

Potrzeba wdrożenia zintegrowanego systemu monitorowania i dozowania wód kopalnianych do rzeki Wisły

The need of implementation of the integrated system of monitoring and batching mine water into the Vistula river



*Prof. dr hab. inż. Stanisław Gruszczyński**



*Prof. dr hab. inż. Jacek Motyka**



*Dr inż. Jerzy Mikołajczak***



*Mgr inż. Agata Kasprzak***

Treść: Głównym celem artykułu jest zwrócenie uwagi na potrzebę opracowania i wdrożenia systemu monitorująco-dozującego zrzutu zasolonych wód kopalnianych. Obecnie kopalnie węgla kamiennego stosują hydrotechniczną metodę ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych do cieków powierzchniowych polegającą na czasowym gromadzeniu wód słonych w zbiornikach retencyjnych i kontrolowanym ich zrzucie do rzeki Wisły. Metoda ta polega na wprowadzaniu słonych wód do rzeki w okresie zwiększonych przepływów wód, natomiast w przypadku niskich przepływów, zrzut jest wstrzymywany lub prowadzony w ograniczonym zakresie. Nie ma współdziałania między kopalniami, każda z osobna podejmuje decyzje o wielkości i terminie zrzutu nagromadzonych wód, co prowadzi do chaotycznej zmienności zasolenia Wisły. Autorzy zwracają uwagę na konieczność współdziałania kopalń w zakresie hydrotechnicznego ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych do Wisły. Powinno ono polegać na skoordynowanych zrzutach solanek z kopalń, sterowanych zintegrowanym systemem monitorowania i dozowania, dzięki czemu stężenia soli w wodach miałyby stabilny, a nie stochastyczny rozkład sterowane zrzuty wód kopalnianych pozwalałyby na osiągnięcie stężeń soli w Wiśle na wymaganych prawem poziomach.

Abstract: The main aim of his paper is to consider the need of development and implementation of an integral monitoring and batching system of saline mine water discharge. Currently, the mines use a hydrotechnical method of limiting the discharge of saline mine waters into the surface streams. In this method the temporary accumulated saline water in storage reservoirs is controlled during the discharge into the Vistula river. This method consist in introducing saline waters into the river in the period of increased water flows. Alternatively, in the period of low flows, the discharge is held or proceeded to a limited extent. Due to the lack of coexistence between particular mines, in respect of the date and amount of the water discharge, the Vistula river is of variable level of salinity. The authors focus on the necessity of cooperation between mines with the hydrotechnical limitation of saline water discharge into the Vistula river. The cooperation should ensure a coordinated discharge of saline waters from mines controlled by the integrated monitoring and batching system. In this case the salt concentration in waters would have a stable distribution, not a stochastic one. Additionally, the controlled water discharge would allow to obtain the concentration of salt in Vistula waters at the level required by law.

*) AGH w Krakowie

Słowa kluczowe:

ramowa dyrektywa wodna, metody utylizacji słonych wód, hydrotechniczna ochrona wód powierzchniowych, metody utylizacji słonych wód

Key words:

Water Framework Directive, methods of saline water utilization, hydrotechnical surface water protection

1. Wprowadzenie

Hydrotechniczna metoda ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych do cieków powierzchniowych polega na czasowym gromadzeniu wód słonych w zbiornikach retencyjnych i kontrolowanym ich zrzucie do rzeki Wisły. Pomimo podjętych pod koniec XX wieku prób wdrożenia innych metod, w tym kosztownej metody termicznej, pozostaje ona nadal jedyną metodą ochrony Wisły przed nadmiernym zasoleniem. Wody pochodzące z odwodnienia zakładów górniczych, niezależnie od zawartości sumy chlorków i siarczanów, mogą być wprowadzane do Wisły, jeżeli sumaryczna zawartość chlorków i siarczanów w tych wodach, wyliczona przy założeniu pełnego wymieszania, nie przekroczy 1 g/l. Autorzy artykułu uważają, że cel ten można osiągnąć poprzez współdziałanie kopalń w zakresie hydrotechnicznego ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych do Wisły. Powinno ono polegać na skoordynowanych zrzutach solanek z kopalń sterowanych zintegrowanym systemem monitorowania i dozowania. System skoordynowanego zrzutu wód kopalnianych musi obejmować dwa moduły: moduł monitorujący oraz moduł decyzyjny. Kluczowym problemem jest jednak konstrukcja modułu decyzyjnego, który musi uwzględniać: dopuszczalne stężenia Cl oraz SO₄ według obowiązującego prawa (aktualnie 1 g/l), stany wody w Wiśle i ciekach ją zasilających, aktualne i przewidywane zasolenie cieków będących odbiornikami zrzutów wraz ze stanem cieku docelowego jakim jest rzeka Wisła, aktualny stan wypełnienia poszczególnych zbiorników retencyjno-dozujących, aktualny stan stężenia soli w zbiornikach retencyjno-dozujących, aktualne potrzeby odwodnienia złóż kopalń wraz ze stanem zasolenia odpompowywanych wód, dopuszczalny stan stężenia soli w wodach kopalnianych według obowiązującego pozwolenia wodno-prawnego itd. Wejściem modelu są aktualne wartości obserwowanych zmiennych, zaś wyjściem wskazania optymalnych i dopuszczalnych decyzji w zakresie rozmiaru i punktów zrzutu.

2. Nowe wymagania prawne w zakresie ochrony wody

Politykę wodną UE wyznacza głównie dyrektywa 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (tzw. Ramowa Dyrektywa Wodna - RDW).

Zapisy dyrektywy uwzględnione w 2011 roku w ustawie Prawo wodne, wprowadzają pojęcia: *Jednolite Części Wód Podziemnych (JCWPd)*, *Jednolite Części Wód Powierzchniowych (JCWP)*, cele środowiskowe i zasady ochrony wód oraz planowanie w gospodarowaniu wodami.

Nadrzędnym celem Ramowej Dyrektywy Wodnej jest osiągnięcie dobrego stanu wód do roku 2015. Zgodnie z definicją umieszczoną w Art. 4 RDW, dobry stan wód podziemnych oznacza stan osiągnięty przez część wód podziemnych, jeżeli zarówno jej stan ilościowy, jak i chemiczny jest określony, jako co najmniej „dobry”. Dla spełnienia wymogu niepogarszania stanu części wód, dla części wód będących w co najmniej dobrym stanie chemicznym i ilościowym, celem środowiskowym będzie utrzymanie tego stanu [8,12].

Wody powierzchniowe, w tym silnie zmienione i sztuczne jednolite części wód (np. kanały), powinny do tego czasu

osiągnąć dobry stan chemiczny, oraz odpowiednio dobry stan ekologiczny lub dobry potencjał ekologiczny:

- **stan ekologiczny** obowiązuje dla naturalnych jednolitych części wód,
- **potencjał ekologiczny** dla sztucznych lub silnie zmienionych jednolitych części wód.

Zasady klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych określa rozporządzenie MŚ z dnia 9 listopada 2011 r. (Dz. U. Nr 258 poz. 1549) [11].

Zgodnie z RDW planowanie gospodarowania wodami odbywa się w podziale na obszary dorzeczy (Wisła, Odra, Dniestr, Dunaj, Jartf, Łaba, Niemen, Pregola, Świeża, Ucker) i dla każdego obszaru opracowuje się plan gospodarowania wodami. Plany gospodarowania wodami są narzędziem planistycznym, które ma usprawnić proces osiągania celów środowiskowych.

W Polsce, w pierwszym etapie planowania gospodarowania wodami, cele środowiskowe dla części wód zostały oparte głównie na wartościach granicznych poszczególnych wskaźników fizyko-chemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych określających stan ekologiczny wód powierzchniowych oraz wskaźników chemicznych świadczących o stanie chemicznym wody. Plany gospodarowania wodami zostały zatwierdzone przez RM w dniu 22 lutego 2011 roku [8] i będą obowiązywały do dnia 22 grudnia 2015 r., bo w dniu 20 maja 2013 r. ukazało się w Dz.U.2013.578 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 marca 2013 r. w sprawie szczegółowego zakresu opracowywania planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy.

Zgodnie z art. 4 RDW cele środowiskowe winny być osiągnięte w 2015 r. Dyrektywa przewiduje odstępstwa od założonych celów środowiskowych, między innymi poprzez:

- ustalenie celów mniej rygorystycznych (art. 4.5 RDW),
- nieosiągnięcie celów ze względu na realizację nowych inwestycji (art. 4.7 RDW).

W planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły [8] przedstawiono, w tab 1. graniczne wartości Cl oraz SO₄, będące celami środowiskowymi określonymi w art. 4 RDW.

Tablica 1. Graniczne wartości Cl i SO₄
Table 1. Boundary values CL and SO₄

Wskaźnik [mg/l]	Wartość dla		
	bardzo dobrego stanu ekologicznego	dobrego stanu ekologicznego	potencjału ekologicznego dobrego
Siarczany	<150	250	250
Chlorki	<200	300	300

Przy ustalaniu celów środowiskowych dla jednolitych części wód powierzchniowych brano pod uwagę aktualny stan JCWP, zgodnie z wymaganym w RDW warunkiem niepogarszania ich stanu.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi (Nr 137 poz. 984) stanowi [10]:

„... wody pochodzące z odwodnienia zakładów górniczych niezależnie od zawartości sumy chlorków i siarczanów, mogą być wprowadzane:

1) do wód morza terytorialnego i morskich wód wewnętrznych – bez ograniczeń;

2) do śródlądowych wód powierzchniowych płynących — jeżeli ...sumaryczna zawartość chlorków i siarczanów w tych wodach, wyliczona przy założeniu pełnego wymieszania, nie przekroczy 1 g/l.....

na krótkich odcinkach poniżej miejsca wprowadzania ścieków i wód, można dopuścić sumaryczną zawartość chlorków i siarczanów większą niż 1 g/l, jeżeli nie spowoduje to szkód w środowisku wodnym i nie utrudni korzystania z wód przez innych użytkowników”.

Kopalnie zrzucające wody dołowe do Wisły muszą osiągać wymieniony cel środowiskowy.

Wymagania RWD są rygorystyczne i generalnie ich realizacja ma poprawić lub co najmniej utrzymać dotychczasowy stan wód powierzchniowych i podziemnych. Autorzy artykułu uważają, że współdziałanie kopalń w zakresie hydrotechnicznego ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych do cieków, poprawi stan chemiczny Wisły i pozwoli osiągnąć wyznaczone cele środowiskowe. Powinno ono polegać na skoordynowanych zrzutach solanek z kopalń, sterowanych zintegrowanym system monitorowania i dozowania.

3. Zasolenie wód kopalnianych pod koniec XX wieku

W 1994 roku 65 podziemnych kopalń węgla kamiennego pompowało na powierzchnię około 1 mln m³/dobę wód dołowych [6]. 32 kopalnie odprowadzały wody dołowe do zlewni Wisły, natomiast do zlewni Odry 35 kopalń (kopalnie „Rozbark” i „Barbara Chorzów” odprowadzały wody do obydwu zlewni).

Z tablicy nr 2 wynika, że wody słone zaliczane do IV grupy (69 000 m³/d) stanowiły tylko 7% wód dołowych zrzucanych przez kopalnie węglowe, ale zawierały aż 56% ładunku jonów chlorkowych i siarczanowych. Do Odry i Wisły kopalnie wprowadzały ok. 2,9 mln ton Cl+SO₄, czyli niemalże tyle samo ile wydobywano soli kamiennej na potrzeby przemysłu chemicznego i spożywczego [1].

W połowie lat 90. 8 kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej S.A. odprowadzało do Wisły łącznie około 113 tys. m³/dobę zasolonych wód, o zawartości jonów chlorkowych w ilości 8-83 g/dm³, których łączny ładunek wynosił ok. 4100 ton/dobę. W odprowadzanych w ilości 32 640 m³/dobę, w najbardziej zasolonych wodach z kopalń „Czczott”, „Piast” i „Ziemowit” ładunek jonów chlorkowych wynosił ok. 2400 ton/dobę. Trzy największe i najnowocześniejsze kopalnie węgla kamiennego w Polsce odprowadzały 30% ładunku Cl+SO₄ zawartego we wszystkich wodach kopalnianych. Aż około 90% ładunku chlorków i 80% substancji rozpuszczonych

w Wiśle pochodziło z kopalń „Piast”, „Czczott” i „Ziemowit” [2]. W okresach niskich stanów stężenie jonów Cl wynosiło w Krakowie 22000 mg/dm³ (3-krotne przekroczenie normy trzeciej, najniższej obowiązującej wtedy klasy czystości wód), a w Warszawie przekraczało nawet 500 mg/dm³.

Propozycje oraz sposoby rozwiązania „problemu solnego,” do lat 90. sprowadzały się w zasadzie do prac studialno-badawczych. Podstawowy kierunek w rozważaniach to hydrotechnika, polegająca na kontrolowanym zrzucie wód do odbiorników powierzchniowych przez zbiorniki retencyjno-dozujące w okresach wysokich stanów rzek tak, aby nie przekroczyć dopuszczalnego zasolenia wody w przekroju zrzutu. Pojemności takich zbiorników liczone były w milionach m³. Niestety w rejonach zrzutu wód słonych z kopalń „Ziemowit”, „Piast” i „Czczott” poziom wody w Wiśle pozwalający na uzyskanie efektu rozcieńczenia praktycznie nie występuje, a jeżeli już to tylko w okresach powodziowych [2]. Na niewielkim odcinku nastąpiła ogromna kumulacja ładunku soli wprowadzonej do Wisły.

Innym rozpatrywanym wariantem było odprowadzenie wód słonych kolektorami poniżej ujścia Soły do Wisły, gdzie wielkość przepływu umożliwiła rozcieńczenie wody słonej do poziomu dopuszczalnego dla klasy czystości rzeki Wisły. W okresie tym ze względu na liberalną polityką ekologiczną kopalnie nie były zmuszone do stosowania górniczo-geologicznych metod ograniczenia dopływu wód do kopalni.

4. Metody utylizacji słonych wód kopalnianych

Podjęte w latach 90. przez kopalnie działania związane z utylizacją wód słonych, określone w programach restrukturyzacyjnych, można sklasyfikować.

4.1. Ograniczenie dopływu wód słonych do wyrobisk górniczych poprzez działania technologiczne:

- zmiana modelu wydobywczego kopalni (likwidacja poziomów o największych stężeniach soli w wodach),
- likwidacja zbędnych wyrobisk i otworów wiertniczych,
- koncentracja robót w rejonach o mniejszym zawodnieniu,
- magazynowanie wód w starych zrobach,
- odcinanie rejonów tamami wodnymi.

Likwidacja poziomów musi być związana z ograniczeniem wydobycia kopalni lub realizacją inwestycji pozwalających utrzymać produkcję na poziomie gwarantującym opłacalność ekonomiczną. Magazynowanie wód w zrobach poeksploatacyjnych przy technologiach zawałowych jest możliwe, jeżeli utworzone zbiorniki nie będą stanowić zagrożenia wodnego dla eksploatacji pokładów niżej zalegających. Niejednokrotnie jednak tak utworzone zbiorniki są odwadniane przy podejmowaniu eksploatacji w pokładach niżej zalegających, w ramach profilaktyki przed zagrożeniem wodnym.

Tablica 2. Zasolenie odprowadzanych wód do Odry i Wisły przez kopalnie węgla kamiennego w 1994 r. [1,6]
Table 2. Characteristics of the saline mine waters discharged to Odra and Vistula rivers by hard coal mine in 1994

Grupa mineralna wody	Nazwa wody	Zawartość Cl + SO ₄ g/dm ³	Dopływ wody m ³ /d	Ładunek Cl + SO ₄ t/d	Łączny ładunek soli t/d
I	pitna	<0,6	387 000	137	205
II	przemysłowa	0,6 – 1,8	252 000	259	385
III	miernie zasolona	1,8 – 42,0	288 000	3 126	5 078
IV	słona	> 42,0	69 000	4 570	7 498
Razem	996 000	8 092	13 166		

4.2. Głębokie zatłaczanie do warstw dewonu

Próby zastosowania tej technologii miały miejsce w kopalni „Piaś” w 1993 r. Została opracowana dokumentacja techniczna otworu w rejonie zbiornika wód słonych „Bojszowy”. Autorzy projektu założyli, że chłonną warstwą będzie seria wapieni dewonu o grubości 540 m, a prędkość zatłaczania otworu wyniesie 3,5 m³/min. Koszt przedsięwzięcia określono na 9,1 mln USD. Komisja Dokumentacji Hydrogeologicznych po rozpatrzeniu ww. projektu negatywnie zaopiniowała przedsięwzięcie [4].

4.3. Metoda recyrkulacji

Metoda polega na odwierceniu bariery otworów tłocznych do drenowanych przez kopalnię wodonośnych utworów karbońskich poza granicami obszaru górniczego i wtłaczaniu do tych otworów pod odpowiednim ciśnieniem słonych wód pompowanych z kopalni. W 1994 r. w GIG został opracowany na zlecenie KWK „Czczot” *Projekt koncepcyjny docelowego stanowiska badawczo-wdrożeniowego recyrkulacji w KWK „Czczot”*. Projektowane stanowisko recyrkulacji składa się z 10 otworów tłocznych o łącznym metrażu 6970 m oraz z 9 otworów piezometrycznych o łącznej długości 3085 m.

Dla potrzeb płytkiego zatłaczania wykonano 2 otwory eksploatacyjne i dwa otwory piezometryczne, w rejonie południowej granicy kopalni „Piaś” [5]. Planowano wykonanie badań potwierdzających skuteczność i efektywność metody do zagospodarowania wód słonych. Mimo poniesionych znacznych nakładów, badania nie zostały zrealizowane w całości i niezbędnym zakresie.

4.4. Wtłaczanie wód słonych do kopalń likwidowanych

Metoda możliwa do zastosowania w przypadku, gdy kopalnia likwidowana nie ma połączeń hydraulicznych z kopalniami sąsiednimi. Została zastosowana w zlikwidowanej kopalni „Czczot”, która jest obecnie podziemnym zbiornikiem wodnym dla Kopalni „Piaś”.

Innym wariantem jest odprowadzenie wód słonych kolektorami do miejsc zrzutu, gdzie przepływ rzeki jest tak duży, że umożliwia rozcieńczenie wody słonej do poziomu dopuszczalnego dla klasy czystości rzeki (poniżej ujścia Soły do Wisły).

4.5. Utylizacja słonych wód na drodze termicznej

Polega na wykorzystaniu najbardziej stężonych solanek jako surowca do produkcji soli nieorganicznych i wykorzystania ich jako produktów handlowych. Technologia umożliwia praktycznie bezodpadową utylizację wód słonych z kopalni i odzyskanie wszystkich składników mineralnych. Uzyskane związki w procesie technologicznym to: sól kuchenna, jod, brom, chlorek potasu, wodorotlenek magnezu, uwodniony chlorek wapnia, oraz woda odsolona. Oprócz przedstawionych metod utylizacji wód kopalnianych analizie poddawano również m.in. propozycje odprowadzenia wód słonych rurociągiem do Bałtyku lub do dolnej Wisły.

5. Zakład odsalania wód kopalnianych w Oświęcimiu

W „Programie wykonawczym do polityki ekologicznej państwa do 2000 roku”, przyjętym przez Radę Ministrów na posiedzeniu w dniu 18 października 1994 r., za priorytet średniookresowy uznano m.in. budowę zakładu odsalania wód kopalnianych w Oświęcimiu. Utylizacja na drodze termicznej była uznawana za technologię najkorzystniejszą, całkowicie eliminującą zasolenie, mimo wysokiej kapitałochłonności [1].

Na terenie Zakładów Chemicznych w Oświęcimiu miał być wybudowany zakład odsalania wód kopalnianych (ZOWK). Inwestycja powinna zostać ukończona do 2002 r. i miała się przyczynić do ograniczenia zasolenia Wisły o 40%.

W 1997 r. został opracowany przez Konsorcjum Balcke Durr AG i Energoprojekt Katowice S.A. Projekt Bazowy Zakładu Odsalania Wód Kopalnianych. W zakładzie miały być utylizowane wody słone o najwyższej mineralizacji z kopalni „Piaś”, „Ziemowit” i „Czczot”. Projekt przewidywał etapową realizację Zakładu Odsalania:

- w I etapie miały być utylizowane wody kopalni „Piaś” w ilości 12 000 m³/dobę,
- w II etapie (po rozbudowie zakładu) dodatkowo słone wody z kopalni „Ziemowit” (12 000 m³/dobę) oraz kopalni „Czczot” (8640 m³/dobę). Łącznie w Zakładzie Odsalania przewidziano utylizację 32 640 m³/dobę solanek.

W procesie odsalania miały docelowo powstawać następujące produkty handlowe:

NaCl	1 200 000 t	J ₂	99 t
Mg(OH) ₂	88 000 t	Br ₂	2 200 t
CaCl ₂	290 000 t	CaSO ₄	12 180 t
KCl	15 200 t	Woda odsol.	7 600 000 m ³

Odbiorcami wymienionych produktów miał być rynek krajowy i zagraniczny. Wprowadzenie na krajowy rynek surowcowy dodatkowo ok. 1,2 mln ton soli (NaCl) mogło spowodować poważne perturbacje w popycie i zbyciu tego produktu odsalania. Każde odstępstwo od przyjętej termicznej technologii utylizacji słonych wód kopalnianych, pogarszające jakość otrzymywanych produktów, zrodziłoby problem ich sprzedaży i wymusiłoby zagospodarowanie uciążliwych dla środowiska substancji. Koszty realizacji I i II etapu budowy ZOWK (poziom cen 1997 r.) wynosiły 2,6 mld PLN..

W celu urealnienia realizacji Zakładu Odsalania Wód Słonnych z kopalni „Piaś”, „Ziemowit” oraz ograniczenia kosztów jego budowy, rozważano zmianę jego lokalizacji z terenów przemysłowych Firmy Chemicznej „Dwory” w rejon Kopalni Węgla Kamiennego „Piaś”, bezpośrednio w sąsiedztwie realizowanego przez Kopalnię Zakładu Wzbogacania Miałów, na terenie stanowiącym własność kopalni. To gigantyczne przedsięwzięcie, bardzo istotnie zmniejszające zasolenie Wisły, ale rodzące poważne problemy z zagospodarowaniem produktów odsalania z ZOWK, nigdy nie zostało zrealizowane.

Od 1974 roku funkcjonuje Zakład Odsalania „Dębieńsko”. Podstawowa działalność Zakładu polega na utylizacji słonych wód kopalnianych w oparciu o technologię opracowaną przez Główny Instytut Górnicztwa, a od 1994 roku również wg technologii amerykańsko-szwedzkiej wykorzystującej procesy odwróconej osmozy i sprężania par. Zakład Odsalania „Dębieńsko”, po likwidacji KWK „Dębieńsko”, utylizuje całość zasolonych wód z KWK „Budryk” oraz częściowo solanek KWK „Knurów”. W trakcie 40-letniej działalności Zakład wyprodukował już ponad 1,2 miliona ton wysokiej jakości soli (NaCl), czyli tyle, ile miał produkować ZOWK w Oświęcimiu w ciągu roku.

6. Aktualne zagospodarowanie solanek

Autorzy *Sektorowej oceny stanu środowiska w górnictwie węgla kamiennego* [7] twierdzili, że „Dla Wisły wysoki priorytet powinny uzyskać odkształcenia grożące zanikami tlenu w rzece i możliwością uduszenia np. ryb”. Zdaniem ekspertów należy eliminować źródła zrzucające do rzeki materię organiczną, zawiesinę, fosfor i związki azotu, jako źródła większych zagrożeń, niż wody słone dla ekosystemów rzecznych. Przyjmując ten pogląd należy zadać pytanie, dlaczego środki

finansowe zamiast na utylizację wód słonych nie przeznaczyć na budowę oczyszczalni ścieków dla miejscowości położonych w dorzeczu Wisły? Środki wydatkowane na budowę ZOWK mogły pokryć budowę około 10 oczyszczalni ścieków dla miejscowości liczących po 10 000 mieszkańców.

Jednak w kopalni „Piast” powstały znaczące instalacje redukujące szkodliwe oddziaływanie wód słonych na środowisko przyrodnicze, w tym instalacja oczyszczania wód słonych z pierwiastków promieniotwórczych, redukująca równocześnie zawiesinę mechaniczną na poziomie 650 oraz instalacja jednofazowego oczyszczania wody z części mechanicznych na poziomie 500. Instalacja oczyszczania wody z zawiesiny mechanicznej na KWK „Czczott” stała się nieprzydatna po likwidacji kopalni.

Aktualnie Kompania Węglowa S.A. w Katowicach realizuje Program przedsięwzięć związanych z ograniczeniem zrzutu zasolonych wód do Wisły z KWK „Piast”, „Ziemowit”, „Brzeszcze-Silesia” [9]. Od 2005 do 2010 kopalnie „Brzeszcze” i „Silesia” były połączone (jedna kopalnia dwuruchowa). Jednak 9 grudnia 2010 r. przedsiębiorstwo Energetický a průmyslový holding z Czech kupiło Ruch II Silesia czyli dawną KWK „Silesia”, która funkcjonuje jako samodzielna kopalnia.

Efektom realizacji programu będzie zapewnienie kontrolowanego, dostosowanego do przepływów w Wiśle, wskutek:

- zrzutu wód dołowych z kopalń „Piast” (poz. 500 i 650), „Ziemowit” (poz. 650) do rzeki Gostyni, bądź w przypadku niskich stanów wód w Wiśle do zlikwidowanej kopalni „Czczott”, zmienionej w zbiornik retencyjny,
- zrzutu wód dołowych z poz. 500 i częściowo 650 KWK „Ziemowit” do potoku Goławieckiego, zrzutu do Wisły wód z kopalni „Brzeszcze” z optymalnym wykorzystaniem pojemności istniejących zbiorników retencyjno-dożujących.

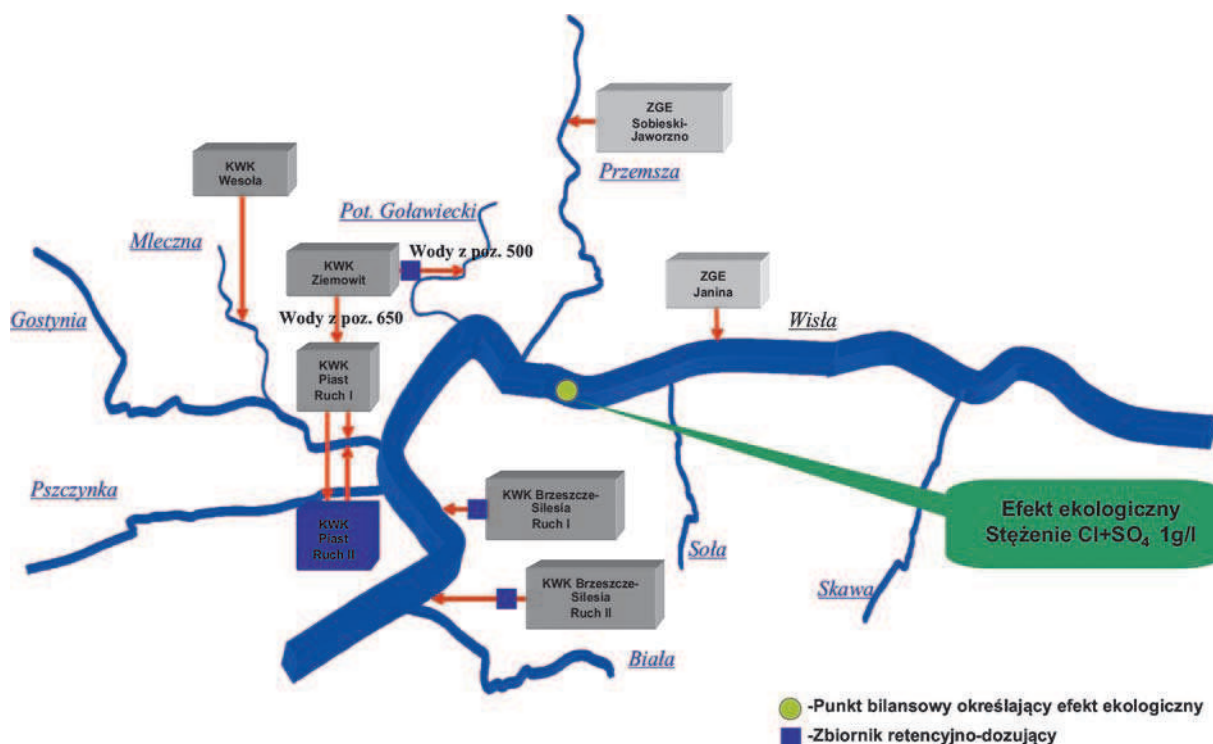
KW S.A. zakłada, że w wyniku realizacji programu zostaną stworzone warunki do osiągnięcia standardów ochrony

środowiska w rzece Wiśle w przekroju poniżej ujścia rzeki Przemszy, tj. uzyskanie wartości stężeń sumy chlorków i siarczanów poniżej 1 g/l w ciągu 328 dni w roku oraz wyeliminowanie dobowych wahań zasolenia w wodach powierzchniowych [10].

7. Zasolenie rzeki Wisły w 2013 r.

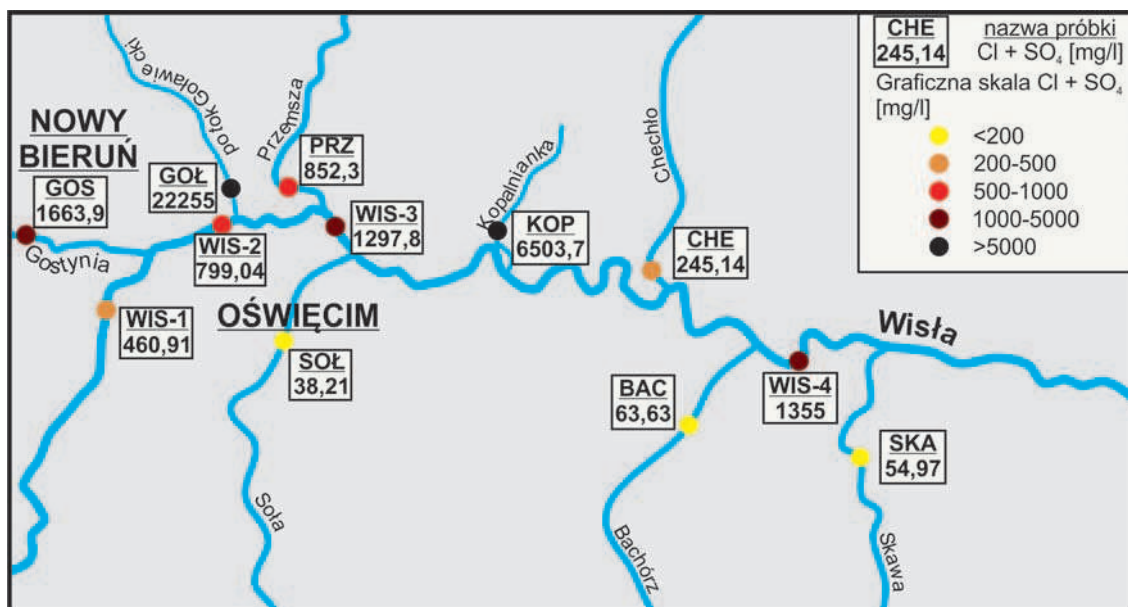
W związku z dyskusją na temat zintegrowanego monitoringu zrzutu słonych wód z kopalń węgla kamiennego do Wisły, w sierpniu 2013 r. autorzy rozpoczęli badania zasolenia tej rzeki i jej dopływów od Goczałkowic do Krakowa. Próbkę wody pobierano wzdłuż koryta rzeki, oraz ze wszystkich bezpośrednich prawo- i lewobrzeżnych dopływów (rys. 2). W każdej próbce wykonano pomiary przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), odczynu pH. Analizę chemiczną pobranych próbek wody przeprowadzono w Laboratorium Hydrogeochemicznym Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH.

Tuż za Zbiornikiem Goczałkowickim stan chemiczny Wisły można uznać za dobry. Przewodność elektrolityczna (PEW) wynosiła 319 $\mu\text{S}/\text{cm}$, zawartość jonu chlorkowego 29,25 mg/l, jonów siarczanowych 28,63 mg/l, reprezentuje CaHCO_3Cl typ hydrochemiczny wody. Tuż przed lewostronnym dopływem Wisły - Gostynią, odnotowuje się znaczne pogorszenie jakości wody (WIS-1). Przewodność elektrolityczna w tym miejscu wyniosła 1499 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a suma jonów siarczanowych i chlorkowych - 460,91 mg/l. Typ hydrochemiczny wody zmienił się na NaCl i utrzymuje się aż do samego Krakowa. W Krakowie w okresie prowadzonych badań, wody Wisły charakteryzowały się przewodnością elektrolityczną równą 3613 $\mu\text{S}/\text{cm}$, zawartość jonów siarczanowych i chlorkowych wynosiła odpowiednio 181 i 1076,8 mg/l. Również w punkcie bilansowym, określającym efekt ekologiczny (rys. 2 (WIS3)), suma siarczanów i chlorków w trakcie prowadzonych badań,



Rys. 1. Kopalnie objęte systemem ochrony hydrotechnicznej rzeki Wisły [3]

Fig. 1. Mines encompassed by the hydrotechnical protection of the Vistula river [3]



Rys. 2. Lokalizacja punktów opróbowania wraz z zawartością sumy jonów siarczanowych i chlorkowych
 Fig. 2. Location of sampling points and concentrations of the sum of chloride and sulphate ions

nie spełniła zakładanych w programie przez KW S.A. maksymalnych stężeń - do 1 g/l, wyniosła wówczas 1,3 g/l.

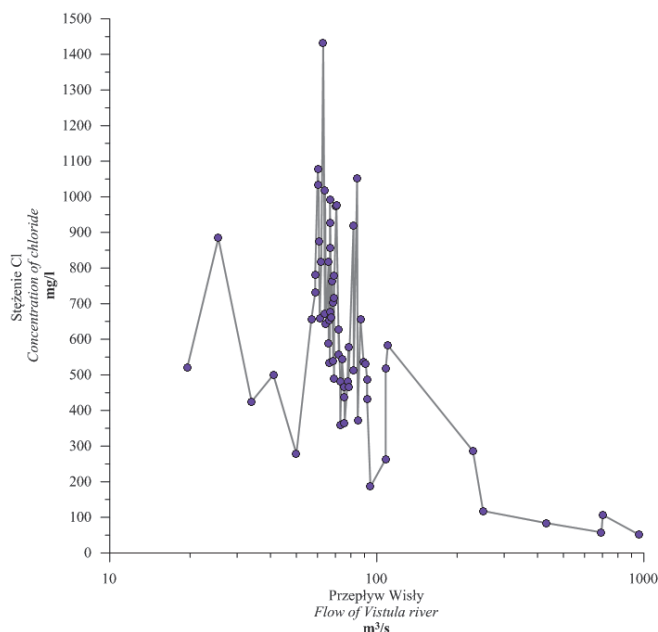
Na podstawie obserwacji składu chemicznego dopływów Wisły, można dojść do wniosku, iż w obrębie badanego obszaru lewostronne dopływy tej rzeki, ze względu na wysokie zasolenie, związane z zrzutami wód dołowych do cieków powierzchniowych, znacząco pogarszają jakość wód Wisły. Najbardziej zasolony jest potok Goławiecki (Cl+SO₄ 22 255 mg/l), Gostynia (Cl+SO₄ 1663,9 mg/l) oraz Kopalnianka (Cl+SO₄ - 6503,7 mg/l).

Natomiast ze strony prawostronnych dopływów obserwuje się dobrą jakość wód (rys. 2). Zasolenie tych cieków (Soła, Bachórz i Skawa) jest niewielkie i waha się od 38,21 do 63,63 mgSO₄+Cl/l, w związku z czym cieki te mają znaczący wpływ na rozcieńczenie zawartości jonów chlorkowych oraz siarczanowych w Wiśle. Duże znaczenie ma tu również w miarę duży przepływ średni ze średnich rocznych przepływów tych cieków SSQ (Soła 19,2 m³/s, Skawa 4 m³/s).

Systematyczne badania zasolenia Wisły w Krakowie są prowadzone (J. Motyka) od 1988 roku. Wieloletnie badania stężenia jonu chlorkowego w wodzie wiślanej w Krakowie wskazują, że nie ma zależności między wielkością przepływu do około 100 m³/s w Wiśle a stężeniem jonu chlorkowego w wodzie tej rzeki (rys. 3). Dominują chaotyczne zmiany, co dowodzi, że główną ich przyczyną jest nieskoordynowany, stochastyczny zrzut słonych wód z kopalń węgla, prawdopodobnie zgodnie z obowiązującymi pozwoleniami wodno-prawnymi. Przy przepływach od 100 do 200 m³/s stężenie chlorków jest wyraźnie mniejsze, chociaż czasami odnotowuje się skoki wartości stężeń jonu Cl, co wskazuje, że prawdopodobnie, wykorzystując wysoki stan wody w Wiśle, zostały opróżnione zbiorniki retencyjno-dozujące poszczególnych kopalń węgla. Ilustruje to rysunek 3, gdzie we wrześniu 2013 r. zasolenie Wisły w Krakowie wyniosło 1,4 g/l, a więc nie ma mowy o splotywie soli używanej zimą do odładzania dróg. Dopiero przy wysokich wartościach natężenia przepływu wody w Wiśle stężenie chlorków spada do kilkudziesięciu mg/l (rys. 3).

Stosowana przez kopalnie węgla kamiennego hydrotechniczna metoda ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych do cieków powierzchniowych polega na czasowym gromadzeniu wód słonych w zbiornikach retencyjnych i

kontrolowanym ich zrzucie do Wisły. Zakres zastosowania metody jest uwarunkowany tzw. „chłonnością” rzeki, czyli wielkością sumarycznego ładunku chlorków i siarczanów, jaki może być do niej wprowadzany. W konsekwencji metoda ta polega na wprowadzaniu słonych wód do rzeki w okresie zwiększonych przepływów wód, natomiast w przypadku niskich przepływów, zrzut jest wstrzymywany lub prowadzony w ograniczonym zakresie. Nie ma współdziałania między Kompanią Węglową (KWK, „Brzeszcze”, „Piast”, „Ziemowit”), TAURON Wydobywanie S.A. (do 23 lutego 2014 r. Południowy Koncern Węglowy S.A. – ZG „Sobieski”, KWK „Janina”) a kopalnią „Silesia”, każdy z podmiotów zarządza-



Rys. 3. Wykres korelacji między zawartością chlorków a wysokością przepływu wód w Wiśle

Fig. 3. Correlation between concentrations of chlorides and the flow of Vistula river

jących kopalniami z osobna podejmuje decyzje o wielkości i terminie bezpośredniego zrzutu lub wód nagromadzonych w zbiornikach retencyjno-dozujących.

8. System monitorująco-dozujący zrzut zasolonych wód kopalnianych

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [10] stanowi, że wody pochodzące z odwodnienia zakładów górniczych mogą być wprowadzane do śródlądowych wód powierzchniowych płynących, jeżeli sumaryczna zawartość chlorków i siarczanów w tych wodach, wyliczona przy założeniu pełnego wymieszania, nie przekroczy 1 g/l. Jeżeli nie można dotrzymać powyższego warunku, a zastosowanie odpowiedniego rozwiązania technicznego jest niemożliwe lub ekonomicznie nieuzasadnione, to na krótkich odcinkach poniżej miejsca wprowadzania wód dołowych, można dopuścić sumaryczną zawartość chlorków i siarczanów większą niż 1 g/l, jeżeli nie spowoduje to szkód w środowisku wodnym i nie utrudni korzystania z wód przez innych użytkowników. Jedną kopalnią węgla kamiennego zrzucająca wody z odwadniania do Wisły, z łatwością uzyskuje ten cel środowiskowy, jeśli miejsce zrzutu jest położone wyżej względem miejsc zrzutów pozostałych kopalń. Jednak bez współpracy kopalń w zakresie odprowadzania słonych wód do Wisły systematyczne osiągnięcie celu może być zagrożone, bo prawdopodobieństwo zrzutu solanek w tym samym czasie przez dwie kopalnie jest bardzo duże.

Próby rozwiązania problemu solnego dowodzą, że w dającej się przewidzieć przyszłości nie powstanie uzasadniony ekonomicznie i realny technicznie system odsalania wód kopalnianych oraz utylizacji produktów tego procesu. W jego miejsce musi być rozważony, jako realna alternatywa, system skoordynowanego zrzutu wód zasolonych do cieków powierzchniowych. Występują jednak liczne ograniczenia, które muszą być wzięte pod uwagę przy jego planowaniu i wdrożeniu:

- dopuszczalne stężenia Cl oraz SO₄ według obowiązującego prawa (aktualnie 1 g/l),
- stany wody w Wiśle i ciekach ją zasilających,
- aktualne i przewidywane zasolenie cieków będących odbiornikami zrzutów, wraz ze stanem cieku docelowego, jakim jest rzeka Wisła,
- aktualny stan wypełnienia poszczególnych zbiorników retencyjno-dozujących,
- aktualny stan stężenia soli w zbiornikach retencyjno-dozujących,
- aktualne potrzeby odwodnienia złóż kopalń wraz ze stanem zasolenia odpompowywanych wód,
- dopuszczalny stan stężeń soli w wodach kopalnianych według obowiązującego pozwolenia wodno-prawnego itd.

Wszystkie te ograniczenia muszą być rozpatrywane na tle operacyjnych reguł sterowania zrzutem, w dostosowaniu do aktualnych warunków hydrologicznych i sanitarnych oraz potrzeb kopalń.

Nie istnieje gotowy system realizujący wszystkie te wymagania. Projekt skoordynowanego zrzutu wód kopalnianych musi obejmować dwa moduły: moduł monitorujący oraz moduł decyzyjny.

Moduł monitorujący powinien zapewnić wiarygodną i aktualną informację o stanie komponentów warunkujących zrzut. W chwili obecnej dostępne są na rynku liczne zestawy urządzeń rejestracyjno-teletransmisyjnych [14, 15, 16] pozwa-

lających na bieżące śledzenie jakości wód powierzchniowych. Mogą to być pływające stacje zakotwiczone, wyposażone w czujniki temperatury, przewodności elektrycznej, pomiaru przepływu oraz ciśnieniowy pomiar stanu wód. Możliwa jest także instalacja innych czujników stosownie do potrzeb monitoringu.

Kluczowym problemem jest jednak konstrukcja modułu decyzyjnego. Musi on uwzględniać lokalne uwarunkowania i współzależności, które nie są w pełni deterministyczne. Uwzględnienie wszystkich zmiennych systemu (stan wody w ciekach i Wiśle, jej zasolenie, wypełnienie zbiorników retencyjno-dozujących, prognozy meteorologiczne itd.) tworzy nieskończenie wiele konfiguracji poszczególnych składników. Z tego powodu mogą zawodzić deterministyczne algorytmy sterowania, które w tej sytuacji muszą zastąpić systemy inteligentne, samouczące, bez zdefiniowanej *a priori* bazy reguł decyzyjnych, posługujące się wiedzą wyekstrahowaną z bazy reprezentatywnych dla zadania danych. Podobne rozwiązania stosowane są w systemach zaopatrzenia w wodę, wymagających sterowania przepływami na podstawie znajomości rozkładów ciśnień w sieci wodociągowej, jak też w systemach kanalizacyjnych.

Podstawą modułu decyzyjnego powinien być model odzwierciedlający reakcję systemu na liczne zdarzenia, które mogą się pojawić w obserwowanych węzłach pomiarowych. Zazwyczaj model ten jest budowany jako system wnioskowania rozmytego lub model rozmyto-neuronowy. Wejściami modelu są aktualne wartości obserwowanych zmiennych, zaś wyjściami wskazania optymalnych i dopuszczalnych decyzji w zakresie rozmiaru i punktów zrzutu.

Naturalnymi kandydatami do konstrukcji modeli decyzyjnych są liczne algorytmy z zakresu inteligencji obliczeniowej (*CI – Computational Intelligence*) i eksploracji danych (*DM – Data Mining*). Specjalność ta, związana ściśle z upowszechnieniem się technologii cyfrowej, dostarcza różnych prototypów modeli zależności nieliniowych między pozyskiwanymi w wyniku obserwacji empirycznych zmiennymi ilorazowymi, porządkowymi i nominalnymi. W systemie chroniącym jedno z miast przed zalewami rzecznyymi [13], wykorzystany został do podejmowania decyzji o rodzaju uzasadnionej akcji, model złożony z dwu powszechnie znanych algorytmów: ANFIS (system rozmyto-neuronowy) oraz, nieco rzadziej używany model o nazwie *Counterpropagation* (polskie tłumaczenie tej nazwy to „sieć przekazująca zeton”). Oba elementy systemu decyzyjnego poddane zostały (i są poddawane na bieżąco) optymalizacji (kalibracji), w oparciu o dane dotyczące stanu i reakcje systemu. Z czasem lista możliwych konfiguracji ulega znacznemu zwiększeniu, zaś wskazania decyzji stają się coraz bardziej precyzyjne i poprawne. Funkcjonowanie modułu opiera się o rozpoznanie aktualnej konfiguracji systemu, która pośrednio wskazuje zakres uzasadnionych reakcji operatorów sterujących zrzutem.

Budowa podobnego systemu wymaga starannej analizy zmiennych i zgromadzenia odpowiednio licznej bazy danych do wstępnej optymalizacji (treningu). W praktyce testowane są liczne modele decyzyjne, przy czym coraz powszechniej sięga się do zespołów algorytmów decyzyjnych. Decyzje podejmowane na podstawie wskazań wielu różnych algorytmów są, na ogół, bliższe optymalnym, ponieważ lokalne błędy jednego z nich są niwelowane przez kompetentne wskazania innego, dobrze sprawdzającego się w określonej konfiguracji. Warunkiem trafnego wyboru są zawsze jednak, w miarę możliwości, liczne obserwacje tworzące wyczerpującą i pełną informację dotyczącą możliwych reakcji systemu. Wydaje się, że gromadzenie stosownych informacji, w kontekście przypuszczalnych kroków prowadzących do rozszerzenia eksploatacji na nowe pola jest uzasadnionym krokiem wstępnym stworzenia stosownego systemu monitorująco-decyzyjnego.

9. Podsumowanie

Jedyną metodą utylizacji słonych wód odprowadzanych do Wisły z kopalń nadwiślańskich jest metoda hydrotechniczna:

- podjęte w latach 90. ubiegłego stulecia próby utylizacji słonych wód kopalnianych poprzez głębokie zatłaczanie do warstw dewonu lub do wyrobisk zlikwidowanych kopalń lub recyrkulację, z uwagi na uwarunkowania górniczo-geologiczne, dla kopalń nadwiślańskich nie mogą być wdrożone,
- utylizacja wszystkich solanek metodą termiczną jest za droga, przykład projektowanego ZOWK w Oświęcimiu wskazuje na poważny problem jakim jest zagospodarowanie produktów odsalania,
- w najbliższych latach będzie się zmieniać dynamika ilości, poziomu zasolenia wód dołowych oraz miejsca ich zrzutu do Wisły, w gminie Przeciszów ma zostać wybudowana nowa kopalnia węgla kamiennego, w której wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji będzie wzrastać zasolenie wód w górotworze.

Pod względem prawnym hydrotechniczna ochrona wód powierzchniowych wymaga spełnienia warunku, aby po zrzucie przez kopalnię wód dołowych sumaryczna zawartość chlorków i siarczanów w Wiśle, wyliczona przy założeniu pełnego wymieszania, nie przekroczyła 1 g/l. Prowadzone od 1988 r. systematyczne badania stężenia jonu chlorkowego w wiślanych wodach w Krakowie (okolice Mostu Dębnickiego) dowodzą, że podmioty zarządzające kopalniami nie prowadzą skoordynowanego, bezpośredniego lub ze zbiorników retencyjno-dozujących, zrzutu słonych wód do Wisły, wskutek czego nie są osiągnięte cele środowiskowe.

W art. 81 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie... zaznaczono:

„Jeżeli z oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko wynika, że przedsięwzięcie może spowodować nieosiągnięcie celów środowiskowych zawartych w planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach odmawia zgody na realizację przedsięwzięcia, o ile nie zachodzą przesłanki, o których mowa w art. 38j ustawy Prawo wodne.”

Dopuszczalne jest nieosiągnięcie dobrego stanu oraz niezapobieżenie pogorszeniu stanu jednolitych części wód podziemnych JCWPd i powierzchniowych JCWP (Art.38j), jeżeli są spełnione łącznie następujące warunki:

1. Podejmowane są wszelkie działania, aby łagodzić skutki negatywnych oddziaływań na stan jednolitych części wód.
2. Przyczyny zmian i działań są przedstawione w planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza.
3. Przyczyny zmian i działań, są uzasadnione nadrzędnym interesem publicznym, a pozytywne efekty dla środowiska i społeczeństwa związane z ochroną zdrowia, utrzymaniem bezpieczeństwa oraz zrównoważonym rozwojem przeważają nad korzyściami utraconymi w następstwie tych zmian i działań.

Opracowanie i wdrożenie systemu monitorująco-dozującego zrzut zasolonych wód kopalnianych ma bezsporne zalety:

- stężenia soli w wodach Wisły miałyby stabilny, a nie stochastyczny rozkład,
- sterowane zrzuty wód kopalnianych pozwalałyby na osiągnięcie stężeń soli w Wiśle na wymaganych prawem poziomach,

- system byłby argumentem w przypadku starania się przez kopalnię o nowe koncesje i pozwolenia wodno-prawne,
- system wpisuje się w strategię ochrony wód powierzchniowych (JCWP) nakreśloną przez Ramową Dyrektywę Wodną.

Literatura

1. Adamczyk A., Mikołajczak J.: Ekologiczne aspekty utylizacji solanek z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej. Second World Mining Environmental Congress. 13-16 May 1997 Katowice.
2. T. Cichy T., Mikołajczak J.: Utylizacja solanek z kopalń „Nadwiślańskiej Spółki Węglowej”. VI DNI MIERNICTWA GÓRNICZEGO I OCHRONY TERENÓW GÓRNICZYCH Konferencja Naukowo-Techniczna, Ustroń 2001 r.
3. Koryga R.: Cele środowiskowe dla wód – doświadczenia RDOŚ w Krakowie. Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Krakowie.
4. Mikołajczak J. i zespół: Ocena oddziaływania na środowisko recyrkulacji słonych wód kopalnianych KWK „Czczcott”. Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska AGH, maszynopis. Kraków 1996.
5. Mikołajczak J. i zespół: Ocena oddziaływania na środowisko otworów T1 i T2 z uwzględnieniem ich wykorzystania jako otworów tłocznych. Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska AGH, maszynopis. Kraków 1997.
6. Rogoż M.: Słone wody kopalniane w Górnolśląskim Zagłębiu Węglowym i możliwości ich wtłaczania do górotworu. Wiadomości Górnicze 1994, nr 9.
7. Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Skarbu. Sektorowa ocena stanu środowiska w górnictwie węgla kamiennego. GIG. Katowice, luty 2000 r.
8. Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły, zatwierdzony na posiedzeniu RM w dniu 22 lutego 2011 r. (M.P. z dnia 21 czerwca 2011 r. Nr 49 poz. 549).
9. Wody dołowe odprowadzane z kopalń Kompanii Węglowej S.A. w Katowicach do cieków powierzchniowych. Prezentacja Katowice, luty 2009r. http://www.gliwice.rzgw.gov.pl/index.php/en/news/menupliki/prezentacje/files-download/77_d72b3228bfea5e16c52cd9b42d204629
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 Nr 137 poz. 984).
11. Rozporządzenie MŚ z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Dz.U. Nr 258 poz. 1549).
12. WSPÓLNA STRATEGIA WDRAŻANIA RAMOWEJ DYREKTYWY WODNEJ (2000/60/WE). Wytyczne nr 20 WYTYCZNE DOTYCZĄCE WYŁĄCZEŃ Z REALIZACJI CELÓW ŚRODOWISKOWYCH. Raport techniczny – 2009-27. Wspólnoty Europejskie 2009 r.
13. Chiang Y.-M., Chang L.-C., Tsai M.-J., Wang Y.-F., Chang F.-J.: Auto-control of pumping operations in sewerage systems by rule-based fuzzy neural networks. Hydrological Earth System Science, 15, 2011, s. 185-196.
14. Mijovic S., Palmar B.: Water quality monitoring automation of rivers in Serbia. Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 9., Nr 1., 2012, s.1-10.
15. Rouen, Martin and George, Glen and Kelly, Jack and Lee, Mike and Moreno-Ostoa, Enrique High-resolution automatic water quality monitoring systems applied to catchment and reservoir monitoring. Freshwater Forum, 23, 2004, pp. 20-37.
16. Technical Report Series nr 3: Planning of water-quality monitoring system World Meteorological Organization, 2013.