

Krystyna GRABOWSKA, Małgorzata SOWA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## WPLYW LOKOWANIA POPIOŁÓW W WYROBISKACH GÓRNICZYCH NA ZMNIEJSZENIE ZRZUTU WÓD SŁONYCH

**Streszczenie.** Kopalnie KHW w latach 1991-2003 zdeponowały w podziemnych wyrobiskach ok. 8234 tys. ton popiołów lotnych, zagospodarowując przy tym ok. 259 m<sup>3</sup>/min wód słonych i solanek. Spowodowało to zmniejszenie w 2003 r. zrzutu soli do rzek o 81,6 tys. ton, w tym 71,8 tys. ton Cl<sup>-</sup> i 9,8 tys. ton SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Rocznie zmniejsza to zasolenie wód powierzchniowych o 6,5%. Wpływ składowania na wody podziemne jest niewielki. W popiołach z kotłów fluidalnych przekroczony jest odczyn ponad 12 pH i zawartość siarczanów w stosunku do normatywnych wielkości. Najbezpieczniejsze do lokowania są popioły bez produktów odsiarczania. Dodatek tych produktów powoduje wzrost mineralizacji spowodowany wysoką zawartością chlorków i siarczanów, a także bardziej alkaliczny odczyn.

## THE INFLUENCE OF DEPOSITION OF FLUING ASHES IN MINE EXCAVATIONS ON THE DIMINUTION OF THROW SALTY WATER

**Summary.** Mines of KWH have deposited in underground excavations about 8234 thousands tons of fly ashes within 1991-2003, managing at the same time about 259m<sup>3</sup>/min of saline water and brine. It resulted in decreasing the throw of salt to surface rivers by 81.6 thousands ton including 71.8 thousands tons of Cl<sup>-</sup> and 9.8 thousands tons of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in 2003. It diminished salinity of surface water by 6.5% yearly. The influence of deposits on the composition of underground water is small. In comparison with standards, pH value >12 and concentration of sulphates in ashes coming from fluidal boilers exceed admissible level. The most safe for deposition are ashes which do not contain products of desulfurisation, which presence causes increase of mineralization due to the high content of chloride and sulphate ions and more alkaline reaction.

## 1. Wprowadzenie

Kopalnie wykorzystują coraz większe ilości popiołów elektrownianych w celu likwidacji pustek poeksploatacyjnych, nieczynnych wyrobisk i w prewencji przeciwpożarowej. Kopalnie należące do KHW w latach 1991-2003 wykorzystywały 8233,6 tys. ton popiołów, przy czym ilość ta stale wzrasta, od 357 tys. ton w 1991r. do 620 tys. ton w 2003r. Taki sposób wykorzystania popiołów stanowi metodę ich utylizacji, zmniejsza ilość deponowanych uciążliwych odpadów na powierzchni, a tym samym zapobiega degradacji gleb, wód i zanieczyszczeniu powietrza.

Innym pozytywnym aspektem podziemnego lokowania odpadów jest zmniejszenie zrzutów wód słonych i solanek do rzek. Wody te używane są do produkcji mieszanin wodno-popiołowych wtłaczanych w górotwór. Ze względu na dużą wodochłonność popiołów od 80% do 95% [4] ilość odcieków z mieszanin jest niewielka. Solanki zostają zaabsorbowane w przeważającej ilości przez zestalające się odpady. Popioły po zestaleniu są praktycznie nieprzepuszczalne, co uniemożliwia migrację wód i ługowanie z nich szkodliwych składników. Zagrożeniem dla wód podziemnych mogą być niewielkie ilości odcieków, wpływające na wzrost odczynu i zawartość siarczanów [2,3].

Lokowanie odpadów w wyrobiskach górniczych możliwe jest pod warunkiem posiadania pozytywnej opinii Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska wydanej w oparciu m.in. o analizy chemiczne odpadów, testy wymywalności składników rozpuszczalnych oraz ocenę zagrożenia środowiska, za zezwoleniem właściwego Okręgowego Urzędu Górniczego (w formie zatwierdzenia planu ruchu).

Zagrożenie wód podziemnych przez odpady energetyczne zależy jest od:

- ilości i jakości składowanych odpadów
- ich rozpuszczalności w wodzie,
- toksycznych własności odpadów,
- miejsca lokowania odpadów,
- wielkości dopływu wód kopalnianych w rejonach lokowania.

Z wyżej wymienionych czynników normami objęto jedynie test wymywalności, a jego wyniki przyrównano do kryteriów dla ścieków wprowadzonych do wód i do ziemi (Dz. U. Nr 116 poz. 503). Najwyższe dopuszczalne stężenia składników wymywających się z odpadów służą do oceny przydatności odpadów zagospodarowanych w wyrobiskach podziemnych.

## 2. Ilość i skład chemiczny popiołów składowanych w kopalniach KHW

W latach 1991-2003 zdeponowano w kopalniach ok. 8234 tys. ton popiołów (tabl. 1). Do roku 2000 ich ilość sukcesywnie wzrastała - od ok. 358 tys. ton do 845 tys. ton. Począwszy od roku 2001 następuje nieznaczny spadek do 620 tys. ton w 2003r., co związane jest z procesem restrukturyzacji kopalń. Niemniej jednak w wyrobiskach kopalń nadal deponuje się ogromne ilości popiołów. Skład chemiczny popiołów przedstawiono w tabl. 2.

Popioły bez produktów odsiarczania spalin, typowo krzemianowe zawierają niewielką zawartość siarki siarczanowej  $\leq 1,0\%$ , a także niską zawartość CaO od 2,4% do 8,6%. Są bezpieczne do lokowania, gdyż łąguje się mniejsza ilość siarczanów, a odczyn jest mniej zasadowy ze względu na niższą zawartość  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [2,3].

Obecnie lokuje się mieszaniny popiołów z produktami odsiarczania spalin. Popioły te należą do wapniowych przy zawartości CaO do 13,3% do 20,8% oraz zawierają dużą zawartość siarki siarczanowej od 1,18% do 6,19% [3]. W związku z tym są bardziej niebezpieczne dla środowiska wodnego.

## 3. Rozpuszczalność popiołów w wodzie

W tablicy 3 przedstawiono wyniki badań wg testu wymywalności popiołów, produktów odsiarczania spalin i mieszaniny popiołów z produktami odsiarczania [1,2,3].

Test wymywalności przeprowadzono zgodnie z zarządzeniem nr 78 Głównego Inspektora Ochrony Środowiska z 1992 r.

Popioły bez produktów odsiarczania spalin są najmniej szkodliwe dla środowiska wodnego, jedynie odczyn wyciągów wodnych ok. 11 pH przekracza dopuszczalne wartości. Zawartość części rozpuszczalnych ok. 1%. Produkty odsiarczania zawierają ok. 7% składników rozpuszczalnych, w tym głównie chlorków i siarczanów, a także znaczne ilości CaO. Powodują wzrost mineralizacji i odczynu znacznie powyżej wartości normatywnych. Dodatek 40% tych produktów do popiołów zwiększa w odciekach dwukrotnie dopuszczalną mineralizację, 1,5-krotnie zawartość chlorków, a odczyn silnie zasadowy 12,6 pH znacznie przekracza dopuszczalny w granicach 6,5 do 9 pH. Największą ilość siarczanów posiadają popioły z kotła fluidalnego (E.C. Katowice), a ich ekstrakty wodne zawierają ponad 3-krotnie większą zawartość od dopuszczalnej składników rozpuszczalnych.

Ilość lokowanych popiołów w wyrobiskach dołowych (uszczelnianie zrobów) kopalń KWH w latach 1991-2003 [tys.ton] ●

ROK	Katowice	Kleofas	Staszic	Wieczorek	Wujek	Murcki	Wesoła	Mysłowice	Śląsk	Razem
1991	104,0	37,8	15,6	3,4	132,4	-	31,9	18,5	14,3	357,9
1992	118,3	3,6	30,0	19,7	20,2	-	35,6	88,7	12,6	328,7
1993	118,2	9,4	45,0	52,2	82,2	-	57,8	84,4	15,7	464,9
1994	14,2	21,5	231,0	28,0	97,8	-	48,6	49,7	16,0	506,8
1995	63,3	9,0	185,0	16,4	144,7	-	128,0	109,6	9,4	665,4
1996	270,0	65,0	151,0	41,0	136,0	-	115,0	95,0	12,5	885,5
1997	137,0		100,0	44,0	71,0	-	95,05	111,0	17,9	575,9
1998	170,0		94,0	38,0	66,0	72,0	116,0	68,0	24,5	648,5
1999	254,0		99,0	25,0	152,0	161,0	85,0	45,0	23,2	844,2
2000	157,0		151,0	34,0	189,0	126,0	74,0	99,0	15,2	845,2
2001	49,0		167,0	30,0	154,0	101,0	115,0	119,0	9,8	744,8
2002	61,0		130,0	21,0	111,0	223,0	95,0	98,0	6,4	745,4
2003	53,9		168,2	1,0	177,3	4,8	123,4	90,5	1,3	620,4
Razem	1716,1		1566,8	353,7	1533,6	687,8	1120,3	1076,4	178,8	8233,6

● dane z KHW

Tablica 2

## Skład chemiczny popiołów deponowanych w kopalniach KHW [2,6,7]

Miejsce pobrania	El. Łaziska		El. Łagisza		E.C. Katowice		E.C. Tychy		El. Jaworzno III
	bez odsiarczania	po odsiarczaniu	bez odsiarczania	po odsiarczaniu	bez odsiarczania	po odsiarczaniu	bez odsiarczania	po odsiarczaniu	bez odsiarczania
Oznaczony składnik [%wag]									
SiO <sub>2</sub>	49,6	37,24	49,5	40,33	50,2	41,73	46,5	32,6	49,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,1	23,01	22,8	25,75	23,2	26,31	20,7	17,1	23,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,9	4,74	7,86	6,20	8,3	6,84	5,9	3,8	9,3
CaO	2,4	20,79	8,05	15,20	4,6	13,53	6,7	19,6	8,6
MgO	3,0	3,99	2,74	2,30	3,4	2,18	2,2	1,0	2,1
Na <sub>2</sub> O	0,5	0,6	1,01	0,8	0,6	0,6	2,30	2,40	1,5
K <sub>2</sub> O	2,7	0,7	2,47	0,11	2,8	0,8	2,48	1,60	2,1
SO <sub>3</sub>	0,4	1,18	0,69	2,42	1,0	6,19	0,50	6,09	0,6
st. prażenia	2,5	9,40	3,37	9,28	4,3	7,93	6,71	15,12	1,7

Tablica 3

Skład chemiczny wyciągów wodnych z ługowania popiołów i produktów odsiarczania [1,2,6,7]

Rodzaj próbki Rodzaj oznaczenia	El. Łaziska (met. sucha)	El. Łagisza (met. półsucha)	E.C. Katowice (met. fluidalna)	El. Siersza (popioły bez prod. odsiarczania)	El. Siersza (popioły +20% prod. odsiarczania)	El. Siersza (popioły +40% prod. odsiarczania)	Produkty odsiarczania	Mieszana deponowana w KWK Wesola	Dopuszczalne stężenia
Substancje rozpuszczone [mg/dm <sup>3</sup> ]	6074	5010	6914	1006	3352	4140	7298	3906	2000
Chlorki Cl <sup>-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	176	389	140,0	18	900	1500	4200	955	1000
Siarczany SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	568,6	532,4	2469,6	397	358	406	499	387	500
Odczyn pH	12,2	11,9	12,6	11,3	12,5	12,6	12,4	12,2	6,5÷9

#### 4. Wykorzystanie solanek do lokowania popiołów

W tablicy 4 zestawiono wielkości dopływów wód do kopalń KHW w latach 1991-2003. Wielkość dopływu wód ulega zmniejszeniu od ok.  $83\text{m}^3/\text{min}$  do ok.  $65\text{m}^3/\text{min}$ , co związane jest ze zmniejszeniem wydobywania, natomiast ilość zagospodarowanych wód, głównie do lokowania popiołów, stale rośnie, stanowiąc ok. 20% dopływu w 1991r. do 31% w roku 2003.

Do lokowania wykorzystywane są głównie wody słone i solanki, przez co ładunek soli zrzucanych do rzek zmniejszył się w 2003r. o 81,6 tys. ton (tabl. 5), w tym ok. 71,8 tys. ton chlorków i 9,8 tys. ton siarczanów. Łączny ładunek soli  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$  kierowany z kopalń do Wisły wynosi ok. 3500 t/d [8]. Deponowanie mieszanin popiołowo-wodnych w kopalniach KHW zmniejsza o ok. 6,5% ładunek soli zrzucanych do Wisły.

Zakłada się, że kopalnie dorzecza Wisły zagospodarują 16,5% ładunku  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ . Przy zmniejszeniu wydobywania do ok. 100 mln t/rok według prognoz GIG [8] w 2010 r. ładunek chlorków zrzucany z kopalń do Wisły będzie stanowił 46-49% obecnego, a siarczanów 11-14%. Na poprawę jakości wód naszych rzek przede wszystkim wpłynie zmniejszenie dopływu oraz większe zagospodarowanie wód, głównie do lokowania popiołów.

Zestawienie dopływów i ilości wykorzystywanych solanek do lokowania popiołów w kopalniach KHW w latach 1991-2003 [m<sup>3</sup>/min] ●

Rok	Dopływy i wykorzystanie solanek do lokowania popiołów [m <sup>3</sup> /min]	Katowice	Kleofas	Staszic	Wieczorek	Wujek	Murcki	Wesoła	Mysłowice	Śląsk	Razem
1991	Dopływ całkowity,	7,21	6,60	2,90	12,1	4,45	26,80	18,50	3,80	0,84	83,20
	w tym solanek,	2,90	3,40	1,45	7,10	0,85	-	2,46	1,60	0,84	19,76
	ilość wykorzystanych wód	2,10	2,80	0,17	7,20	2,41	-	0,02	1,60	0,07	16,37
1992	Dopływ całkowity,	7,20	7,30	2,61	11,65	5,10	26,90	15,86	3,52	0,80	80,94
	w tym solanek,	3,16	4,60	0,98	6,40	1,60	-	2,12	1,60	0,80	20,46
	ilość wykorzystanych wód	2,29	3,50	0,21	6,50	1,43	-	0,002	1,71	0,04	15,70
1993	Dopływ całkowity,	6,53	8,60	3,15	11,64	4,40	26,50	13,26	3,41	0,72	78,21
	w tym solanek,	3,26	5,25	0,83	6,70	1,60	-	1,75	1,60	0,72	20,99
	ilość wykorzystanych wód	2,90	4,60	0,41	6,80	2,33	-	0,04	2,36	0,08	19,52
1994	Dopływ całkowity,	6,88	8,00	2,94	11,10	4,70	26,67	12,34	4,04	0,65	77,32
	w tym solanek,	3,12	4,90	0,71	7,30	1,50	-	1,70	1,60	0,65	21,48
	ilość wykorzystanych wód	2,25	4,10	0,71	7,70	2,20	-	0,03	4,67	0,06	21,72
1995	Dopływ całkowity,	6,63	7,72	2,93	12,40	4,90	26,90	10,39	3,99	0,66	75,52
	w tym solanek,	3,00	4,76	0,78	8,43	1,50	-	1,65	1,60	0,66	22,38
	ilość wykorzystanych wód	3,26	5,70	1,93	8,43	2,35	-	0,03	3,70	0,07	25,47
1996	Dopływ całkowity,	6,60	7,48	2,94	11,53	5,62	25,65	9,66	5,88	0,66	76,02
	ilość wykorzystanych wód	3,00	5,68	1,66	6,53	3,00	-	0,61	3,32	0,08	23,88
1997	Dopływ całkowity,	14,63		3,29	11,88	5,64	24,83	10,07	6,36	0,65	76,85
	ilość wykorzystanych wód	5,95		1,91	6,76	3,61	-	0,63	3,90	0,07	22,83
1998	Dopływ całkowity,	15,04		3,15	11,70	4,36	24,21	10,75	6,37	0,65	76,23
	ilość wykorzystanych wód	5,76		1,30	6,82	2,35	0,72	0,17	3,87	0,07	21,06
1999	Dopływ całkowity,	11,39		2,97	11,25	5,01	24,21	9,94	6,89	0,65	72,31
	ilość wykorzystanych wód	2,65		1,58	6,81	2,61	0,73	0,53	4,39	0,07	19,37
2000	Dopływ całkowity,	4,39		3,07	10,12	4,92	22,86	10,99	5,80	0,80	62,95
	ilość wykorzystanych wód	2,08		2,05	6,90	2,27	0,62	0,42	3,70	0,21	18,25
2001	Dopływ całkowity,	4,33		2,96	9,65	4,96	23,38	11,41	5,23	0,91	62,83
	ilość wykorzystanych wód	1,74		1,98	6,27	2,31	0,53	0,65	3,57	0,33	17,38
2002	Dopływ całkowity,	4,69		2,89	10,08	4,39	23,20	9,98	4,84	0,91	60,98
	ilość wykorzystanych wód	1,45		1,99	6,94	1,92	0,83	0,61	3,23	0,33	17,30
2003	Dopływ całkowity,	5,53		2,84	16,59	4,26	23,05	9,98	4,54	0,91	64,70
	ilość wykorzystanych wód	1,32		2,28	9,92	1,72	0,71	0,49	3,17	0,33	19,94

● dane z KHW



Tablica 5

Ładunek soli w wodach wykorzystanych do lokowania popiołów w 2003r.

Kopalnia	Ilość wykorzystanych solanek [m <sup>3</sup> /d]	Mineralizacja [g/dm <sup>3</sup> ]	Chlorki Cl <sup>-</sup>		Siarczany SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		Ładunek Cl <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
			g/dm <sup>3</sup>	kg/d	g/dm <sup>3</sup>	kg/d	kg/d	t/d
Katowice-Kleofas	1900,8	4,80	1,42	2699,14	1,59	3022,27	5721,4	5,7
Staszic	3283,2	11,93	6,11	20060,35	0,52	1707,26	21767,6	21,8
Wieczorek	14284,8	8,28	4,15	59281,92	1,20	17141,76	76423,7	76,4
Wujek	2476,8	17,64	8,50	21052,8	1,10	2724,48	23777,3	23,8
Murcki	1022,4	1,35	0,18	184,03	0,44	449,86	633,9	0,6
Wesola	705,6	82,4	49,80	35138,88	0,31	218,74	35357,6	35,4
Mysłowice	4564,8	17,54	10,00	45648,00	0,35	1597,68	47245,7	47,2
Śląsk	475,2	50,8	26,1	12402,72	0,32	152,06	12544,8	12,6
Razem	28713,6			196467,8		27014,1	223481,9	223,5

## 5. Wnioski

1. W latach 1991-2003 w kopalniach KHW zdeponowano ok. 8234 tys. ton popiołów, w tym celu wykorzystano ok. 259 m<sup>3</sup>/min wód słonych i solanek.
2. Kopalnie w znacznym stopniu ograniczają zrzuty wód do cieków powierzchniowych, zagospodarowując coraz większą ich ilość stanowiącą od 20% dopływu w 1991 r. do ok. 31% w roku 2003.
3. Deponowanie mieszanin popiołowo-wodnych w kopalniach zmniejszyła o ok. 6,5% roczny ładunek soli zrzucanych do rzek, co stanowi rocznie 81,6 tys. ton, w tym 71,8 tys. ton Cl<sup>-</sup> i 9,8 tys. ton SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.
4. Odcieki z mieszanin wodno-popiołowych stanowią od 5% do 20% wykorzystanych wód. Skład chemiczny odcieków decyduje o możliwości lokowania podziemnego popiołów i produktów z odsiarczania spalin.
5. Odcieki z popiołów bez produktów odsiarczania przekraczają dopuszczalne normy ze względu na odczyn ok. 11 pH. Największa ilość składników łąguje się z produktów odsiarczania, przekraczając mineralizację ponad 3-krotnie, zawartość Cl<sup>-</sup> ponad 4-krotnie, a odczyn wynosi ponad 12 pH przy dopuszczalnym 6,5-9. Ponadnormatywną ilość siarczanów posiadają odcieki z popiołów z kotłów fluidalnych, których stężenie przekracza prawie 5-krotnie dopuszczalne.
6. Popioły i produkty odsiarczania należy mieszać w proporcjach stanowiących optymalne mieszaniny, zawierające nie więcej niż 20% produktów odsiarczania.

## LITERATURA

1. Drobek L., Bojarska K.: Monitoring odpadów wykorzystywanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Prace Naukowe GIG nr 35, Katowice 2000.
2. Grabowska K., Sowa M.: Ocena popiołów z odsiarczania spalin w aspekcie ich lokowania w wyrobiskach podziemnych kopalń. Zesz. Nauk. Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 253, Gliwice 2002
3. Grabowska K. Sowa M.: Dynamika łągowania siarczanów z popiołów lotnych po odsiarczaniu spalin w aspekcie bezpiecznego ich lokowania na powierzchni ziemi i w wyrobiskach podziemnych. Zesz. Nauk. Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 256, Gliwice 2003.
4. Grabowska K. Sowa M.: Badania mieszanin popiołów lotnych i wody dołowej, celem określenia parametrów niezbędnych przy dokumentowaniu dołowych zbiorników wodnych – praca niepublikowana. NB-106, Gliwice 1998.
5. Grabowska K., Sowa M.: Prognoza wpływu składowania popiołów w wyrobiskach podziemnych na zmianę chemizmu wód wybranych kopalń KHW - praca niepublikowana. BK-290/RG-7, Gliwice 2003.

6. Sieja L.: Charakterystyka popiołów lotnych i produktów odsiarczania spalin metodą półsuchą z El. „Siersza” oraz ich mieszanin przewidzianych do wykorzystania w wyrobiskach kopalń – praca niepublikowana. Eko-Konsultant, Katowice 1998
7. Sieja L.: Badania popiołów z kotła fluidalnego z El. Jaworzno III S.A. – praca niepublikowana. Eko-Konsultant, Katowice 1999.
8. Solik-Heliasz E.: Prognozy ładunków soli przewidzianych do odprowadzania do rzek z kopalń węgla kamiennego w latach 2000-2010. Prace Nauk. GIG nr 24, Katowice 1998.

Recenzent: Dr hab. inż. Janusz Girczys, prof. nzw. w Pol. Częst.

### Abstract

Mines of Katowicki Holding Węglowy have deposited in underground excavations about 8234 thousands tons of ashes coming from power plants within 1991-2003, managing at the same time about 259m<sup>3</sup>/min of saline water and brine. It resulted in decreasing the throw of salt to surface rivers by 81.6 thousands tons including 71.8 thousands tons of Cl<sup>-</sup> and 9.8 thousands tons of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in 2003. It diminished salinity of surface water by 6.5%.

Evaluation of usefulness of fly ashes for deposition in underground workings is carried out on the basis of concentration of components, which can be leached from wastes. Eluates from ashes without products of desulfurisation exceed the admissible standards due to alkaline reaction (pH~11). Eluates from desulfurisation products exceed mineralisation threefold, Cl<sup>-</sup> content fourfold and have alkaline reaction pH>12.

The greatest amount of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> was found in eluates from ashes coming from fluidal boilers. It exceeded admissible value fivefold.

Because of the small amount of eluates, from 5% to 20%, in relation to the volume of used water they are diluted considerably not influencing significantly the chemical composition of underground water, especially in excavations with saline water influx.