

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 zatapiania 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 connected 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 led 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 wydobycia 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 (Rózkowski 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.



Rys. 1. Schemat usytuowania obszarów odwadniania zlikwidowanych kopalń w zlewni rzeki Przemszy

Fig. 1. Scheme of the situation of dewatering areas of liquidated mines in the Przemsza river basin

3. Cel i zakres badań

W pracy analizowano jakość wód odprowadzanych z 10 zlikwidowanych kopalń na podstawie danych archiwalnych zebranych z okresu 1995 – 2006 (około 300 analiz). Wykonano badania wpływu wód odprowadzanych na wody w odbiornikach powierzchniowych w okresie od czerwca 2005 do sierpnia 2006, monitorowano ich jakość powyżej i poniżej miejsc zrzutu wód kopalnianych (240 analiz). Dotychczas w monitoringu wód kopalnianych najczęściej oznaczano jedynie zawartości chlorków i siarczanów oraz zawiesiny. W związku z restrukturyzacją górnictwa i likwidacją wielu kopalń GZW niezbędne jest prowadzenie racjonalnego i reprezentatywnego monitoringu jakościowo –

ilościowego wód podziemnych na terenie objętym eksploatacją górnictw (Rózkowski 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 wpływy 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 zróbów i odwodnionego górotworu oraz natężenia dopływu wody (Rogoż, 2004). W badanych kopalniach na terenie zlewni Przemszy 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 górnictw związany jest z utlenianiem (wietrzeniem) siarczków metali – typ MS2 (Banks i in. 1997). Główne znaczenie mają siarczki żelaza FeS₂ – pirit i markasyt (Singer, Stumm, 1970), minerały najpowszechniej występujące w ośrodku skalnym. Proces utlenienia pirytu po raz pierwszy ogólnie opisali Barnes, Clarke (1964), natomiast etapy jego utlenienia szerzej przedstawili Singer, Stumm (1970).

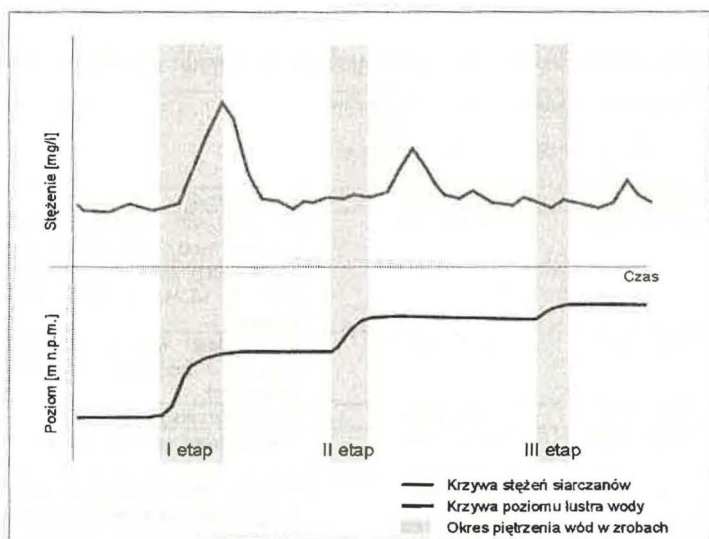
Tablica 1

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).
Grodziec	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 Śl.	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, Grodziec, 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 (tab. 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 Przemszy zanotowano znaczny wzrost żelaza i manganu na skutek odprowadzania wód z pozostałych zlikwidowanych kopalń.

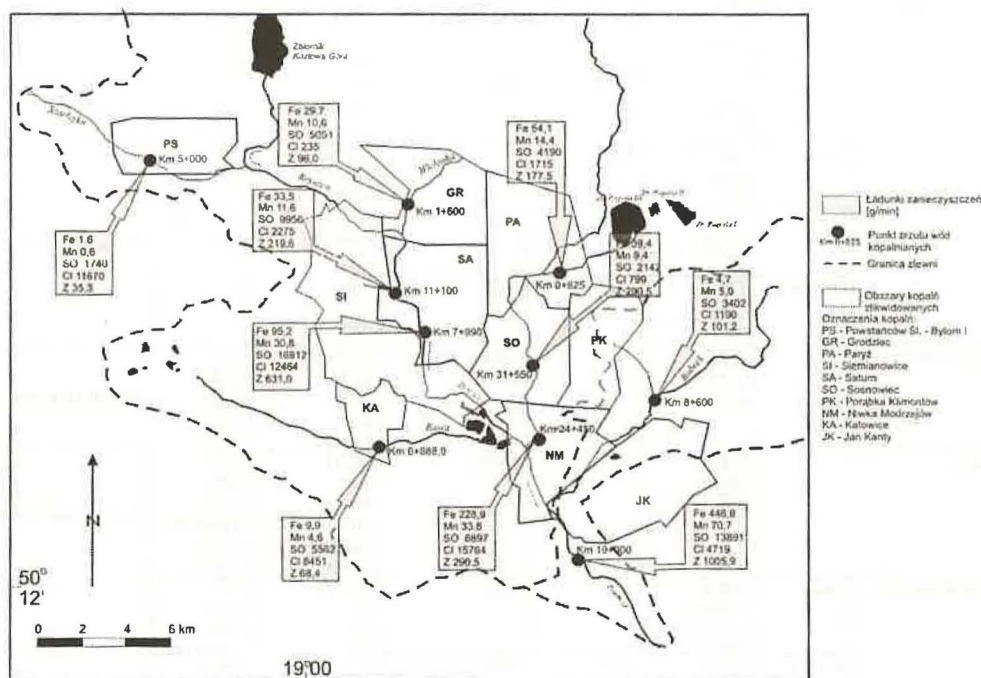
Tablica 2

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

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

Wody tych odbiorników w kierunku ujścia i punktu końcowego zlewni (wodowskaz „Jelen”) 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 intensywniej 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.

Ewa JANSON

Zentralstelle für Grubenentwässerung, Czeladź

AUSWIRKUNGEN DER VERKLAPPUNG UND ENTWÄSSERUNG STILLGELEGTER STEINKOHLEBERGWERKE AUF DIE UMWELT DES EINZUGSGEBIETS DER PRZEMSZA

Zusammenfassung. Der Beitrag beschreibt das Problem der Auswirkungen der Verklappung und Entwässerung stillgelegter Steinkohlebergwerke auf die Wassermwelt im Einzugsgebiet der Przemsza. Nach etwa 200 Jahren der Ausbeutung von Kohleflözen wurden im untersuchten Gebiet viele Bergwerke geschlossen, von denen 10 wegen möglicher Wassergefährdung der aktiven Bergwerke aufgrund von Verbindungen zwischen ihnen trockengelegt werden mussten. Der Grundwasserspiegel in den inaktiven Grubenbauen wird durch die Ordinaten der Verbindungen bestimmt, die den potenziellen Fließweg darstellen. Nach der Stilllegung der Gruben wurden Prozesse beobachtet, die typisch für saure Grubenwässer mit hohen Sulfat- und Eisenkonzentrationen sind, die u. a. aus Oxidationsprozessen von Pyrit stammen. Das Grubenwasser wird in die Oberflächengewässer des untersuchten Einzugsgebiets eingeleitet und verschmutzt diese, was unter dem Aspekt der geltenden Umweltschutzvorschriften ein ernstes Problem darstellt.

DER EINFLUSS DER FLUTUNG UND ENTWÄSSERUNG STILLGELEGTER KOHLEBERGWERKE AUF DIE UMWELT IM FLUSSEINZUGSGEBIET DER PRZEMSZA, OBERSCHLESIE, SÜDPOLEN

Zusammenfassung. Nach 200 Jahren Untertagebau im Przemsza-Flussgebiet wurden 11 Kohlebergwerke stillgelegt, von denen 10 wegen "Wassergefährdung" der mit den stillgelegten Gruben verbundenen Bergwerke entwässert werden müssen. Der Wasserstand in stillgelegten Bergwerken muss unter diesem Grenzwert gehalten werden. Die hydrogeologischen Verhältnisse im Przemsza-Tiver-Becken haben sich verändert, vor allem durch die Entwässerung und Flutung liquidierten Bergwerke, was auch zu einer erheblichen Verschmutzung des Grundwassers führte. Hohe Konzentrationen von Sulfaten und Eisen aus der Pyritoxidation sind charakteristisch für die saure Grubenentwässerung. Das Grubenwasser wird in die Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Przemsza eingeleitet. Der Einfluss auf ihre Qualität ist beträchtlich und muss kontrolliert werden, insbesondere im Hinblick auf die neuen Normen zum Schutz der Wassermwelt.

1. Einführung

Die Eingriffe des Menschen in die natürliche Umwelt durch industrielle Tätigkeiten führen zu einer Verschlechterung der natürlichen Umwelt als Ganzes, und die Art der Tätigkeit wirkt sich auf ihre einzelnen Elemente aus. Man könnte meinen, dass die Einstellung des Bergbaus und die Stilllegung von Minen zu einer Verringerung der nachteiligen Auswirkungen führen wird. Es stellte sich jedoch heraus, dass die negativen Auswirkungen auf die Umwelt nach wie vor vorhanden sind, aber die Richtung der Auswirkungen hat sich geändert.

2. Untersuchungsgebiet

Das Einzugsgebiet der Przemsza liegt im nordöstlichen Teil des schlesischen Kohlebeckens, an der Grenze zwischen den Wasserscheiden von Weichsel und Oder. Es stellt eine regionale Zone zur Speisung der karbonischen Aquiferkomplexe im Oberschlesischen Kohlebecken dar, die sich aus dem durchlässigen karbonischen Deckgebirge, der Höhenlage und einer hydraulischen Verbindung zwischen den Wasserständen ergibt. Zwischen wasserführenden Horizonten des Deckgebirges und dem Karbon (R6zkowski A., 2006). In diesem Gebiet gibt es zehn stillgelegte Steinkohlebergwerke, für die es sich als notwendig erwies, die Wasserhaltung angesichts der bestehenden Anschlussfelder und der möglichen Wassergefährdung der aktiven Bergwerke aufrechtzuerhalten (Abb. 1). Die Entwässerung erfolgt mit Hilfe von Pumpen in angepassten Schächten oder mit Hilfe von stationären stationäre Pumpstationen in unterirdischen Grubenbauen. Die Aufgabe der Zentralstelle für Grubenentwässerung besteht auch darin, die bestehenden Systeme zu vereinfachen, den Wasserstand in den Gruben und die Qualität des abgeleiteten Wassers zu überwachen.

Gemäß den Empfehlungen der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG), die derzeit in polnisches Recht umgesetzt wird, ist es wichtig, bis 2015 einen guten Zustand der Gewässer zu erreichen. Die Identifizierung von Gefahren für die unterirdische und oberirdische Wasserumwelt erfordert eine detaillierte Überwachung ihres qualitativen und quantitativen Zustands in dem untersuchten Gebiet.

Legende
00 b Bereich der Stilllegung
1 00N added keplli
• S.yt,y

Abbildung 1: Schema der Lage der Einzugsgebiete stillgelegter Bergwerke im Einzugsgebiet der Przemsza
Abb. 1: Schema der Lage der Entwässerungsgebiete der stillgelegten Bergwerke im Einzugsgebiet der Przemsza

3. Ziel und Umfang der Studie

Die Qualität des aus 10 stillgelegten Bergwerken abgeleiteten Wassers wurde auf der Grundlage von Archivdaten aus dem Zeitraum 1995-2006 (etwa 300 Analysen) analysiert. Der Einfluss des eingeleiteten Wassers auf das Wasser in den Oberflächenaufstauungen wurde im Zeitraum von Juni 2005 bis August 2006 untersucht, und seine Qualität wurde oberhalb und unterhalb der Einleitungsstellen der Bergwerke überwacht (240 Analysen). Bisher wurden bei der Überwachung von Grubenwasser in der Regel nur die Chlorid- und Sulfatgehalte sowie die suspendierten Feststoffe bestimmt. Im Zusammenhang mit der Umstrukturierung der Bergbauindustrie und der Liquidierung vieler Bergwerke des Oberschlesischen Kohlenbeckens ist es notwendig, eine rationelle und repräsentative qualitative und quantitative Überwachung durchzuführen.

(R6zkowski A. et al., 2005). Bei der Beobachtung der Veränderungen in der Zusammensetzung des Grubenwassers nach der Flutung der Abbaustellen wurde das Problem erheblicher Mengen an Gesamteisen und Schwebstoffen in den abgeleiteten Wässern sowie manchmal erhöhter Metallgehalte (Mangan, Zink, Blei, Kupfer) festgestellt. Es wurde ein Anstieg der Sulfatkonzentration im Wasser nach dem Absenken der Baugruben bis zu einem bestimmten Niveau beobachtet. Dies sind charakteristische Indikatoren für saure Minenentwässerungsprozesse. Die Einleitung von saurem Grubenwasser mit einem pH-Wert von sogar unter 1 und Eisengehalten von bis zu 3800 mg/l und Sulfaten von bis zu 13 000 mg/l (Razowska - Jaworek, Pluta, 2005) wird in der Literatur häufig als ernstes Problem in stillgelegten Bergwerken in aller Welt beschrieben. Bei Untersuchungen über den Einfluss von Grubeneinleitungen auf die Flüsse eines Einzugsgebiets ist es wichtig, die chemische Zusammensetzung der Oberflächengewässer flussabwärts der Einleitungsstelle zu bestimmen. Wichtig sind auch die Menge des eingeleiteten Wassers und die Strömung im Stausee, wobei ein Teil der Strömung manchmal durch den Druck des Menschen eher aus Abwassereinleitungen als aus natürlichem Abfluss besteht. Die hydrodynamischen Auswirkungen der Bergbauverklappung (Motyka et al., 2007) hängen mit der Höhe des Grundwasserspiegels zusammen. Es wurde ein allgemeiner Trend des abnehmenden Wasserzuflusses zu stillgelegten und entwässerten Bergwerken beobachtet (Tabelle 1).

Die Geschwindigkeit, mit der ein Bergwerk absinkt, hängt von der Wasserkapazität des Bergwerks und der entwässerten

Das Volumen des Wasserzuflusses und die Beschaffenheit des Gesteins (Rogoi., 2004). In den untersuchten Bergwerken im Einzugsgebiet der Przemsza bildeten sich durch die Flutung der Gruben unterirdische Wasserspeicher mit einem geschätzten Fassungsvermögen von 4,1 bis 7,9 min m^3 (Tabelle 2).

Hydrogeochemische Auswirkungen (Motyka et al., 2007) sind mit Veränderungen der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Grubenwasser verbunden, das aus stillgelegten Gruben gepumpt wird. Eine komplizierte Kette von Prozessen, die in den von der Grubenentwässerung bedeckten Gesteinsmassen ablaufen, ist mit der Oxidation (Verwitterung) von Metallsulfiden verbunden - Typ MS2 (Banks et al. 1997). Von großer Bedeutung sind die FeS₂-Sulfide - Pyrit und Markasit (Singer, Stumm, 1970), die häufigsten Minerale in der Gesteinsmasse. Der Prozess der Pyritoxidation wurde erstmals allgemein von Barnes, Clarke (1964) beschrieben, während die Phasen der Oxidation von Singer, Stumm (1970) detaillierter dargestellt wurden.

Tabelle 1 Minimale und maximale Wassermengen, die in die Bergwerke im untersuchten Przemsza-Einzugsgebiet fließen

Meine	1-Achsen-Durchfluss [m ³ /min] / Das Jahr, in dem WYSIIPII	Minimaler Durchsatz (m ³ /min) / Das Jahr, in dem er auftrat	Anmer- kungen
Sosnowicc	9,83 / 1997	6,29 / 2005	Rückläufige Tendenz
Paris	15,98 / 1995	1 0,0012005	Im Zeitraum 1 995-2000 wurde ein Rückgang des Wasserzuflusses beobachtet. Nach einer Änderung des Entwässerungssystems (7. Änderung des Entwässerungssystems) kam es zu einem Anstieg des Zuflusses im Jahr 2002 bis 15,04, danach z. lowoawno Trend maleiucv.
Por-,tbka Klimont6w	5,84 / 2003	3,50 / 1995	Der Anstieg des Kohlendioxidgehalts im Jahr 2003 könnte mit den Zuflüssen aus dem Bergbau zusammenhängen. (Paris, Sosnowicc).
Grodzicc	6,39 / 1997	2,40 / 2006	Trend slalc männlich iacv
N o wka Modrzej6w	13,70 / 1998	9,50 / 2006	Langsames Wachstum des kleinen Landes seit 1998
Kattowitz	7,14 / 1998	5,37 / 2004	Langsam Trend malei qy da Jahr 2004, in osllltm Im neuen Zeitraum war ein leichter Anstieg der Doply zu verzeichnen.
Saturn	34,99 / 1997	19,00 / 2005	Trend maleiitCY
Sicmianowicc	20,20 / 1996	10,59 / 2004	Trend maleiq_c v, seit 2005 nicznacznv Wachstum dol>lvwu
Powslait6w SI.	1,48 / 1997	2,72 / 2004	Seit 2005 ist der Anstieg der Wasserversorgung - ZWillZ3-Dy mit einem Überlauf von 211 zbiomika in zrnach deck 620.
Jan l<Dnty	38,50 / 1998	26,02 / 2003	Seit 2004 ist ein langsamer Anstieg der Anzahl von <cl Wasserzulauf - möglicher Zulauf vom stillgelegten Ji;zor VI.

Veränderungen des Sulfatgehalts wurden in Wässern aus Bergwerken beobachtet Die Veränderungen des Sulfatgehalts wurden in Wässern aus Bergwerken beobachtet, die über das Leimsystem entwässert werden (Sosnowiec, Paris, Pori:tbka K.limont6w, Grodziec, Niwka Modrzej6w, Katowice und die Pumpstation im Andrzej-Schacht des ehemaligen Saturn-Bergwerks). Ein Anstieg dieses Indikators wurde nach jeder Spülung des Grubenwassers festgestellt. Ein allmähliches Ansteigen des Wasserspiegels führt zu einem sofortigen Anstieg der Sulfat- und

Die Zahl der Menschen in dem Gebiet schwankt zwischen 24 % und 193 % im Vergleich zum Durchschnitt (Tabelle 2, Abb. 2).

Die beschriebenen Veränderungen des Sulfatgehalts sind auf das Phänomen zurückzuführen, das als "first-time flushing" (Varnell et al. 2004) oder "first flush" bezeichnet wird und erstmals von Younger (Gzyl, Banks, 2007) definiert wurde. Sie steht im Zusammenhang mit dem Einströmen der ersten Wasserportion in die untergetauchten Gesteinsmassen, die die Oxidationsprodukte der Metallsulfide rasch aus den Gesteinsmassen auswaschen. Bei der Analyse der Schwankungen des Eisengehalts wurde auch das Ergebnis des First-Flush-Phänomens beobachtet - Es sollte jedoch bedacht werden, dass die Häufigkeit der Eisenbestimmungen, insbesondere zu Zeiten, in denen der Grundwasserspiegel in den Gruben ansteigt, mehr als ein- oder zweimal pro Jahr betragen sollte.

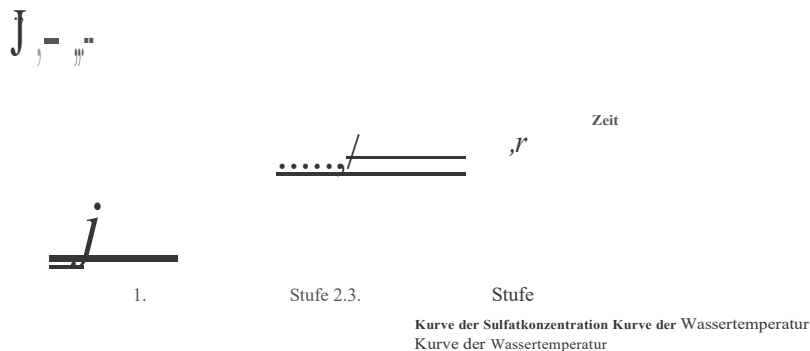


Abb. 2: Gesamtverlauf der Veränderungen des Sulfatgehalts im Wasser aus einem geschlossenen Bergwerk, das mit dem Glycin-System entwässert wird

Abbildung. 2. allgemeiner Verlauf der Veränderungen des Sulfatgehaltes im Wasser aus dem mit dem Tiefensystem entwässerten Tagebau

Die Entnahme von Proben für die Eisenbestimmung erfolgte häufig nicht in Übereinstimmung mit den grundlegenden Empfehlungen für die Probenahme im Feld (Witczak, Adamczyk, 1995; Watson, 2005). Der beschriebene Charakter der Inhaltsänderungen kann als indikativ angesehen werden. Darüber hinaus gingen die Veränderungen des Eisengehalts mit Veränderungen bei Mangan, Blei, Zink und Kupfer einher (Tabelle 2).

In den Bergwerken mit dem erhaltenen stationären Entwässerungssystem ist die Variabilität der chemischen Parameter des Wassers mit den lokalen Änderungen der Richtung des Wasserflusses (Bergwerk Siemianowice, Bergwerk Jan Kanty) und mit der Bildung und Füllung der Biomasse in den liquidierten Goafs (Bergwerk Powstanc6w SI - Bytom I) verbunden und ist spezifisch für die vorherrschenden hydrochemischen Bedingungen in dem jeweiligen Bergwerk.

Bei der Analyse der Auswirkungen der Grubeneinleitungen auf die Qualität des Flusswassers im Einzugsgebiet wurden die negativsten Auswirkungen im oberen Teil des Einzugsgebiets bei den Einleitungen aus der ehemaligen Grube "Grodziec" zum Fluss Wielonka und von der ehemaligen Grube "Powstanc6w Sl. "Bytom I bis zum Fluss Szarlejka festgestellt. Diese Flüsse führen oberhalb der Einleitungsstelle Wasser der Güteklasse III (Verordnung des Umweltministers vom 11. Februar 2004). Im Falle anderer Reservoirs

Im Einzugsgebiet der Przemsza wurde ein erheblicher Anstieg der Eisen- und Manganwerte festgestellt, der auf die Einleitung von Wasser aus den verbleibenden stillgelegten Bergwerken zurückzuführen ist.

Tabelle 2:

Zusammenfassung der Veränderungen der chemischen Parameter von Abwässern aus stillgelegten Bergwerken im Gletscher

6 Jeleny in der Forschung. el Handwaschbecken

Kppalnio		Gl Seite 2ntopincia [m p. p. 1.J (untere Reihe lm n. n. m. ll		M nksyma!nc Eisenkonzent ration (mg/l)	Anstieg des Sulfatgehalts (gegenüber dem Mittelwert)	Und andere W\$knzniki Karten s tycznc moksymolnc sl. q1.l1mle [m g/l].		Wasserart
		Gesamtkapazität n geschmolzen und:h hergestellt l Mio. m ³						
Sosnowiec	Ietap	406,3 /-146,5)	4,8	47%	N-NH. N-NO, Mn Zn Aufhängung pH-Wert	1,19 0,51 2,55 0,92 54,0 6,42-8,25	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-Na	
		2,9						
	II-Bühne	359,6 (-99,5 J	10,8	40%				
		4,1						
Pa,yz	I Stufe	266,1 (5.0)	n.a.		N-NH, Zn Mn pH - W ert Aufhängung	1,35 0,31 2,7 6,44-7,40 41,0	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Na-Mg	
		n. d.						
	II-Bühne	243,1 (28.0)	0,84	73%				
		S,3						
	Stufe III	221,1 (50.0)	7,0	1 6%				
		6,2						
POL'bkn Klimontów		478,7 (-198,7)	23,8	30%	N-NH, Zn Mn pH - W ert Aussetzungen	1,22 17,8 8,27 6,20-7,89 88 . 0	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-Na	
		S,4						
Grec		238,3 (58,4)	22,0	193%	N-N H, Zn Mn pH - W ert Aufhängung miedz	1,72 3,07 5,37 6,60-8,00 123,0 0.0 > 2	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-Na	
		7,9						
Niwkn Modrzejów	I Bühne	598,3 (-350,0)	4,9	2 %	N-NH, Zn Mn pll Aufhängung olow	15 0,31 5,54 6,47-R,00 159,0 0,18	Cl-SO ₄ -Na	
		n.a.						
		Phase II						415,3 (-167,0)
	6,8							
Knto		469,8 (-190,0)	8,3	45%	N-NFL, Zn Mn pH - We rt Es tut mir leid. Es tut mir leid. Es tut mir leid.	2 .34 0,50 3,75 6,75-7,85 40 0	Cl-SO ₄ -Na-Mg-Ca	
		7,2						
Saturn	Pumpernickel Andrea s	I Bühne	241,9 (35,1)	9,3	104%	N-Nfü Zn Mn pH- Wert z.aviesina	1,70 0,27 3,00 6,52-7,55 47,0	Cl-SO ₄ -Na
			6,0					
		Phase II	226,9 (50,1)	4,2	34%			
			7,2					

Das Wasser dieser Entnahmen in Richtung der Mündung und des Endpunkts des Einzugsgebiets (Pegel "Jelen") zeigen auch einen Anstieg der Salzgehaltsindikatoren, der bei Chloriden 5 - 63 %, bei Chloriden 1

- 73% für Sulfat, 1 - 24% für Kalzium und 5 - 55% für Magnesium, während der maximale Anstieg des Eisengehalts 1587% und des Mangangehalts 1566% betrug. Das Niveau der Eisen- und Mangankonzentrationen in den Vorflutern ist typisch für Oberflächengewässer, während die Grubenwässer durch die Flutung der Grubenbaue (Hauptpumpwerke) und die Änderung der Fließrichtung des Wassers oder die Verfüllung örtlich stillgelegter Grubenbaue oder die Änderung der Fließrichtung des Wassers (stationäre Pumpwerke) hohe Belastungen mit diesen Schadstoffen aufweisen (Abb. 3).

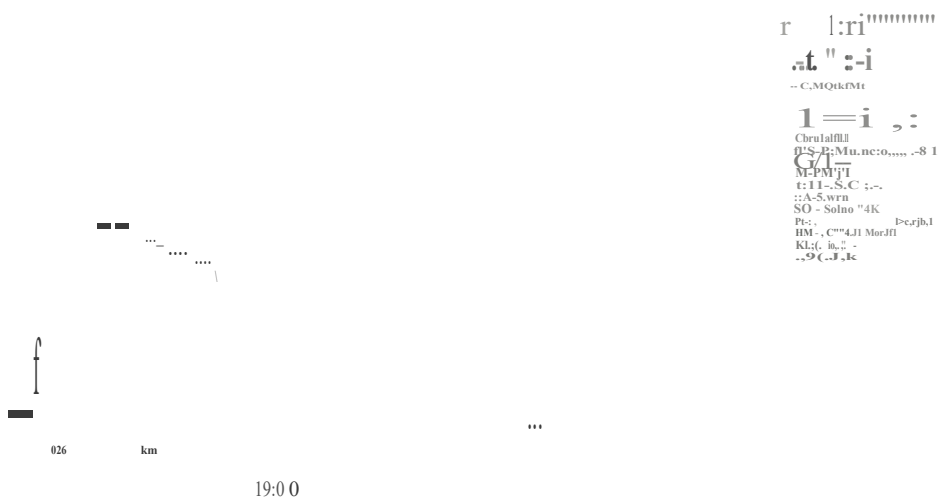


Abb. 3: Ausschnitt des untersuchten Einzugsgebiets mit Markierung der Grubeneinleitungsstellen mit durchschnittlicher Größe der Schadstoff-Fadunker

Abb. 3: Ein Teil des untersuchten Einzugsgebiets mit Markierung der Einleitungsstellen und der durchschnittlichen Schadstoffbelastung

Die Einleitung von Grubenabwässern führt auch zu Veränderungen in der Menge der Indikatoren, die die Verschmutzung der Oberflächengewässer mit Nährstoffen aus häuslichen Abwässern (Formen von Stickstoff) widerspiegeln. Unterhalb der Einleitungsstelle der Grubenabfälle wurde jeweils ein Rückgang des Ammoniumstickstoffs um 3 - 63 % und des Nitratstickstoffs um 4 - 66 % festgestellt. Ein Rückgang der Zink- und Bleigehalte wurde ebenfalls festgestellt, insbesondere im Fall des Flusses Brynica, der an den untersuchten Stellen zu Wässern mit erhöhten Gehalten dieser Stoffe führt.

die Schadstoffe, die durch die Ableitung von Wasser aus stillgelegten Zink- und Bleigruben entstehen, das von der zentralen Pumpstation Bolko abgeleitet wird. Dies ist auf die Ableitung von Wasser aus stillgelegten Zink- und Bleimineralen zurückzuführen, das von der zentralen Pumpstation Bolko abgeleitet wird.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das untersuchte Einzugsgebiet der Przemsza ist ein Beispiel für eine starke Veränderung der natürlichen Umwelt infolge intensiver menschlicher Aktivitäten. Seit dem Beginn des Steinkohlebergbaus vor mehr als 200 Jahren mit intensiver Grubenentwässerung, Bewetterung der Gruben und Ausbeutung des Minerals wurden die Bedingungen des ökologischen Gleichgewichts gestört. Die Stilllegung von Steinkohlebergwerken und die Verklappung von stillgelegten Abraummhalden haben zu weiteren Veränderungen mit weiteren negativen Auswirkungen geführt, die im gesamten untersuchten Einzugsgebiet der Przemsza sowohl im Untergrund als auch in der oberirdischen Umwelt verbreitet werden müssen.

Das Wasser aus der Entwässerung stillgelegter Bergbauanlagen ist eine punktuelle Verschmutzungsquelle für Oberflächengewässer, während es für unterirdische Gewässer aufgrund des Anstiegs des Grundwasserspiegels der stillgelegten Bergwerke und der Entstehung einer verschmutzten Zone eine potenzielle Flächengefahr darstellt. Eine potenzielle flächendeckende Gefahr aufgrund des Anstiegs des Grundwasserspiegels in den Flözen stillgelegter Bergwerke und der Bildung einer kontaminierten Zone. Dieses Risiko ist auf die Möglichkeit einer Verschlechterung der Grundwasserqualität in Gebieten zurückzuführen, die für die Versorgung der Bevölkerung und der Industrie genutzt werden.

Die Veränderungen in der physikalisch-chemischen Zusammensetzung, die anhand von Archivstudien des Wassers festgestellt wurden, zeugen von dessen Abhängigkeit von der Art der Entwässerung und der Verklappung der Gruben. Das stufenweise Abpumpen von Wasser führt zu einem mehrfachen Anstieg des Gehalts an Indikatoren, die für saures Grubenwasser (AMD) charakteristisch sind, während ein kontinuierlicher Anstieg des Wasserspiegels über einen langen Zeitraum einen drastischen Anstieg dieser Indikatoren bewirkt, wonach ein langsamer Rückgang ihres Gehalts im abgepumpten Wasser zu beobachten ist.

Die Beschaffenheit von Grubenwasser aus stillgelegten und versunkenen Bergwerken unterscheidet sich von derjenigen des Wassers aus aktiven Bergwerken. Sie sind einer Reihe von hydrochemischen Umwandlungen unterworfen, die auf den Übergang von Oxidationsprodukten wie Eisensulfiden in Lösung zurückzuführen sind und ihre Zusammensetzung grundlegend verändern. Im Zuge der Untersuchungen zum Einfluss der Einleitungen aus den stillgelegten Steinkohlebergwerken in die Flüsse im Einzugsgebiet der Przemsza wurde ein starker Anstieg des Gesamteisen- und Mangangehalts in den Oberflächengewässern festgestellt,

die durch die Ableitung von gepumptem Wasser verursacht werden. Daher ist es sinnvoll, dass bei der Überwachung der Qualität des Wassers, das bei der Stilllegung und Entwässerung stillgelegter Bergwerke abgeleitet wird, der empfohlene Mindestumfang der Analysen neben der Bestimmung von Chlorid, Sulfat und Schwebstoffen die gemäß den gesetzlichen Bestimmungen vorgenommen zusätzliche Bestimmungen des Gesamteisen- und Mangangehalts im abgeleiteten Wasser umfassen sollte.

Untersuchungen über die Auswirkungen von Grubenwasser auf die Wasserqualität in Oberflächengewässern haben gezeigt, dass die negativen Auswirkungen auf die Umwelt auch nach der Einstellung des Bergbaus noch bestehen. Die Flüsse im untersuchten Einzugsgebiet weisen überdurchschnittlich hohe Gehalte an mineralischen Schadstoffen auf, und die Einleitung von Drainagewasser erhält den Zustand der Verschmutzung aufrecht. Außerdem werden an 10 Stellen der Grubenentwässerung sehr große Mengen an Eisensuspensionen, dem so genannten Ocker, abgelagert. Durch die Grubenentwässerung wird der Gehalt an Stickstoffformen im Oberflächenwasser, der durch die Entsorgung häuslicher Abwässer erhöht ist, verringert.

BIBLIOGRAPHIE

1. Banks D. Younger P.L., Arnesen R.-T., Iversen E.R., Banks S.B. Grubenwasserchemie: das Gute, das Schlechte und das Hässliche. Umweltgeologie 32 (3) Springer - Verlag, S.157-174. 1997.
2. Barnes I., Clarke F. E.: Geochemie des Grundwassers bei Problemen der Grubenentwässerung. 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) S.66 - 86. 2007.
4. Motyka J., Czop M. Syposz-Luczak B.: Zagrozenia srodowiska wodnego zwiÄzane z likwidacjÄ górnictwa i wydobywania cynku i ołowiu w Małopolsce. Przegląd Górniczy Nr 1/2007, S. 45 - 53. 2007.
5. Razowska - Jaworek L., Pluta I. : Przegląd występowania kwasnych wód kopalnianych w różnych rejonach górniczych świata. Przegląd Górniczy Nr 5/2005, s. 31 - 37. 2005.
6. Rogoz M.: Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, S. 683. 2004.
7. Razkowski A.: Czynniki kształtujące przeobrażenia środowiska hydrochemicznego strefy wymiany w utworach karbonu północno - wschodno cz. part. sci. Górnictwa i Geologii Zagłębie Wągliwskie (GZW) [in:] Hydrogeochemia '06, X międzynarodowa konferencja naukowa: Aktualne problemy hydrogeochemii, Sosnowiec - Złoty Potok, s. 95 - 98. 2006.

8. Rozkowski A., Pacholewski A., Witkowski A.: Kształowanie si chemizmu zwyklych w6d podziemnych w regionie gornosl3c.skim w warunkach aktywnej anropopresji. Przegl3c.d 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. Vamell 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. Grubenwasser und Umwelt 23, Springer- Verlag, S.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 wod podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Srodowiska PIOS Warszawa, T II., S. 579. 1995.
13. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 22. 12.2000, L 327.
14. Gesetzblatt Nr. 32 Pos. 284 Verordnung des Umweltministers vom 11. Februar
?. 004 über die Klassifizierung für die Darstellung des Zustands der Oberflächengewässer und Grundwasser, wie die Überwachung durchgeführt wird und wie die Ergebnisse zu interpretieren und darzustellen sind.
15. Zusammenstellung von Messungen des Grundwasserspiegels in gefluteten Grubenbauen, der Menge des gepumpten Wassers und von Berichten über die Qualität des abgeleiteten Wassers - Überwachung in der zentralen Entwässerungseinheit in Czeladź.

Rezensent: Marek Pozzi, Ph.
Professor an der SI.