

Ewa JANSON

Centralny Zakład Odwadniania Kopalń, Czeladź

WPŁYW ZATAPIANIA I ODWADNIANIA ZLIKWIDOWANYCH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO NA ŚRODOWISKO ZLEWNI PRZEMSZY

Streszczenie. W pracy opisano problem wpływu zatapiaania i odwadniania nieczynnych kopalń węgla kamiennego na środowisko wodne zlewni rzeki Przemszy. Po około 200 latach eksploatacji pokładów węgla zlikwidowano 11 kopalń na badanym obszarze, z czego dla 10 wystąpiła konieczność odwadniania nieczynnych wyrobisk ze względu na możliwość zagrożenia wodnego dla kopalń czynnych, ze względu na połączenia między nimi. Poziom lustra wody w nieczynnych zrobach determinowany jest przez rzędne tych połączeń, stanowiących potencjalne drogi przepływu. Po zatopieniu wyrobisk zaobserwowano procesy charakterystyczne dla kwaśnych wód kopalnianych z wysokimi stężeniami siarczanów i żelaza pochodzącymi z procesów utleniania m.in. pirytu. Wody kopalniane odprowadzane są do odbiorników powierzchniowych w badanej zlewni powodując ich zanieczyszczenie, co w aspekcie obowiązujących unormowań ochrony środowiska stanowi poważny problem.

THE INFLUENCE OF FLOODING AND DEWATERING ABANDONED COAL MINES TO ENVIRONMENT IN PRZEMSZA RIVER BASIN, UPPER SILESIA, SOUTHERN POLAND

Summary. After 200 years of underground mining in Przemsza river basin 11 coal mines were liquidated, 10 of them have to be dewatered because of 'water hazard' to mines conected with abandoned workings. Water level in abandoned mines has to be kept under this connections. Hydrogeological environment in Przemsza river basin changed, primarily due to dewatering and flooding liquidated mines and also leded to significant pollution of groundwater. High concentrations of sulphates and iron from pyrite oxidation are characteristic to acid mine drainage. Mine waters are discharged into surface water races in Przemsza river basin. The influence to their quality is significant and has to be controlled, especially in aspect of new standards for protection of water environment.

1. Wprowadzenie

Ingerencja człowieka w środowisko przyrodnicze, polegająca na prowadzeniu przez niego działalności przemysłowej, niesie ze sobą pogorszenie stanu środowiska naturalnego jako całości, a rodzaj danej działalności wpływa na poszczególne jego elementy. Wydawać by się mogło, że zaprzestanie wydobywania i likwidacja kopalń pociągnie za sobą zmniejszenie rozmiarów niekorzystnych oddziaływań. Okazało się jednak, że negatywny wpływ na środowisko nadal występuje, natomiast zmianie uległ kierunek oddziaływań.

2. Obszar badań

Obszar badanej zlewni rzeki Przemszy jest położony w północno-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, na granicy wododziałów Wisły i Odry. Stanowi regionalną strefę zasilania karbońskich kompleksów wodonośnych w GZW ze względu na przepuszczalny nadkład karbonu, elewacyjne położenie oraz więź hydrauliczną między poziomami wodonośnymi nadkładu i karbonu (Róźkowski A., 2006). Istnieje tu dziesięć zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, dla których stwierdzono konieczność utrzymywania odwadniania ze względu na istniejące połączenia i możliwość wystąpienia zagrożeń wodnych dla czynnych kopalń (rys. 1). Odwadnianie odbywa się za pomocą pomp głębinowych w przystosowanych do tego celu szybach lub za pomocą stacjonarnych pompowni w podziemnych wyrobiskach. Zadaniem Centralnego Zakładu Odwadniania Kopalń jest także upraszczanie istniejących systemów, monitorowanie poziomu wody w zrobach oraz jakości odprowadzanych wód.

Według zaleceń wdrażanej w prawodawstwie polskim Ramowej Dyrektywy Wodnej (Directive 2000/60/EC) istotny jest problem osiągnięcia dobrego stanu wód do 2015 roku. Identyfikacja zagrożeń dla środowiska wód podziemnych jak i powierzchniowych wiąże się z dokładnym monitoringiem jego stanu jakościowego i ilościowego na badanym obszarze.

ilościowego wód podziemnych na terenie objętym eksploatacją górnictwem (Różkowski A. i in., 2005). W czasie obserwacji zmian składu wód kopalnianych po zatopieniu wyrobisk napotkano na problem znacznych ilości żelaza ogólnego i zawiesiny w odprowadzanych wodach, jak również często podwyższonych zawartości metali (manganu, cynku, ołowiu, miedzi). Obserwowano zwiększenie stężeń siarczanów w wodach po zatopieniu wyrobisk do określonej rzędnej. Są to charakterystyczne przesłanki procesów powstawania kwaśnych wód kopalnianych (ang. acid mine drainage). Niejednokrotnie opisywane w literaturze wypływy kwaśnych wód o pH nawet poniżej 1 i zawartościach żelaza do 3800 mg/l i siarczanów do 13 000 mg/l (Razowska – Jaworek, Pluta, 2005) stanowią poważny problem w zlikwidowanych kopalniach na całym świecie. W badaniach wpływu wód kopalnianych na rzeki zlewni istotne jest kształtowanie się składu chemicznego wód powierzchniowych za punktem zrzutu. Nie bez znaczenia są ilości wód odprowadzanych oraz przepływ w odbiorniku, gdzie często wskutek antropopresji większą część stanowią wody pochodzące ze zrzutów ścieków, a nie stanowiące naturalny odpływ. Skutki hydrodynamiczne zatapiania kopalń (Motyka i in., 2007) związane są ze wzniosem zwierciadła wód podziemnych. Zaobserwowano ogólny trend zmniejszania się dopływu wód do zlikwidowanych i odwadnianych kopalń (tabl. 1).

Tempo zatapiania kopalni zależne jest od pojemności wodnej zrobów i odwodnionego górotworu oraz natężenia dopływu wody (Rogoż, 2004). W badanych kopalniach na terenie zlewni Przemyśl w wyniku zatopienia wyrobisk powstały podziemne zbiorniki wodne o szacowanych pojemnościach od 4,1 do 7,9 mln m³ (tab. 2).

Skutki hydrogeochemiczne (Motyka i in., 2007) związane są ze zmianami właściwości fizykochemicznych wód kopalnianych pompowanych z nieczynnych wyrobisk. Skomplikowany łańcuch procesów zachodzących w górotworze objętym drenażem górnictwem związany jest z utlenianiem (wietrzeniem) siarczków metali – typ MS2 (Banks i in. 1997). Główne znaczenie mają siarczki żelaza FeS₂ – piryty i markasyt (Singer, Stumm, 1970), minerały najpowszechniej występujące w ośrodku skalnym. Proces utlenienia piryty po raz pierwszy ogólnie opisali Barnes, Clarke (1964), natomiast etapy jego utlenienia szerzej przedstawili Singer, Stumm (1970).

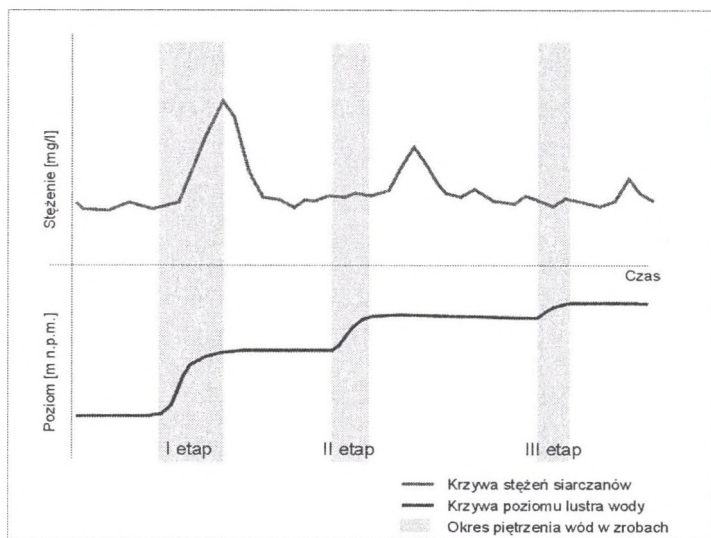
Tablica 1

Minimalne i maksymalne ilości wód dopływających do kopalń w badanej zlewni Przemyszy

Kopalnia	Dopływ maksymalny [m ³ /min] / Rok, w którym wystąpił	Dopływ minimalny [m ³ /min] / Rok, w którym wystąpił	Uwagi
Sosnowiec	9,83 / 1997	6,29 / 2005	Trend malejący
Paryż	15,98 / 1995	10,00 / 2005	W okresie 1995 – 2000 zaobserwowano zmniejszanie dopływu wody, po likwidacji (zmiana systemu odwadniania) zanotowano wzrost dopływu w roku 2002 do 15,04, po czym zaobserwowano trend malejący.
Porąbka Klimontów	5,84 / 2003	3,50 / 1995	Wzrost ilości wód w roku 2003, co może być związane z dopływem z kopalń sąsiednich (Paryż, Sosnowiec).
Grodzicz	6,39 / 1997	2,40 / 2006	Trend stale malejący
Niwka Modrzejów	13,70 / 1998	9,50 / 2006	Powolny trend malejący od roku 1998
Katowice	7,14 / 1998	5,37 / 2004	Powolny trend malejący do roku 2004, w ostatnim okresie notuje się niewielki wzrost dopływu.
Saturn	34,99 / 1997	19,00 / 2005	Trend malejący
Siemianowice	20,20 / 1996	10,59 / 2004	Trend malejący, od 2005 nieznaczny wzrost dopływu
Powstańców Sl.	3,48 / 1997	2,92 / 2004	Od roku 2005 wzrost ilości dopływającej wody – związany z przelewem ze zbiornika w zrobach pokładu 620.
Jan Kanty	38,50 / 1998	26,02 / 2003	Od roku 2004 obserwuje się powolny wzrost ilości dopływającej wody – możliwy dopływ ze zlikwidowanej Upadowej Jęzor VI.

Zmiany zawartości siarczanów obserwowano w wodach z kopalń odwadnianych systemem głębinowym (Sosnowiec, Paryż, Porąbka Klimontów, Grodzicz, Niwka Modrzejów, Katowice oraz pompownia w szybiku Andrzej byłej kopalni Saturn). Notowano wzrost stężeń tego wskaźnika po każdorazowym spiętrzeniu wody w zrobach. Etapowe podnoszenie poziomu wody skutkuje natychmiastowym wzrostem stężenia siarczanów i wynosi od 24% - 193% w stosunku do ilości średniej (tąb. 2, rys. 2).

Opisane zmiany zawartości siarczanów są wynikiem zjawiska nazywanego first – time flushing (Varnell i in. 2004) lub first flush – zdefiniowane po raz pierwszy przez Youngera (Gzyl, Banks, 2007). Jest ono związane z dopływem pierwszej porcji wód do zatapianego górotworu, która gwałtownie wypłukuje produkty utlenienia siarczków metali z mas skalnych. Analizując zmienność ilości żelaza zaobserwowano także wynik zjawiska first flush – po każdym etapie piętrzenia wód w wyrobiskach stężenia wzrastają, należy jednak mieć na uwadze, że częstotliwość oznaczeń żelaza, szczególnie w czasie podnoszenia poziomu lustra wody w zrobach, powinna być większa niż raz lub dwa razy w roku.



Rys. 2. Ogólny przebieg zmian zawartości siarczanów w wodzie odprowadzanej ze zlikwidowanej kopalni odwadnianej systemem głębinowym

Fig. 2. General course of the sulphates contents changes in the water from the liquidated mine dewatered with deep system

Pobór wód do oznaczeń żelaza często nie był przeprowadzany z zachowaniem podstawowych zaleceń dotyczących obróbki prób w terenie (Witczak, Adamczyk, 1995; Watson, 2005). Opisany charakter zmian zawartości może być traktowany jako orientacyjny. Dodatkowo zmianom zawartości żelaza towarzyszą zmiany ilości manganu, ołowiu, cynku i miedzi (tabl. 2).

W kopalniach z zachowanym stacjonarnym systemem odwadniania zmienność parametrów chemicznych wód wiąże się z lokalnymi zmianami kierunków przepływu wód (kopalnia „Siemianowice”, „Jan Kanty”) z powstaniem i wypełnieniem zbiornika w zlikwidowanych zrobach (kopalnia „Powstańców Śl.” – Bytom I) i jest specyficzna dla panujących warunków hydrochemicznych w danej kopalni.

Analizując wpływ wód kopalnianych na jakość wód rzecznych w zlewni stwierdzono najbardziej niekorzystny wpływ w jej górnej części w przypadku zrzutu z byłej kopalni „Grodziec” do rzeki Wielonki oraz z byłej kopalni „Powstańców Śl.” – Bytom I do rzeki Szarlejki. Rzeki te powyżej punktu zrzutu prowadzą wody odpowiadające III klasie jakości (Rozp. Ministra Środowiska z 11 lutego 2004). W przypadku pozostałych odbiorników

w zlewni Przemśy zanotowano znaczny wzrost żelaza i manganu na skutek odprowadzania wód z pozostałych zlikwidowanych kopalń.

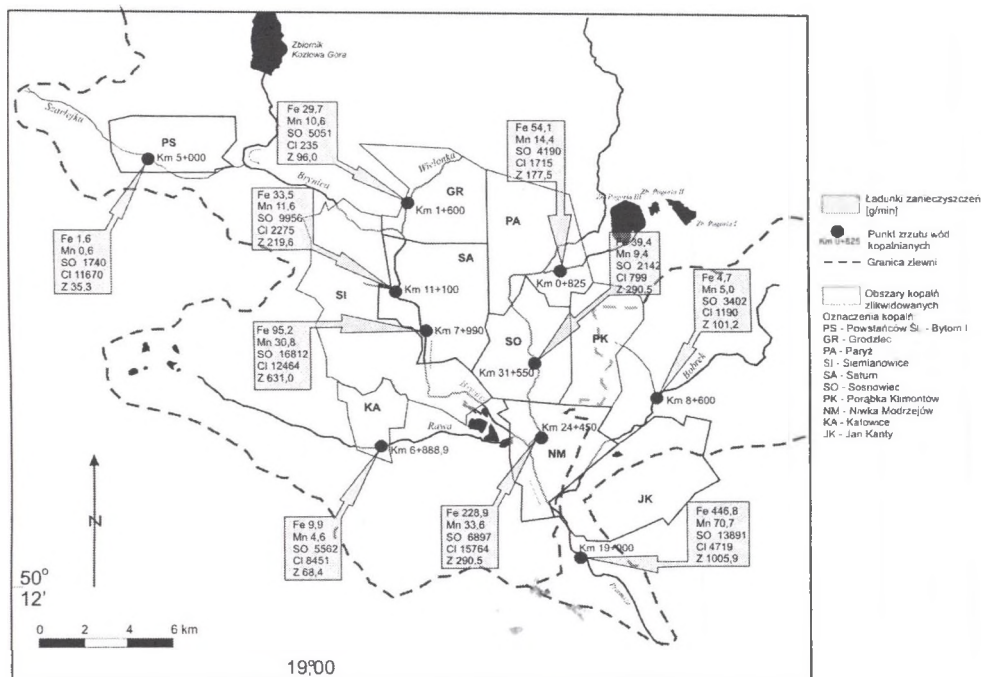
Tablica 2

Podsumowanie zmian parametrów chemicznych wód ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w badanej zlewni Przemśy

Kopalnia	Głębokość zatopienia [m p.p.t.] (rzędna zwierciadła [m n.p.m.])		Maksymalne stężenie żelaza [mg/l]	% wzrost zawartości siarczanów (od ilości średniej)	Inne wskaźniki charakterystyczne maksymalne stężenie [mg/l]		Typ wody	
	Całkowita pojemność zatopionych zrobów [mln m ³]							
Sosnowiec	I etap	406,3 (-146,5)	4,8	47%	N-NH ₄ N-NO ₃ Mn Zn Zawiesina pH	1,49 0,51 2,55 0,92 54,0 6,42-8,25	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-Na	
		2,9						
	II etap	359,6 (-99,8)	10,8	40%				
		4,1						
Paryż	I etap	266,1 (5,0)	b.d.		N-NH ₄ Zn Mn pH zawiesina	1,35 0,31 2,7 6,44-7,40 41,0	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Na-Mg	
		b.d.						
	II etap	243,1 (28,0)	0,84	73%				
		5,3						
	III etap	221,1 (50,0)	7,0	16%				
		6,2						
Porąbka Klimontów		478,7 (-198,7)	23,8	30%	N-NH ₄ Zn Mn pH zawiesina	1,22 17,8 8,27 6,20-7,89 88,0	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-Na	
		5,4						
Grodziec		238,3 (58,4)	22,0	193%	N-NH ₄ Zn Mn pH zawiesina miedź	1,72 3,07 5,37 6,60-8,00 123,0 0,092	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-Na	
		7,9						
Niwka Modrzejów	I etap	598,3 (-350,0)	4,9	24%	N-NH ₄ Zn Mn pH zawiesina ołów	15 0,31 5,54 6,47-8,00 159,0 0,18	Cl-SO ₄ -Na	
		b.d.						
	II etap	415,3 (-167,0)	12,0	41%				
		6,8						
Katowice		469,8 (-190,0)	8,3	45%	N-NH ₄ Zn Mn pH zawiesina	2,34 0,50 3,75 6,75-7,85 40,0	Cl-SO ₄ -Na-Mg-Ca	
		7,2						
Saturn	Pompownia w szybiku Andrzej	I etap	241,9 (35,1)	9,3	104%	N-NH ₄ Zn Mn pH zawiesina	1,70 0,27 3,00 6,52-7,55 47,0	Cl-SO ₄ -Na
			6,0					
		II etap	226,9 (50,1)	4,2	34%			
			7,2					

Wody tych odbiorników w kierunku ujścia i punktu końcowego zlewni (wodowskaz „Jeleń”) wykazują także wzrost wskaźników zasolenia, który wynosi 5 – 63% dla chlorków, 1

– 73% dla siarczanów, 1 – 24% dla wapnia oraz 5 – 55% dla magnezu, natomiast maksymalny wzrost zawartości żelaza wyniósł 1587%, a manganu 1566%. Poziom stężeń żelaza i manganu w wodach odbiorników jest typowy dla wód powierzchniowych, natomiast wskutek zatopienia wyrobisk górniczych (pompownie głębinowe) oraz zmian kierunków przepływu wód czy wypełnienia lokalnie nieczynnych zrobów lub zmian kierunków przepływu wód (pompownie stacjonarne), wody kopalniane niosą wysokie ładunki tych zanieczyszczeń (rys. 3).



Rys. 3. Fragment badanej zlewni z oznaczeniem punktów zrzutu wód kopalnianych i wielkości średnich ładunków zanieczyszczeń

Fig. 3. A part of investigated basin with marking of the points of mining waters discharge and average pollutant load

Zrzut wód kopalnianych powoduje także zmiany ilości wskaźników świadczących o zanieczyszczeniu odbiorników powierzchniowych substancjami biogennymi ze ścieków bytowo – gospodarczych (formy azotu). Spadek zawartości azotu amonowego o 3 – 63% i azotanowego o 4 – 66% zanotowano w każdym przypadku poniżej punktu zrzutu wód kopalnianych. Zanotowano także spadek zawartości cynku i ołowiu, szczególnie w przypadku rzeki Brynicy, prowadzącej w badanych punktach wody zawierające podwyższone ilości tych

zanieczyszczeń, które są skutkiem odprowadzania wód z nieczynnych wyrobisk kopalń cynku i ołowiu odwadnianych przez Centralną Pompownię „Bolko”.

4. Podsumowanie i wnioski

Badana zlewnia Przemszy jest przykładem silnego przeobrażenia środowiska naturalnego w wyniku intensywnej działalności człowieka. Z chwilą rozpoczęcia ponad 200 lat temu górniczej eksploatacji węgla kamiennego, z intensywnym drenażem górniczym, wentylacją wyrobisk, eksploatacją kopaliny, naruszono warunki równowagi panujące w środowisku. Likwidacja kopalń węgla kamiennego i zatapianie nieczynnych wyrobisk doprowadziły do kolejnych przemian, z dalszym niekorzystnym wpływem, który należy rozpatrywać na terenie badanej zlewni Przemszy w środowisku wód podziemnych, jak i powierzchniowych.

Wody pochodzące z odwadniania zlikwidowanych zakładów górniczych stanowią punktowe źródło zanieczyszczeń dla wód powierzchniowych, podczas gdy dla wód podziemnych są potencjalnym zagrożeniem obszarowym, związanym z podniesieniem poziomu lustra wody w zrobach zlikwidowanych kopalń i wytworzeniem strefy wód zanieczyszczonych. Zagrożenie to wiąże się z możliwością pogorszenia jakości wód podziemnych w ujęciach przeznaczonych dla zaopatrzenia ludności i przemysłu.

Zmiany składu fizykochemicznego określone na podstawie archiwalnych badań wód świadczą o jego zależności od sposobu prowadzenia odwadniania i zatapiania wyrobisk. Etapowe piętrzenie wód skutkuje kilkukrotnym wzrostem zawartości charakterystycznych wskaźników dla kwaśnych wód kopalnianych (ang. AMD), podczas gdy ciągłe podnoszenie poziomu wody przez długi okres powoduje drastyczny wzrost tych wskaźników, po czym obserwowany jest powolny spadek ich zawartości w pompowanych wodach.

Charakter wód kopalnianych ze zlikwidowanych i zatopionych wyrobisk jest inny niż w przypadku wód z kopalń czynnych. Podlegają one szeregowi przemian hydrochemicznych wskutek przechodzenia do roztworu produktów utlenienia m.in. siarczków żelaza, zmieniając zasadniczo ich skład. W trakcie badań nad wpływem odprowadzanych wód ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego do rzek w zlewni Przemszy zaobserwowano intensywny wzrost zawartości żelaza ogólnego i manganu w wodach powierzchniowych

spowodowany zrzutem odpompowanych wód. Stąd zasadne jest, aby w monitoringu jakości wód odprowadzanych w trakcie likwidacji i odwadniania nieczynnych wyrobisk zalecany minimalny zakres analizy oprócz oznaczeń chlorków, siarczanów i zawiesiny, wykonywanych zgodnie z wymaganiami prawnymi, zawierał dodatkowe oznaczenia zawartości żelaza ogólnego i manganu w odprowadzanych wodach.

Badania wpływu wód kopalnianych na jakość wód w odbiornikach powierzchniowych pokazały, że po zaprzestaniu eksploatacji węgla ujemny wpływ na środowisko nadal występuje. Rzeki w badanej zlewni wykazują ponadnormatywne zawartości zanieczyszczeń mineralnych, a zrzut wód pochodzących z odwadniania podtrzymuje stan zanieczyszczenia. Dodatkowo w 10 punktach odprowadzania wód kopalnianych deponowane są bardzo duże ładunki zawiesiny żelazistej, tzw. ochry. Wskutek odprowadzania wód kopalnianych zmniejszeniu ulega podwyższona na skutek odprowadzania ścieków bytowych zawartość form azotu w wodach powierzchniowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Banks D., Younger P.L., Arnesen R.-T., Iversen E.R., Banks S.B.: Mine water chemistry: the good, the bad and the ugly. *Environmental Geology* 32 (3) Springer – Verlag, p.157-174. 1997.
2. Barnes I., Clarke F. E.: Geochemistry of ground water in mine drainage problems. U.S. Geol. Survey Prof. Papers 473-A. 1964.
3. Gzyl G., Banks D.: Verification of the “first flush” phenomenon in mine water from coal mines in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. *Journal of Contaminant Hydrology* 92 (2007) p.66 – 86. 2007.
4. Motyka J., Czop M., Syposz - Łuczak B.: Zagrożenia środowiska wodnego związane z likwidacją górnictwa rud cynku i ołowiu w Małopolsce. *Przegląd Górniczy* Nr1/2007, s. 45 – 53. 2007.
5. Razowska - Jaworek L., Pluta I.: Przegląd występowania kwaśnych wód kopalnianych w różnych rejonach górniczych świata. *Przegląd Górniczy* Nr 5/2005, s. 31 – 37. 2005.
6. Rogoż M.: Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 683. 2004.
7. Rózkowski A.: Czynniki kształtujące przeobrażenia środowiska hydrochemicznego strefy wymiany w utworach karbonu północno – wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) [w:] *Hydrogeochemia '06, X międzynarodowa konferencja naukowa: Aktualne problemy hydrogeochemii, Sosnowiec – Złoty Potok*, s. 95 – 98. 2006.

8. Różkowski A., Pacholewski A., Witkowski A.: Kształtowanie się chemizmu zwykłych wód podziemnych w regionie górnośląskim w warunkach aktywnej antropopresji. *Przegląd Geologiczny*, vol. 53 nr 9 s. 742 – 752. 2005.
9. Singer P.C., Stumm W.: Acidic Mine Drainage: The Rate-Determining Step. *Science* Vol. 167. no. 3921, p. 1121 – 1123. 1970.
10. Varnell C.J., Van Brahana J., Steele K.: The influence of Coal Quality Variation on Utilization of Water from Abandoned Coal Mines as a Municipal Water Source. *Mine Water and the Environment* 23, Springer – Verlag, p.204 – 208. 2004.
11. Watson I.: The Coal Authority Guidance for Monitoring of Minewaters, including Sampling and Analysis. The Coal Authority UK, Ver. 1.2. 2005.
12. Witczak S., Adamczyk A.: Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska PIOŚ Warszawa, T II., s. 579. 1995.
13. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, of 23 October 2000, establishing a framework for the Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* 22.12.2000, L 327.
14. Dziennik Ustaw Nr 32 poz. 284 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód.
15. Zestawienie pomiarów rzędnych poziomu lustra wody w wyrobiskach zatapianych kopalń, ilości wypompowanej wody oraz sprawozdania z badań jakości odprowadzanych wód – monitoring prowadzony w Centralnym Zakładzie Odwadniania Kopalń w Czeladzi.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Pozzi
Profesor Politechniki Śl.