

*Justyna Swolkień**

STAN ZASOLENIA RZEKI ODRY ZA KOLEKTOREM „OLZA” W ZALEŻNOŚCI OD JEJ PRZEPŁYWU I WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH**

1. Wprowadzenie

Rzeka Odra jest głównym ciekim odwadniającym obszar południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Znajdujący się na tym obszarze system retencyjno-dozujący (kolektor) „Olza”, w skład którego wchodzi kopalnie Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. i Kompanii Węglowej S.A., służy do odprowadzania wód kopalnianych bezpośrednio do rzeki Odry. W związku z tym, że wody te są bardzo zanieczyszczone, przede wszystkim jonami chlorkowymi, silnie wpływają na jakość wód samej rzeki. Nadmierne ich zasolenie powoduje antropogeniczne zaburzenia przepływu, a także wpływa niekorzystnie na florę i faunę. Degradacji ulega cała biocenoza, co objawia się zaburzeniami morfologicznymi i fizjologicznymi wielu organizmów. Zmianie ulegają warunki, w których mogą bytować odpowiednie gatunki roślin i zwierząt. Największe jednak zagrożenie stanowią silne wahania stężeń jonów chlorkowych w rzece, gdyż mogą one doprowadzić do wyginienia młodych egzemplarzy oraz osobników roślin i zwierząt, nawet tych odpornych na zasolenie. Utrzymanie stabilnego stężenia wymaga znajomości zmian przepływu rzeki, a ten z kolei silnie zależy od warunków atmosferycznych panujących w danym dniu. Przedmiotem tego artykułu jest określenie stanu zasolenia wód rzeki Odry z uwzględnieniem jej przepływu i panujących w danym okresie warunków atmosferycznych.

2. Zależność stężenia jonów chlorkowych od przepływu rzeki Odry

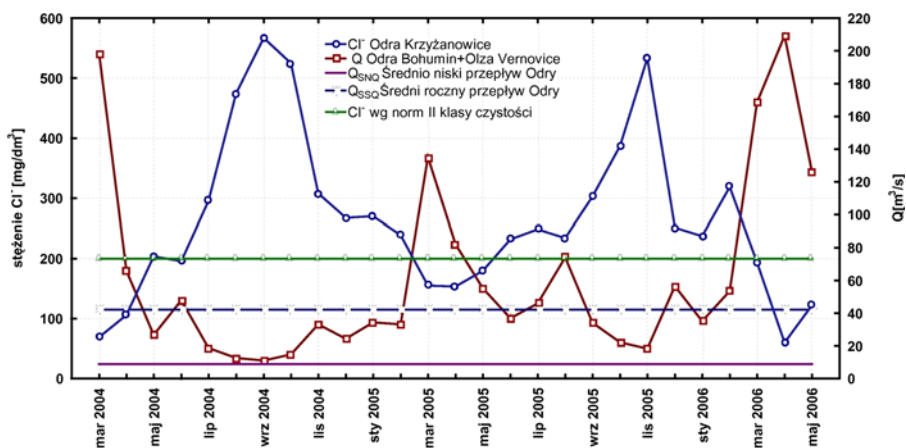
Odprowadzanie wód kopalnianych za pośrednictwem kolektora „Olza” przyczynia się do nadmiernego zasolenia rzeki Odry. W związku z tym ilość odprowadzanych wód kopalnianych, a także zawartość w nich jonów chlorkowych musi być poddawana szczegółowej kontroli.

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

** Artykuł zrealizowano w ramach prac statutowych nr 11.11.100.497

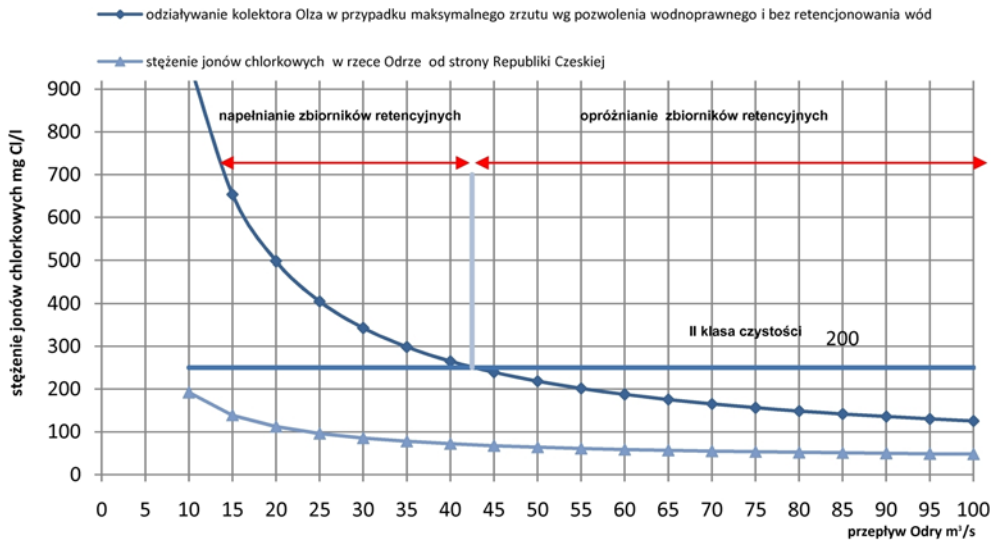
Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A., będące zarządcą kolektora, uzyskało pozwolenie wodnoprawne na odprowadzanie 32 000 m³/dobę wody o stężeniu jonów chlorkowych wynoszącym 22 560 mg/dm³ [1]. Ilość wprowadzanego do rzeki łądkunku ściśle zależy od przepływu rzeki w danym dniu. Na rysunku 1 przedstawiona została właśnie taka zależność w okresie od III 2004 do V 2006 roku.

Analiza rysunku 1 potwierdza silną zależność między przepływem rzeki Odry, a jej zasoleniem. Szczególnie widać to we wrześniu 2004 (11,4 m³/s) i listopadzie 2005 roku (18,24 m³/s), kiedy bardzo niski przepływ Odry sprawił, że jej zasolenie gwałtownie wzrosło. W miesiącu wrześniu 2004 roku średni przepływ rzeki był niewiele większy od ŚNQ (średnio niskiego przepływu Odry), który wynosi 8,97 m³/s [2, 3], i był jednocześnie najniższy w całym okresie objętym badaniem. Inaczej stężenie jonów chlorkowych wyglądało w kwietniu 2006 roku, kiedy przepływ rzeki osiągnął wartość maksymalną (około 209 m³/s), a wynosiło ono 60 mg/dm³. Wody rzeki klasyfikowały się wtedy do I klasy czystości¹.



Rys. 1. Zmiany zasolenia i przepływu rzeki Odry w okresie od III 2004 roku do V 2006

Z zależności przepływu i zasolenia wynika, że tylko 30% okresu badań charakteryzowało się wartościami stężeń poniżej 200 mg/dm³, a optymalne dla II klasy czystości wód stężenia chlorków przypadają na średni przepływ rzeki wynoszący około 48 m³/s. Wartość ta jest niewiele wyższa od średniego rocznego przepływu Odry, wynoszącego 42,3 m³/s [3]. Bliższa temu przepływowi Odry okazuje się być wartość granicznego przepływu uzyskana przez wykreślenie zależności stężenia jonów chlorkowych w funkcji przepływu (rys. 2). Wynosi ona 42,5 m³/s. Przy przepływach niższych, w celu utrzymania jakości wód rzeki na poziomie II klasy czystości¹, konieczne jest zmniejszenie ilości odprowadzanych z kolektora wód kopalnianych. Stanowi to problem z uwagi na fakt, iż wody te muszą być przetrzymywane w zbiornikach retencyjnych należących do kolektora „Olza”. Z przedstawionych rozważań wynika, że czynnikiem decydującym o ilości jonów chlorkowych, które mogą zostać odprowadzone do rzeki, jest jej przepływ, a ten z kolei w istotny sposób zależy od panujących w danym okresie warunków atmosferycznych.

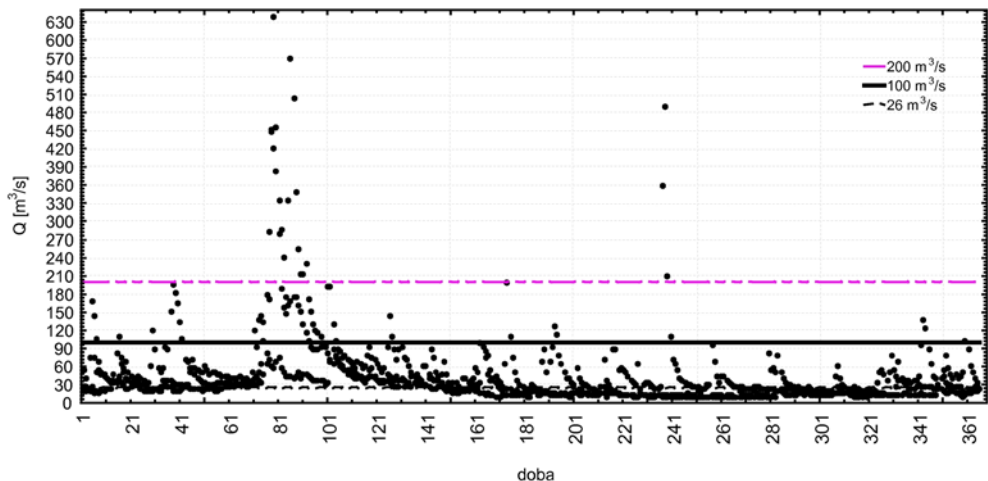


Rys. 2. Wykres zależności stężenia Cl⁻ w funkcji przepływu Odry

3. Wpływ warunków atmosferycznych na przepływ i stan zasolenia wód rzeki Odry

Silna zależność przepływu rzeki od panujących w danym okresie warunków atmosferycznych stanowi czynnik determinujący to, jak będzie się kształtować jakość, a w szczególności zasolenie, samej rzeki. Długo utrzymujące się niesprzyjające warunki atmosferyczne (susze) oraz dopływ ładunku chlorków ze strony czeskiej powodują, że pojemność retencyjna zbiorników, którymi dysponuje system „Olza”, może być niewystarczająca. Sytuacja taka występowała w okresie od III 2004 roku do V 2006, gdzie około 70% uzyskanych wyników przekraczało normy II klasy czystości¹ (rys. 1). Dobrym rozwiązaniem byłaby przybliżona znajomość okresów występowania danych przepływów rzeki, a można ją uzyskać, dokonując analizy zmian przepływu rzeki w latach 2003–2005 (rys. 3).

Obserwacja wyników przedstawionych na rysunku 3 pokazała, że najmniej przepływów przypada na zakres powyżej 200 m³/s (bardzo wysokie przepływy) i najczęściej jest to okres początku wiosny (koniec marca i początek kwietnia) oraz w zależności od warunków atmosferycznych, schyłek lata. Nieco więcej występuje ich w zakresie wysokich przepływów, czyli od 100 m³/s do 200 m³/s (przede wszystkim pierwszy kwartał roku). Zdecydowanie najwięcej przepływów przypada na zakres od 100 m³/s do mniej więcej 26 m³/s (średnie przepływy). Warto zwrócić uwagę na fakt, że przepływy te są rozłożone w miarę równomiernie w ciągu całego roku. Znacznie mniej przepływów występuje natomiast w ostatnim przedziale (niskie przepływy), który przypada na wartości poniżej 26, 25 m³/s, ale co jest wyraźnie widoczne na rysunku 3, ich największe skupisko przypada na drugą połowę roku.



Rys. 3. Zmiany przepływów Odry w latach 2003–2005

Przybliżona znajomość okresów występowania danych przepływów pozwala ocenić, kiedy należy przygotować zbiorniki retencyjne na przyjęcie zwiększonej ilości wody dołowej, gdyż warunki atmosferyczne nie będą pozwalały na odprowadzenie jej do rzeki. Analiza danych przedstawionych na rysunku 3 oraz przeprowadzone wcześniej ustalenia (rys. 1) pokazują, że problemu z utrzymaniem jakości wód rzeki Odry na poziomie I klasy czystości¹, ze względu na jony chlorkowe, nie ma w przypadku przepływów powyżej wartości 200 m³/s, a także w zakresie od 100 do 200 m³/s. W przypadku trzeciego przedziału, który obejmuje przepływy wysokie, średnie i niskie, uzyskać można klasy czystości z zakresu od I przez II do III¹ (rys. 1). Najlepszym rozwiązaniem byłoby podzielenie tego zakresu na dwa, z których pierwszy obejmowałby przepływy od 100 m³/s do 60 m³/s, a drugi od 60 m³/s do 26 m³/s. W obszarze najniższego zakresu przepływów (poniżej 26 m³/s) możliwe jest natomiast uzyskanie klas czystości wód w rzece ze względu na jony chlorkowe na poziomie IV i V¹ (rys. 1).

W tabeli 1 zestawiony został podział przepływów rzeki Odry na kategorie, w których określono, jakie klasy czystości, ze względu na jony chlorkowe, można utrzymać w rzece po zrzucie wód kopalnianych z kolektora przy zadanym przepływie.

Zaprezentowane w tabeli 1 zestawienie możliwych do uzyskania klas czystości w danym zakresie przepływu uzyskano na podstawie obliczeń rozptyłu wód w kolektorze „Olza”. Obliczeń tych dokonano na wybranych, spośród pięciu kategorii, przepływach, przy zastosowaniu programu komputerowego „Dyspozytor” [4]. Obliczenia komputerowe potwierdziły wcześniej prowadzone rozważania (rys. 1 i 2), iż granicznym dla drugiej klasy czystości wód rzeki, ze względu na jony chlorkowe, jest jej przepływ średni wahający się w granicach od 44 m³/s do 42 m³/s [4]. Ustalanie dokładnej wartości średniego przepływu jest o tyle trudne, iż na zasolenie rzeki po zrzucie wpływ wywiera dopływ ładunków chlorków ze strony czeskiej. On determinuje bowiem stopień zasolenia rzeki przed wprowadzeniem wód kopalnianych z kolektora i musi zostać uwzględniony przy analizie rozptyłu wód w kolektorze.

TABELA 1

Zestawienie podziałów przepływów rzeki Odry według kategorii

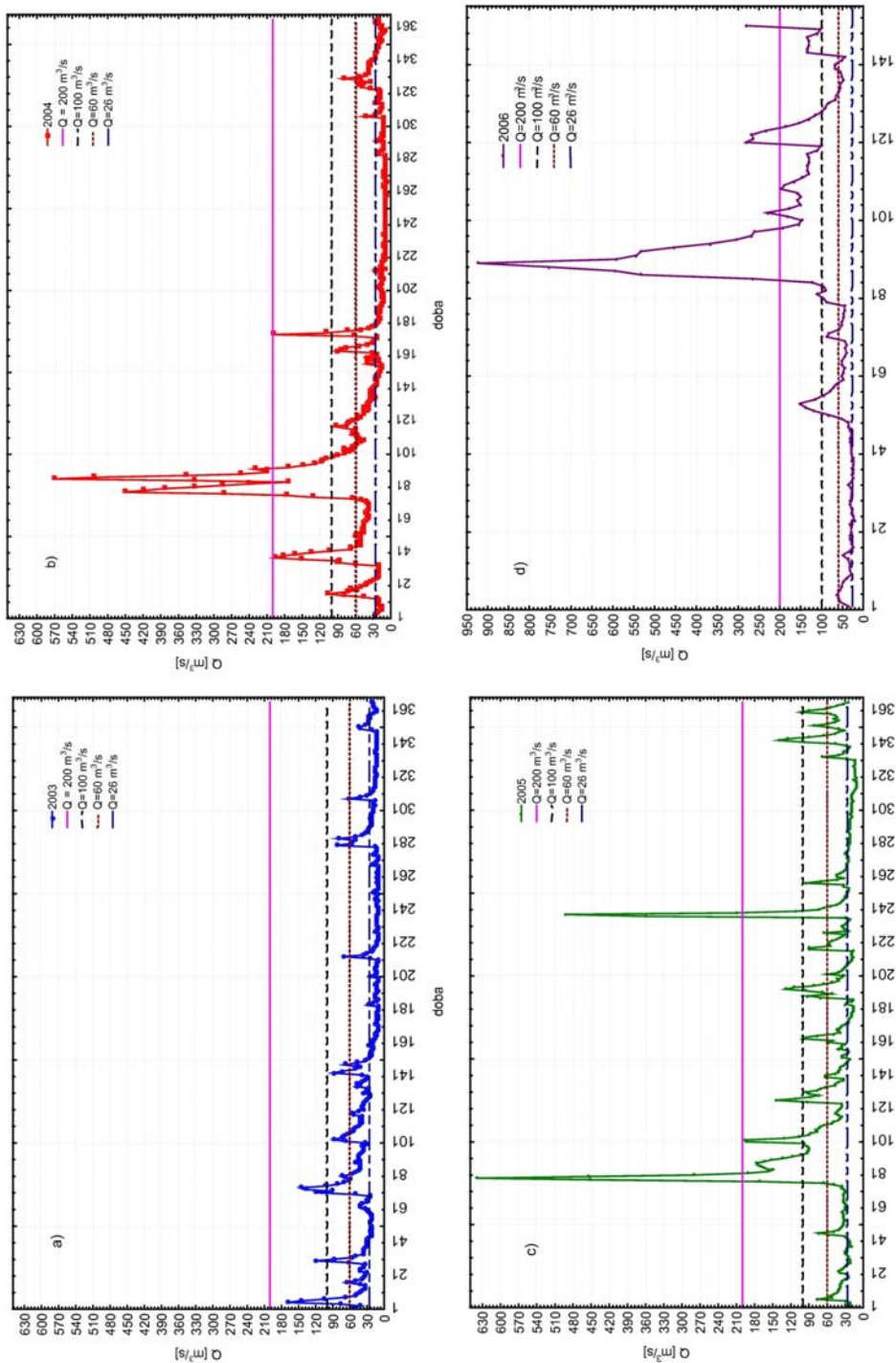
Kategoria	Granice przepływu [m^3/s]	Klasa	Opis
1	$Q \geq 200$	I	bardzo wysokie
2	$100 \leq Q < 200$	I	wysokie
3	$60 \leq Q < 100$	I, II	średnio wysokie
4	$26 < Q < 60$	II, III	średnie
5	$Q \leq 26$	IV, V	niskie

Biorąc pod uwagę fakt, że przepływy rzeki zależą ściśle od warunków atmosferycznych, a co za tym idzie mogą się bardzo szybko i gwałtownie zmieniać, jedynym słusznym rozwiązaniem wydaje się polepszenie zdolności retencyjnych systemu „Olza”. Potwierdzeniem tego poglądu mogą być przedstawione na rysunku 4 zmiany przepływów Odry w czasie. Rok 2003 (rys. 4a) okazał się bowiem rokiem niskich przepływów, które klasyfikowały się w większości do 3, 4 i 5 kategorii (tab. 1). Przepływy należące do kategorii 2 zanotowano jedynie w kilku przypadkach. Przy tak niskich przepływach zdolności retencyjne systemu są po prostu niewystarczające. Inaczej wyglądała sytuacja w latach następnych. W latach 2004, 2005, jak i na początku 2006 przebieg zmian przepływów jest bardzo podobny. Początek roku w przypadku 2005 i 2006 (rys. 4c,d) jest niemal identyczny, natomiast w 2004 (rys. 4b) zanotowano wyższe przepływy. Okres wiosenny w trzech omawianych latach jest analogiczny, z tą tylko różnicą, że w 2006 roku, z początkiem kwietnia, zanotowano bardzo wysokie przepływy (1 kategoria – około $925 m^3/s$). Świadczy to o bardzo ostrym i długim przebiegu zimy. W przypadku okresów letnio-jesiennych w roku 2004 utrzymywały się w rzece niskie przepływy (głównie 5 kategoria), podczas gdy w 2005 roku pojawiały się przepływy z kategorii pierwszej.

Przedstawione na rysunku 4 zmiany przepływu rzeki w czasie pokazują, że ich przebieg jest powtarzalny, aczkolwiek mogą występować od niego odstępstwa (rok 2003).

4. Wpływ procesu retencjonowania i dozowania wód kopalnianych z kolektora „Olza” na stan zasolenia rzeki Odry

Określenie zależności przepływu rzeki Odry od warunków atmosferycznych determinuje, jaka ilość wody kopalnianej może zostać do niej odprowadzona z kolektora „Olza” i jakie będzie jej zasolenie (rys. 4). Istotne jest ustalenie tzw. marginesu przepływu, czyli ilości wody, która może zostać wprowadzona do rzeki lub musi zostać retencjonowana w zbiornikach należących do systemu w celu dochowania żądanej klasy czystości ze względu na jony chlorkowe. Margines przepływu zależy natomiast od stężenia jonów chlorkowych w rzece przed zrzutem. W tabeli 2 zestawiono marginesy przepływów dla wybranych czterech przepływów rzeki Odry. Wartości ich wyznaczono na podstawie obliczeń wykonanych programem komputerowym „Dyspozytor” [4].



Rys. 4. Wykresy zmian przepływow w czasie: a) rok 2003, b) rok 2004, c) rok 2005, d) pierwsze półrocze roku 2006

TABELA 2

Zestawienie marginesów przepływu dla wybranych przepływów rzeki Odry (obliczenia dokonane przy wykorzystaniu programu komputerowego „Dyspozytor”) [4]

Przepływ [m ³ /s]	Czas	Margines przepływu [m ³ /h]			
		I	II	III	IV
367,95	00:00:00	3790,94	10543,78	17296,62	24049,46
	10:01:00	4127,53	11284,57	18441,62	25598,66
	16:12:00	4399,15	11969,70	19540,25	27110,80
	22:24:00	4592,96	12548,71	20504,47	28460,22
68,20	00:00:00	20,06	1276,49	2532,91	3789,34
	17:14:00	6,35	1397,37	2788,39	4179,42
42,15	00:00:00	-1242,04	-395,61	450,83	1297,26
	17:14:00	-1269,39	-361,07	547,27	1455,55
14,32	00:00:00	-822,14	-576,65	-331,16	-85,68
	17:37:00	-854,64	-603,09	-351,54	-99,99

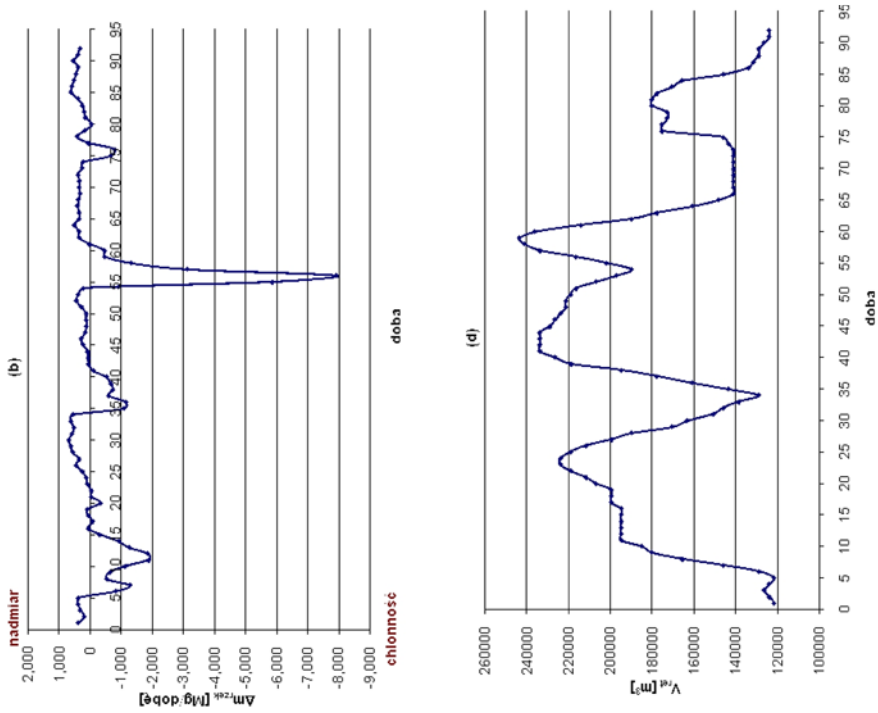
Analizując uzyskane w obliczeniach komputerowych wartości marginesów przepływów, widać wyraźnie, że w przypadku przepływu rzeki 367,95 m³/s można było, dochowując norm I klasy czystości¹, odprowadzić znacznie więcej wody z kolektora „Olza” niż w rzeczywistości miało to miejsce. Powodem dla którego tak się nie stało była zbyt niska przepustowość kolektora. Racjonalne dozowanie wód ze zbiorników retencyjnych, a także z samego kolektora wymaga, oprócz pożądanego przepływu rzeki, odpowiedniej przepustowości kolektora i stąd właśnie nie jest możliwe odprowadzanie sugerowanej ilości wód. Najwięcej wody kopalnianej, którą udało się za pośrednictwem kolektora odprowadzić do rzeki, przypadło na marzec 2006 roku i było to średnio 26 969 m³/dobę (1123 m³/h) [4]. Odprowadzanie wody w ilości prawie 3800 m³/h lub więcej nie jest realne zarówno prawnie (niezgodne z pozwoleniem wodnoprawnym) [1], jak i fizycznie, z uwagi na fakt, że maksymalna ilość wód kopalnianych możliwa do odprowadzenia z retencji, za pośrednictwem systemu retencyjno-dozującego, wynosi w tej chwili 33 132 m³/dobę (1380 m³/h) [5].

Inaczej wygląda sytuacja w przypadku drugiego przepływu (tab. 2). Wartości marginesów przepływu sugerują, że z łatwością można w rzece dochować norm I klasy czystości¹ ze względu na jony chlorkowe. W rzeczywistości dotrzymanie tych norm wymaga przetrzymywania wody kopalnianej w zbiornikach retencyjnych. Kwestią dyskusyjną jest więc to, czy retencjonować wodę, próbując za wszelką cenę dotrzymać norm najwyższej klasy czystości, czy lepiej, przy ograniczonych zdolnościach retencyjnych zbiorników, wprowadzać jej więcej do rzeki, zachowując drugą klasę czystości.

Zupełnie odwrotną sytuację zaobserwowano w przypadku dwóch pozostałych przepływów (tab. 2). W przypadku średniego przepływu, aby dochować norm I klasy czystości¹, należałoby zmagazynować około 29 808 m³. Nie jest to możliwe z powodów, o których już wcześniej wspomiano, a mianowicie niewystarczającej przepustowości kolektora. Gdyby jednak udało się odprowadzić taką ilość wody na retencję, to przy utrzymującym się średnim przepływie 42,15 m³/s zbiornik retencyjny, którym dysponuje system „Olza”, wypełniłby się po około ośmiu dobach. Bardziej realna jest próba zmagazynowania wody w celu dochowania norm II klasy czystości¹ (8664 m³). Najbardziej optymalne wydaje się jednak utrzymywanie przy tym przepływie III klasy czystości¹. W przypadku ostatniego i najniższego przepływu, aby utrzymać normy I klasy czystości¹, należałoby zmagazynować około 19 728 m³ wody. Nie jest to możliwe, przede wszystkim z uwagi na fakt, że wymagałoby to retencjonowania większości odprowadzanych w danym dniu wód kopalnianych. Uzyskanie przy tak niskim przepływie norm I czy II klasy czystości¹ jest niemożliwe.

Biorąc pod uwagę marginesy przepływów, chłonność rzeki, czyli ilość wody kopalnianej, którą można wprowadzić do rzeki, utrzymując wybraną klasę czystości, i rzeczywistą ilość odprowadzonej na retencję lub z retencji wody kopalnianej, można wyznaczyć niewykorzystaną chłonność lub nadmiary wprowadzonego do rzeki ładunku chlorków. Działanie takie pozwala w dłuższym czasie uregulować proces dozowania wód kopalnianych z retencji. Na rysunku 5 przedstawiono zmiany przepływu rzeki Odry (rys. 5a), nadmiary ładunku chlorków i niewykorzystaną chłonność (rys. 5b), przebieg procesu napełniania i opróżniania zbiornika retencyjnego (rys. 5c) oraz zmiany całkowitej pojemności retencyjnej w zbiorniku retencyjnym (rys. 5d), w okresie od VII do IX 2005 roku. Analizując wykresy można zauważyć, że przepływ Odry w całym okresie, z wyjątkiem kilku dni, nie przekraczał 100 m³/s, co odpowiadało trzeciej i czwartej kategorii przepływów. Między 54 a 58 dobą pomiaru przepływ osiągnął maksymalną wartość 500 m³/s (56 doba pomiaru). W tym też okresie rzeka wykazywała najwyższą chłonność, bo aż do 8500 Mg/dobę. Taka chłonność wiązałaby się z możliwością wprowadzenia do Odry prawie 480 000 m³/dobę wód kopalnianych (20 000 m³/h). W 56 dniu pomiaru odprowadzono 11 700 m³ wody z retencji (rys. 5c). Jednocześnie była to druga doba opróżniania zbiornika retencyjnego (rys. 5d) do pojemności 216 804 m³.

W okresie od 25 do 35 doby nastąpiło najwyższe przekroczenie dopuszczalnej chłonności (30 doba 697 Mg/dobę) (rys. 5b). Przyczyną był zbyt niski przepływ rzeki w tym okresie (17,4 m³/s – 5 kategoria). Z rysunku 5c widać, że w 30 dobie następowało napełnianie zbiornika retencyjnego do poziomu 10 700 m³. Jednocześnie w dobie tej całkowita pojemność zbiornika retencyjnego była niska i wynosiła około 163 200 m³ (rys. 5d). Doba 30 była również szóstym dniem napełniania zbiornika po tym, jak w 24 dobie jego pojemność retencyjna osiągnęła jedną z wyższych wartości 224 100 m³. Maksymalną pojemność retencyjną w zbiorniku zanotowano w 59 dobie pomiaru (243 600 m³) i była ona o 9400 m³ niższa od wartości maksymalnej (rys. 5d) [5]. Po dobie 59 rozpoczęto napełnianie zbiornika, które trwało siedem dni. Odbywało się ono ze średnią prędkością napełniania 498 m³/h (rys. 5c). Proces ten zakończono, dochodząc do pojemności retencyjnej 141 300 m³. Całkowite napełnienie zbiornika retencyjnego wodą kopalnianą do poziomu 224 100 m³, przy założeniu maksymalnego dobowego przepływu 33 132 m³ [5], trwałoby ponad siedem dni.



Rys. 5. Zmiany przepływu Odry (a), nadmiary i niewykorzystana chłonność (b), napełnianie i opróżnianie zbiornika retencyjnego (c), całkowita pojemność zbiornika retencyjnego w okresie od VII do IX 2005 (d)

Bardzo restrykcyjne dozowanie i retencjonowanie wód kopalnianych odprowadzanych za pośrednictwem systemu retencyjno-dozującego „Olza”, prowadzone na podstawie dobowego przepływu, chłonności rzeki i marginesów przepływów, pozwala, przy średnich i niskich przepływach, na dochowanie norm tylko II, III i IV klasy czystości¹ ze względu na jony chlorkowe. Rozwiązaniem problemu byłoby polepszenie zdolności retencyjnych systemu przez budowę nowych zbiorników retencyjnych oraz ulepszenia tych już istniejących (oczyszczenie zbiorników z zalegających w nich osadów).

5. Podsumowanie

Celem niniejszego artykułu było określenie wpływu przepływu rzeki Odry i panujących w danym okresie warunków atmosferycznych na stan jej zasolenia. Ustalono, że między przepływem rzeki a jej zasoleniem istnieje daleko idąca zależność. Zbyt niski przepływ wiąże się ze zwiększonym zasoleniem rzeki i niemożnością dochowania odpowiednich norm czystości. Przy przepływie bliskim średniemu w celu dochowania norm II klasy czystości¹ konieczne jest przetrzymywanie wody kopalnianej w zbiornikach retencyjnych systemu. Znaczącym ułatwieniem okazała się przybliżona znajomość okresów występowania poszczególnych przepływów i przypisanie im danej kategorii w pięciostopniowej skali. Pozwoliło to określić, w jakich warunkach przepływu rzeki Odry można dotrzymać zadanej normy czystości ze względu na jony chlorkowe. Za pomocą programu komputerowego „Dyspozytor” wyznaczono dodatkowo marginesy przepływu dla zadanej klasy czystości i na podstawie chłonności rzeki rzeczywistą ilość odprowadzonej na retencję lub z retencji wody kopalnianej, określono niewykorzystaną chłonność lub nadmiary wprowadzonego do rzeki ładunku chlorków. Pokazało to, że nawet przy sprzyjających warunkach (wysoki przepływ) nie ma możliwości wprowadzenia większych ilości wód do rzeki, gdyż nie pozwalają na to zdolności techniczne kolektora (przepustowość). Nie ma jednak w tym wypadku problemu z dochowaniem norm I klasy czystości¹ ze względu na jony chlorkowe. W warunkach utrzymujących się w dłuższym czasie niskich przepływów zdolności retencyjne systemu „Olza” są niewystarczające i stopień zasolenia rzeki będzie się utrzymywał na poziomie III, IV i V klasy czystości. Rozsądne wydaje się więc polepszenie zdolności retencyjnych systemu.

¹ Wartości graniczne wskaźników jakości wody w klasach jakości wód powierzchniowych według *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 r.* (Dz.U. z 2004 r., Nr 32, poz. 284)

LITERATURA

- [1] Pozwolenie wodno-prawne na wspólne korzystanie z wód z dnia 8 marca 2004 r., Katowice
- [2] *Lach R.* (red.): Operat wodno-prawny na odprowadzanie wód pochodzących z odwadniania kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. i kopalni Kompanii Węglowej S.A. kolektorem Olza do rzeki Leśnicy, Prace GIG, Zakład Ochrony Wód, Katowice
- [3] Serwis internetowy: Międzynarodowa Komisja Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem <http://www.mkoo.pl/index.php?mid=4&gid=&aid=71&s=2>
- [4] *Swolkień J.*: Możliwości ograniczenia szkodliwego wpływu wód dołowych na stan rurociągów kolektora „Olza” i środowisko rzeki Odry, Praca doktorska niepublikowana, AGH, 2007
- [5] System odprowadzania wód zasolonych „Olza”. Materiały niepublikowane, Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A. (lipiec 2001), Jastrzębie Zdrój