie skały wydobywane są w sektorze III i IV. Możliwe jest w przyszłości powiększenie powierzchni lustra wody o kilkadziesiąt hektarów.

OGÓLNY ZARYS KONCEPCJI REKULTYWACJI WODNEJ

W przeszłości rozpatrywano kilka koncepcji zagospodarowania i rekultywacji terenu wyrobiska. Najstarsza z nich to koncepcja wykorzystania wyrobiska jako składowiska odpadów górniczych i energetycznych. Z uwagi jednak na wysokie koszty składowania oraz brak zainteresowania ze strony przemysłu energetycznego [1–4], koncepcja ta nie została zrealizowana.

Kolejna koncepcja zakładała rekultywacja wodno-leśną. Polegała ona na wypełnieniu części wyrobiska wodą a na pozostałej części na posadzeniu lasu. Przewidywano ochronę części wyrobiska przed zalaniem przy pomocy wałów ziemnych i pompowni infiltrujących wód. Zakładano zalanie wyrobiska do rzędnej 178,00–178,30 m n.p.m. Ochronie przed zalaniem podlegałyby tereny, na których byłaby prowadzona działalność wydobywcza oraz tereny zrekultywowane w kierunku leśnym [15]. Ekonomiczne uzasadnienie takiej koncepcji było związane z opłacalnością eksploatacja złoża. Zmniejszające się zapotrzebowanie na kruszywo oraz wyczerpywanie złoża, zawęziły perspektywę pracy kopalni z kilkunastoletniej do kilkuletniej, przekreślając celowość rekultywacji leśnej.

Na podstawie analizy wyżej opisanych sposobów rekultywacji oraz po zapoznaniu się z aktualnymi uwarunkowaniami, przeanalizowano koncepcję rekultywacji wodnej polegającej na utworzeniu dwóch zbiorników wodnych z poziomem zwierciadła wody na rzędnej 179 m n.p.m. Proponowana we wcześniejszych opracowaniach rzędna 178 m n.p.m. nie zapewniała uzasadnionej limnologicznie należytej głębokości zbiornika, szczególnie w południowej części wyrobiska [14].

Podstawą tego wariantu są korzystne uwarunkowania środowiskowe dla tego rodzaju przedsięwzięcia. Składają się na nie zarówno fakt, iż misę przyszłego zalewu stanowi wyrobisko popiaskowe, jak i możliwość wypełnienia wyrobiska wodami infiltrującymi. W wyniku takiego rozwiązania zdegradowany teren wyrobiska przekształcony zostanie w obszar cenny przyrodniczo i gospodarczo.

UKSZTAŁTOWANIE DNA WYROBISKA

Wyrobisko posiada wyraźną asymetrię głębokości. Północna jego część, przylegająca do skarpy ochronnej rzeki Bierawki jest głębsza. Wypłylenie następuje w kierunku południowym. Na powierzchni wyeksploatowanej występują deniwelacje terenu w granicach rzędnych 162–184 m n.p.m. W najniższej części wyrobiska (rzędne 162–163 m n.p.m.) znajduje się obecnie przepompownia wód oraz rzapia wód czystych i zasolonych.

Na obszarze wyrobiska i w jego otoczeniu występują wzniesienia o charakterze wydмовym i orientacji NW-SE. Obecnie wierzchowiny wzniesień leżą na rzędnych do +200 m n.p.m. [1–4, 16].

Deniwelacje spowodowane są eksploatacją surowców metodą „za złożem”. Metoda ta nakazuje wydobywanie surowców mineralnych z pominięciem gruntów nie odpowiadających wymaganiom technologicznym. W ten sposób na terenie wyrobiska powstały wyniesienia usypane z nadkładu oraz gruntów nie nadających się do eksploatacji.

ODWADNIANIE WYROBISKA

Modelowe wyrobisko popiaskowe usytuowane jest na południe od rzeki Bierawki. Z koryta rzeki Bierawki infiltrują do wyrobiska wody zanieczyszczone, z niewielkim udziałem wód podziemnych dopływających z obszaru po północnej stronie rzeki. Są to wody zanieczyszczone, umownie nazywane „brudnymi”. Natomiast z górotworu od strony południowej i południowo-wschodniej dopływają do wyrobiska z górnej, odwadnianej warstwy wodonośnej czyste wody podziemne oraz wody opadowe.

System odwodnienia wyrobiska składa się z następujących elementów:

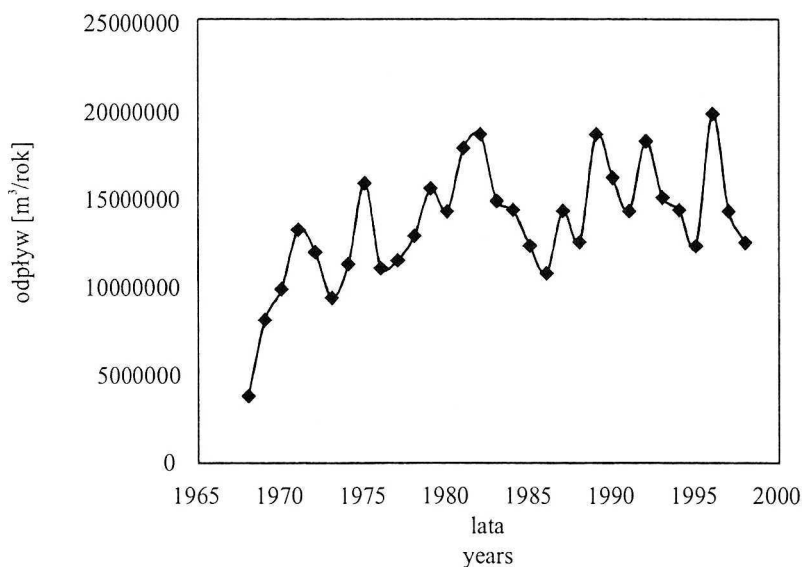
- pompowni głównej położonej przy skarpie północnej;
- zbiorników retencyjnych wód „brudnych”, infiltrujących z rzeki Bierawki i wód czystych;
- kanałów odprowadzających wody z poszczególnych sektorów wyrobiska.

Na podstawie pomiarów wielkości zrzutów wód w latach 1990–95 określono średni dopływ wód do wyrobiska na około $27,2 \text{ m}^3/\text{min}$. W tej ilości udział wód czystych wynosi $5,4 \text{ m}^3/\text{min}$., udział wód brudnych $21,8 \text{ m}^3/\text{min}$. Przyjmując ten rząd wielkości dopływu otrzymujemy w skali dobowej odpowiednio $7776 \text{ m}^3/\text{d}$ i $31392 \text{ m}^3/\text{d}$. W skali rocznej natomiast $2,8 \text{ mln m}^3/\text{r}$ wód czystych oraz $11,5 \text{ mln m}^3/\text{r}$ wód brudnych [1–4, 15, 16].

POWIERZCHNIA I POJEMNOŚĆ ZBIORNIKÓW

Przyjmując, że podstawą tworzenia zbiornika jest uzyskanie poziomu wody w wyrobisku na rzędnej 179 m n.p.m. powierzchnia przewidziana do zalania wynosi 451 ha. Z chwilą zakończenia eksploatacji na obszarze opracowania powierzchnia może wzrosnąć o 52,3 ha. Tak więc ostatecznie powierzchnia zwierciadła wody wyniesie około 504 ha. Planimetrując powierzchnie objęte izobatami wyznaczono objętości poszczególnych warstw uzyskując całkowitą pojemność zbiornika wynoszącą około 10 mln m^3 .

Z analizy obliczeń wynika, że pomimo różniących się obliczonych teoretycznie oraz zmierzonych ilości wód napływających do wyrobiska, proporcje pomiędzy wodami czystymi a „brudnymi” pozostają bardzo podobne, a ilość wody dyspozycyjnej jest wystarczająca dla utrzymania poziomu 179 m n.p.m. Przewiduje się, że w ciągu roku do wyrobiska może dopłynąć około 5 mln m^3 wód „czystych” oraz około 16 mln m^3 wód „brudnych”. Przedstawione powyżej wyniki obliczeń potwierdzają ilości wypompowywanej z wyrobiska wody, co przedstawiono na rysunku 1.

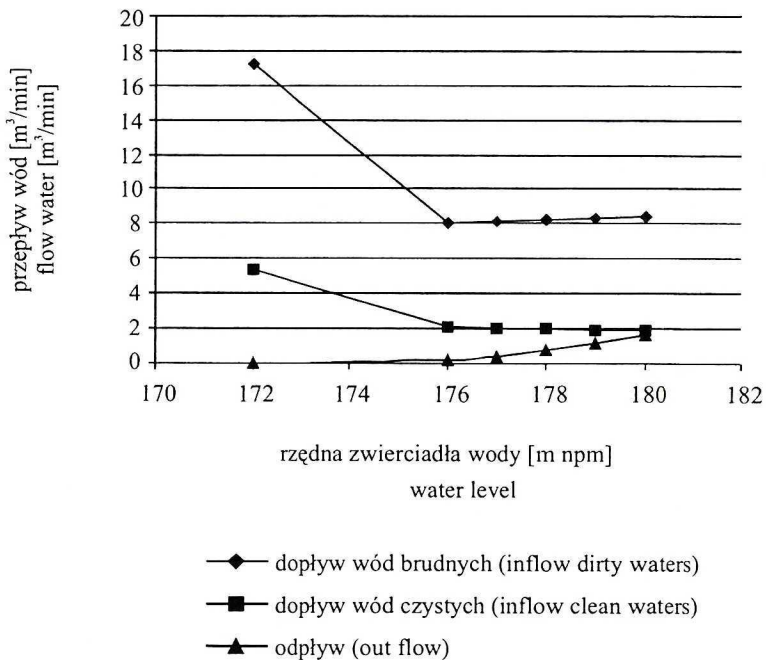


Rys. 1. Ilość wody wypompowywanej z wyrobiska w latach 1968–1999
Water amount pumped from the excavation in the years 1968–1999

PROGNOZA SZYBKOŚCI NAPEŁNIANIA ZBIORNIKÓW

Określony na podstawie wielkości zrzutów wód oraz przeprowadzonych obliczeń na modelu numerycznym średni dopływ wód podziemnych wynosi obecnie 22,60 m³/min. Po uwzględnieniu proporcji ustalonych w obliczeniach modelowych udział wód czystych od strony południowej wyrobiska wynosi 5,4 m³/min., natomiast natężenie przepływu wód brudnych od strony północnej wyrobiska kształtuje się na poziomie 17,20 m³/min.

Zalewanie misy wyrobiska, wraz ze wzrostem rzędnej zwierciadła wody spowoduje znaczne obniżenie dopływu wód czystych, przy niewielkiej zmianie dopływu wód brudnych o dużym zasoleniu oraz wód z opadów atmosferycznych. Wzrastać będzie również wielkość odpływu ze zbiornika. Natężenia przepływów wód dopływających i odpływających przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Natężenia przepływu wód podziemnych w zależności od rzędnej zwierciadła wody
Groundwater flow rate as a function of the water level

Uwagę zwraca fakt, iż w miarę podnoszenia się poziomu wody w wyrobisku zmniejszać się będzie napływ wód czystych, natomiast napływ wód „brudnych” będzie stabilny. Uwidacznia się w ten sposób rola i znaczenie poprawy jakości rzeki Bierawki w funkcjonowaniu zbiornika w latach przyszłych (Tab. 1).

W celu oceny szybkości napełniania zbiornika zbilansowano dopływy i odpływy wód podziemnych. W obliczeniach uwzględniono również dopływ wód z opadów

Tabela 1. Zmiany dopływu wód podziemnych w zależności od rzędnej zwierciadła wody w wyrobisku
The effect of the water level in the reservoir on the water inflow

Rzędna zwierciadła wody Water level [m n.p.m.]	Dopływ wód Water inflow			Odpływ wód ze zbiornika Outflow from reservoir [m ³ /min]	Dopływ rzeczywisty Real inflow [m ³ /min]
	„czystych” „pure” [m ³ /min]	„brudnych” „polluted” [m ³ /min]	łącznie total [m ³ /min]		
172	5,40	17,20	22,60	0	22,6
176	2,12	8,00	10,12	0,16	9,96
177	2,02	8,18	10,20	0,42	9,78
178	2,00	8,24	10,24	0,75	9,49
179	1,96	8,36	10,32	1,15	9,17
180	1,91	8,46	10,37	1,60	8,77

atmosferycznych oceniony na 5,59 m³/min. (Tab. 2). Zależność szybkości dopływu wód podziemnych do zbiornika od rzędnej zwierciadła wody można aproksymować wielomianem trzeciego stopnia w postaci:

$$q = 348130 - 5871 h + 33 h^2 - 0,062 h^3$$

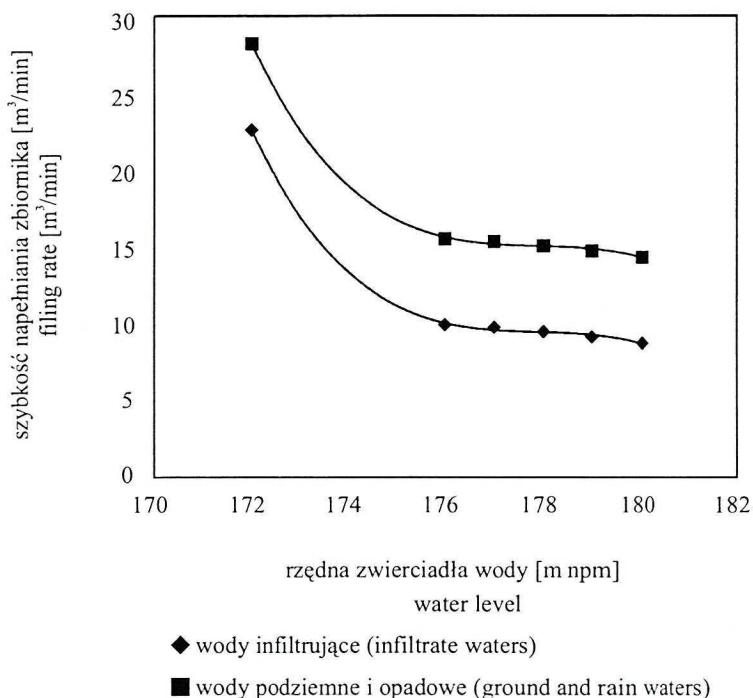
Natomiast uwzględniając dopływ wód z opadów atmosferycznych szybkość wypełniania zbiornika przedstawia zależność:

$$q = 348136 - 5871 h + 33 h^2 - 0,062 h^3$$

Jak wykazano wyżej, szybkość napływu wód infiltracyjnych do wyrobiska będzie malała w miarę wypełniania go wodą. Największy napływ wody wynoszący około 28 m³/min będzie występował do osiągnięcia rzędnej 173 m n.p.m. Następnie, w zakresie rzędnych

Tabela 2. Szybkość napełniania zbiornika w zależności od rzędnej zwierciadła wody
Relationship between water level and reservoir filling rate

Rzędna zwierciadła wody Water level m n.p.m.	Szybkość napełniania zbiornika m ³ /min Reservoir filling rate	
	podziemnych ground water	podziemnych i opadowych ground and rain water
172	22,60	28,19
176	9,96	15,55
177	9,78	15,37
178	9,49	15,08
179	9,17	14,76
180	8,77	14,36



Rys. 3. Szybkość napływu wód do wyrobiska piaskowego
Ground water flow rate

173–175 m n.p.m. zmniejszy się do 20 m³/min. Dla rzędnych 175–177 m n.p.m. szybkość napływu wyniesie 16 m³/min, a dla rzędnych 177–179 wyniesie 14 m³/min (Rys. 3).

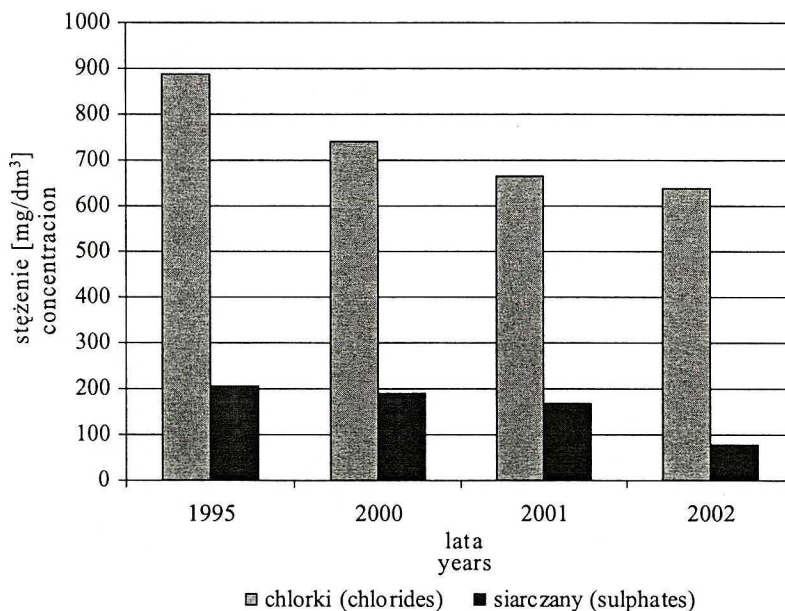
W celu obliczenia przybliżonego czasu wypełnienia wyrobiska określono powierzchnie wyrobiska w zakresie wybranych rzędnych oraz objętości warstw pomiędzy poszczególnymi rzędnymi. Następnie wyznaczono czasy napełniania, co przedstawiono w tabeli 3. Przy założonym dopływie wód podziemnych orientacyjny czas napełniania zbiornika wyniesie nieco ponad rok (około 15 miesięcy).

Tabela 3. Orientacyjny czas napełniania wyrobiska wodami infiltrującymi
Approximate reservoir filling time

Rzędne dna Bottom level [m n.p.m.]	Objętość warstwy Layer volume [mln. m ³]	Szybkość napływu Water flow rate [m ³ /min]	Czas napełniania Filling time [d]
170–173	0,800	28	20
173–175	1,400	20	49
175–177	6,200	16	269
177–179	2,000	14	99
170–179	10,400	Śr. 19,5	437

WPLYW WÓD INFILTRACYJNYCH NA JAKOŚĆ WÓD ZBIORNIKA

Na podstawie danych źródłowych dotyczących jakości wód dyspozycyjnych mogących posłużyć do napełniania wyrobiska, podjęto próbę określenia jakości wód projektowanego zbiornika. Z analizy danych dotyczących zasolenia wód odprowadzanych z wyrobiska (Tab. 4) wynika, że w latach 1995–2002 zasolenie tych wód ulegało systematycznemu zmniejszeniu, co przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych w wodach wypompowywanych z wyrobiska
Chlorides and sulphates concentrations in the water pumped from the excavation

Tabela 4. Zasolenie wód infiltrujących do wyrobiska w 2002 roku.
Water salinity infiltrating to excavation in 2002 year

Wskaźnik Parameter	Jednostki Units	Rzeka Bierawka Bierawka river	Wody infiltrujące- „brudne” * infiltrated water „polluted”	Wody infiltrujące- „czyste” infiltrated water „pure”	Wody zmieszane – odprowadzane discharged water „mixed”
Chlorki	mg Cl/dm ³	2077,7	727	7,45	638,3
Siarczany	mg SO ₄ /dm ³	319,1	212	28,10	78,0
Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	4199,0	1450	169,50	1469,0

* wg danych z roku 1999

Do opracowania prognozy jakości wód przyjęto, że zasolenie wód wykorzystanych do napełnienia zbiornika nie będzie większe niż w roku 2002. Wykorzystując dane zamieszczone w tabeli 4 wyznaczono ładunki soli doprowadzane do zbiornika podczas napełniania, które przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Ładunki soli doprowadzane do wyrobiska podczas napełniania
Salts loads discharged to excavation

Rzędne dna Bottom level [m n.p.m.]	Objętość warstwy Layer volume [mln. m ³]	Szybkość napływu wód podziemnych Ground water flow rate [m ³ /min]		Ładunek zanieczyszczeń Pollution loads Mg 10 ⁻²		
		brudnych polluted	czystych pure	Cl ⁻	SO ₄	Substancje rozpuszczone dissolved solids
		170–173	0,800	17,2	5,4	3,613
173–175	1,400	13,0	4,0	6,697	2,052	13,946
175–177	6,200	8,2	2,0	23,329	6,951	47,370
177–179	2,000	8,0	2,0	8,312	2,498	17,020
Razem				41,951	12,594	185,782

Zakładając całkowite wymieszanie wody w projektowanym zbiorniku orientacyjne stężenia zanieczyszczeń kształtować się będą na następującym poziomie:

$$\text{Cl}^- = 400 \text{ mg/dm}^3$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 120 \text{ mg/dm}^3$$

$$\text{substancje rozpuszczone} = 820 \text{ mg/dm}^3$$

Na wykresie przedstawiono korespondujące z opisanymi poniżej zmianami jakości wód rzeki Bierawki, zmiany zasolenia wód wypompowywanych z wyrobiska (Rys. 4). Jakkolwiek stężenia jonów chlorkowych przekraczają wartości przewidziane dla III klasy czystości, to stężenia jonów siarczanowych odpowiadały w 2002 roku I klasie czystości. Należy uznać to za zjawisko korzystne z punktu widzenia możliwości osiągnięcia stopniowo coraz lepszej jakości wody w tworzonemu zbiorniku.

ODPROWADZANIE NADMIARU WODY ZE ZBIORNIKÓW

Utrzymanie stabilnego poziomu zwierciadła wody na poziomie rzędnej 179 m n.p.m.. wymaga odprowadzania wód nadmiarowych. Jest to konieczne także ze względu na ochronę linii kolejowej i wsi Grabówka. Jak obliczono, przy docelowym poziomie napełnienia intensywność napływu wód do zbiornika zmniejszy się i będzie wynosić około 15 m³/min tj. 0,25 m³/s. W okresach nasilonych opadów przepływ ten może chwilowo wzrosnąć do około 0,4 m³/s. Odprowadzenie wody wymaga utworzenia rowu odpływowego. Właściwym rozwiązaniem będzie utworzenie rowu otwartego rozpoczynającego się przelewem w północno-zachodniej części zbiornika, posiadającym możliwość regulowania tj. zamknięcia odpływu.

PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy uwarunkowań środowiskowych oraz opracowanych dotychczas wariantów określających możliwość utworzenia w wyeksploatowanym wyrobisku popiaskowym zbiornika wodnego stwierdzono, że rekultywacja wodna polegająca na utworzeniu zbiorników wodnych, zdolnych jako zespół ekosystemów, pełnić wielorakie funkcje użytkowe, przyrodnicze i społeczne, jest rozwiązaniem merytorycznie uzasadnionym.

Na tle dotychczas proponowanych sposobów rekultywacji zaproponowany wariant polegający na wypełnieniu wyrobiska do rzędnej 179 m n.p.m. i rezygnacji z kosztownych obwałowań ochronnych, przedstawia się jako rozwiązanie najtańsze. Z analizy bilansu wodnego wynika, że taki poziom wody jest realny. Pozwala on uzyskać optymalne powierzchnie i objętości zbiorników. Ustalenie poziomu zwierciadła wody na rzędnej 179 m n.p.m. zabezpiecza elementy infrastruktury oraz tereny zabudowane przed oddziaływaniem wód podziemnych.

Do napełnienia wyrobiska należy wykorzystać tzw. „wody czyste”, infiltrujące z górnych poziomów wodonośnych południowej części zlewni zbiornika oraz wody umownie nazwane „brudnymi”, infiltrujące od strony rzeki Bierawki (strona północna).

Z uwagi na zanieczyszczenie, zasilanie zbiorników wodami rzeki Bierawki należy rozpatrywać wyłącznie jako alternatywne źródło wody uzupełniającej w sytuacji, kiedy infiltracja wód gruntowych okazałaby się niewystarczająca dla utrzymania wymaganego poziomu napełnienia. W tym przypadku możliwe jest pogorszenie jakości wody w zbiorniku z uwagi na zanieczyszczenie rzeki jonami chlorkowymi i siarczanowymi.

Skierowanie do wyrobiska rowu odprowadzające wody deszczowe wpłynie korzystnie na bilans wodny zbiornika, szczególnie zaś na proces stopniowego wysładzania wody [5, 6]. Orientacyjny czas napełniania zbiornika wyniesie 437 dni (około 15 miesięcy).

Ocenia się, że w wyniku procesu rozcieńczania wód infiltrujących oraz w wyniku sorbowania się zanieczyszczeń na kompleksie sorpcyjnym gruntów poziom stężeń zanieczyszczeń obniży się, w przypadku azotu ogólnego do około 6 mg N/dm³, w przypadku fosforu ogólnego do około 0,15 mg P/dm³, w przypadku BZT₅ do około 4 mg O₂/dm³ oraz w przypadku miana coli do około 0,1. Tak więc, realne jest uzyskanie w zbiornikach wody o akceptowalnym stanie jakości, odpowiadającym w tym zakresie II klasie czystości.

Przyszłe zbiorniki będą podatne na degradację wynikającą z procesu eutrofizacji [5–8]. Wskazuje na to obciążenie zewnętrzne azotem i fosforem (wody infiltrujące z rzeki Bierawki).

Warunkiem utrzymania należytego stanu jakości wody w zbiorniku jest konsekwentne ograniczenia występowania nawet potencjalnych źródeł zanieczyszczeń w jego sąsiedztwie oraz poprawa stanu istniejącego zarówno rzeki Bierawki, jak i wszystkich innych wód zasilających przyszły zbiornik.

LITERATURA

- [1] *Budowa zbiornika wodnego w ramach wodnej rekultywacji części zachodniej wyrobiska końcowego K.P. Kotlarnia, Część I. Koncepcja programowo-przestrzenna, Stadium – Koncepcja, Wykonawca: Universum sp. z o.o., Wrocław 2000.*
- [2] *Budowa zbiornika wodnego w ramach wodnej rekultywacji części zachodniej wyrobiska końcowego K.P. Kotlarnia, Część II. Ocena oddziaływania na środowisko, Wykonawca: Universum sp. z o.o., Wrocław 2000.*

- [3] *Dokumentacja hydrogeologiczna dla złoza Kotlarnia – Pole Północne*, Faza – dokumentacja, Nr projektu: 3112.1003.211. Poltegor-projekt sp. z o.o., Wrocław 1996.
- [4] *Dokumentacja hydrogeologiczna dla złoza Kotlarnia – Pole Północne – Załączniki*, Faza – dokumentacja, Nr projektu: 3112.1003.211. Poltegor-projekt sp. z o.o., Wrocław 1996.
- [5] Domurad A., M. Kostecki: *Metale ciężkie w splywach powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej oraz w wodzie zbiornika Nakło-Chechło*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **27**, 2, 81–95 (2001).
- [6] Kostecki M.: *Splyw powierzchniowy ze zlewni bezpośredniej jako element bilansu biogenów*, *Gosp. Wodna*, **2**, 52–53 (1976).
- [7] Kostecki M.: *Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Tresna. Część III. Zawartość związków azotowych oraz ich bilans w opadach atmosferycznych i splywach powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **1**, 89–98 (1980).
- [8] Kostecki M., M. Leśniak, M. Stenzel: *Metale ciężkie w kanałach odwadniających teren wyrobiska popiaskowego KPP „Szczakowa”*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, 1-2, 105–123 (1993).
- [9] Kostecki M., J. Kozłowski, M. Stenzel: *Podstawowe wskaźniki jakości wody z terenu wyrobiska popiaskowego KPP „Szczakowa”, Część I Związki biogenne*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, 1-2, 77–86 (1996).
- [10] Kostecki M., J. Kozłowski, E. Kowalski: *Podstawowe wskaźniki jakości wody z terenu wyrobiska popiaskowego KPP „Szczakowa”, Część II Związki mineralne*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, 1-2, 87–96 (1996).
- [11] Kostecki M.: *Opad atmosferyczny jako element bilansu zanieczyszczeń zbiorników zaporowych Hydrowęzła Kłodnicy*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **28**, 2, 45–59 (2002).
- [12] Kostecki M.: *Jakość wody w niewielkich zbiornikach pochodzenia przemysłowego na terenie GOP-u*, *Gosp. Wodna*, **10**, 7–8 (1974).
- [13] Kostecki M., E. Kowalski, T. Pycia: *Zmiany jakości wód rzeki Bierawki w aspekcie projektowanego zbiornika wodnego „Kotlarnia”*, Konferencja Naukowa *Zapobieganie Zanieczyszczeniu Środowiska* Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Szczyrk 7–8 listopada 2002.
- [14] Kowalski E., M. Kostecki, J. Mazierski: *Program rekultywacji wodnej wyrobiska popiaskowego Kopalni Piasku „Kotlarnia” S.A. poprzez utworzenie zbiornika wodnego*, Prace IPIŚ-PAN w Zabrze, nr C2-128/02/NW-K.
- [15] *Opinia techniczna do Studium docelowej rekultywacji wyrobiska Kopalni Piasku „Kotlarnia” w gminie Bierawa*, POLTEGOR Wrocław 1995.
- [16] Sajdak G.: *Warunki hydrogeologiczne na terenie kopalni piasku „Kotlarnia” S.A.* Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Praca magisterska, niepublikowana, Sosnowiec 1999.

Wpłynęło: 10 stycznia 2003, zaakceptowano do druku: 23 lipca 2003.