

29

SPOSÓB POSTĘPOWANIA PRZY PROJEKTOWANIU EKSPLOATACJI POKŁADÓW WĘGLA W WARUNKACH ZAGROŻENIA METANOWEGO

WSTĘP

Prowadzenie robót górniczych w pokładach o bardzo dużym zagrożeniu metanowym bez zastosowania specjalnych środków zwalczania (wentylacyjne, odmetanowanie) byłoby niemożliwe. Opanowanie zagrożenia metanowego zależy również od współwystępowania innych zagrożeń naturalnych, dla których stosowane profilaktyki często wykluczają się z profilaktyką zagrożenia metanowego [1, 6, 8, 9]. Od właściwej oceny zagrożenia metanowego, opracowanych prognoz, prowadzonych obserwacji i kontroli zagrożenia oraz podjętych środków profilaktycznych, zależy więc bezpieczeństwo kopalń prowadzących eksploatację w pokładach węgla nasyconych metanem.

Profilaktyka metanowa obejmuje zarówno metody rozpoznawania i kontroli zagrożenia metanowego jak i środki i sposoby zwalczania wybuchowych nagromadzeń metanu w wyrobiskach górniczych. W profilaktyce metanowej kopalń węgla kamiennego dominującą rolę odgrywają następujące sposoby:

- skuteczna wentylacja zapobiegająca tworzeniu się lontów metanowych lub lokalnych nagromadzeń metanu w wyrobiskach przewietrzanych przepływającymi prądami powietrza wytworzonymi przez wentylatory główne oraz w wyrobiskach przewietrzanych odrębnie przy pomocy wentylacji lutniowej,
- odmetanowanie złóż węgla otworami drenażowymi odwierconymi z wyrobisk podziemnych lub z powierzchni,
- kontrola metanometryczna zawartości metanu w powietrzu wg określonych przepisami zasad lokalizowania czujników w poszczególnych rodzajach wyrobisk,
- pomocnicze urządzenia wentylacyjne stosowane w miejscach o zmniejszonej intensywności przewietrzania i tworzenia się lokalnych nagromadzeń metanu.

STAN ZAGROŻENIA METANOWEGO W POLSKICH KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Metan występujący w pokładach węgla kamiennego stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa w podziemnych zakładach górniczych (tabela 1). Warunki geologiczne występowania metanu w złożu węglowym oraz niska przepuszczalność polskich węgla powoduje, że uwolnienie gazu bez naruszenia struktury górotworu robotami górniczymi jest niewielkie. Ilość uwalnianego metanu jest ściśle związana z zakresem prowadzonych robót górniczych, zarówno robót udostępniających, jak i właściwej eksploatacji pokładów węgla [3, 5].

Tabela 1 Zestawienie zdarzeń związanych z zapaleniem metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego w latach 2012-2016

Kopalnia	Rok	Przyczyna
KWK „Murcki-Staszic” Ruch Staszic	2013	zapalenie metanu od iskier powstałych wskutek urabiania zwięzłych skał kombajnem
KWK „Murcki-Staszic” Ruch Staszic		zapalenie metanu od tarcia elementów przenośnika o bryły piaskowca pod kombajnem
KWK „Rydułtowy-Anna”	2013	zapalenie metanu od iskier powstałych wskutek urabiania zwięzłych skał kombajnem
KWK „Knurów-Szczygłowie” – Ruch Szczygłowie	2013	zapalenie metanu od iskier powstałych wskutek urabiania zwięzłych skał kombajnem
KWK „Sośnica-Makoszowy” Ruch Sośnica	2013	pojawienie się otwartego ognia
KWK „Sośnica-Makoszowy” Ruch Sośnica		lokalne zagrzanie spękanego węgla w płocie i iskrzenie wywołane zawałem skał stropowych
KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” – Ruch Zofiówka	2013	zapalenie metanu od iskier powstałych wskutek urabiania zwięzłych skał kombajnem
KWK „Chwałowice”	2014	przyczyną zapalenia metanu było prowadzenie w rejonie skrzyżowania ze ścianą robót strzałowych dla wymuszenia zawału skał stropowych
KWK „Budryk”	2014	iskry powstałe wskutek urabiania zwięzłych skał kombajnem chodnikowym
KWK „Bielszowice”	2014	iskry powstałe wskutek urabiania zwięzłych skał kombajnem chodnikowym
KWK „Mysłowice-Wesoła” Ruch Wesoła	2014	Komisja powołana przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego uznała, że przyczyną zapalenia metanu był pożar endogeniczny,
KWK Sośnica	2015	Zapalenie metanu i pożar miały miejsce w rejonie skrzyżowania chodnika nadścianowego n108 ze ścianą n108 w pokładzie 408/4, na poziomie 950 m.
KWK Mysłowice-Wesoła” Ruch Wesoła	2015	Niebezpieczne zdarzenie, miało miejsce w będącej w fazie rozruchu ścianie 01Aw w pokładzie 510, na poziomie 665m.
KWK Rydułtowy-Anna	2015	Pożar zaistniał w chodniku 7a-E1, za linią frontu ściany VIII-E1 w pokładzie 703/1, poziom 1067 m
KWK Ruda Ruch Halemba	2016	Iskry powstałe podczas urabiania zwięzłych skał organem kombajnu ścianowego w strefie uskokowej
KWK Krupiński	2016	Iskry powstałe podczas urabiania zwięzłych skał organem kombajnu ścianowego w strefie uskokowej
KWK Murcki-Staszic”	2016	Iskry powstałe podczas urabiania zwięzłych skał organem kombajnu ścianowego w strefie uskokowej

Ruch Staszic		nem kombajnu chodnikowym skały płonnej skłonnej do iskrzenia zapalającego metan,
ZG Brzeszcze	2016	Iskry powstałe podczas urabiania zwięzłych skał organem kombajnu chodnikowym skały płonnej skłonnej do iskrzenia zapalającego metan,
KWK „Murcki-Staszic” Ruch Staszic	2016	Pojawienie się otwartego ognia na podszybiu szybu wentylacyjnego na drodze odprowadzenia metanu o znacznej objętości z rejonu otamowanych wyrobisk

Źródło: wg [10]

W tabeli 2 przedstawiono kształtowanie się metanowości całkowitej polskich kopalń w latach 2006-2016 oraz ilość ujętego metanu systemem odmetanowania i zagospodarowanego. W ostatnich latach obserwuje się wzrost metanowości kopalń pomimo spadku wydobywania, co jest spowodowane zarówno wzrostem metanonośności pokładów, ale również wzrostem udziału wydobywania z pokładów metanowych.

Tabela 2 Zestawienie metanowości bezwzględnej, wentylacyjnej, odmetanowania i wykorzystania metanu za ostatnie 10 lat

Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Metanowość całkowita, mln m ³ /rok	878,9	880,9	855,7	834,9	828,8	828,2	847,8	891,1	933,0	933,8
Metanowość wentylacyjna, mln m ³ /rok	610,1	606,7	595,9	579,0	578,6	561,5	581,7	570,1	594,0	591,7
Ilość ujętego metanu przez odmetanowanie, mln m ³ /rok	268,8	274,2	259,8	255,9	250,2	266,7	276,6	321,0	339,0	342,1
Ilość zagospodarowanego metanu, mln m ³ /rok	165,7	156,5	159,5	161,1	166,3	178,6	187,7	211,4	197,1	195,0
Emisja metanu do atmosfery, mln m ³ /rok	713,2	724,4	690,7	673,8	662,5	649,6	660,1	679,7	735,9	738,8
Wydobycie węgla kamiennego, mln Mg	87,4	83,6	77,3	76,1	75,5	79,2	76,5	72,5	72,2	70,4

Źródło: wg [10]

W tabeli 3 przedstawiono metanowość kopalń węgla kamiennego oraz efektywność odmetanowania w 2016 r.

Tabela 3 Metanowość kopalń węgla kamiennego
oraz efektywność odmetanowania w 2016r.

Lp. Zakład górniczy			Metanowość						Efektywność odmetanowania [%]
			odmetanowanie		wentylacyjna		bezwzględna		
			m ³ CH ₄ /min	mln m ³ CH ₄ /rok	m ³ CH ₄ /min	mln m ³ CH ₄ /rok	m ³ CH ₄ /min	mln m ³ CH ₄ /rok	
1	KWK „Ruda”	Ruch Bielszowice	6,05	3,19	27,4	14,44	33,45	17,63	18,09
		Ruch Halemba	3,57	1,88	26,3	13,86	29,86	15,74	11,94
		Ruch Pokój	-	-	2,66	1,4	2,66	1,4	-
2	KWK ROW	Ruch Jankowice	11,95	6,3	37,78	19,91	49,73	26,21	24,04
		Ruch Chwałowice	7,29	3,84	18,59	9,8	25,88	13,64	28,15
		Ruch Marcel	10,95	5,77	28,38	14,96	39,33	20,73	27,83
		Ruch Rydułtowy	16,41	8,65	33,51	17,66	49,92	26,31	32,88
3	KWK „Budryk”	130,73	68,9	147,09	77,52	277,82	146,42	47,06	
4	KWK „Knurów-Szczygłowice”	54	28,46	55,37	29,18	109,37	57,64	49,38	
5	KWK Sośnica”	15,81	8,33	40,83	21,52	56,64	29,85	27,91	
6	KWK „Makoszowy”	-	-	0,78	0,41	0,78	0,41	-	
7	KWK „Bolesław Śmiały”	-	-	3,52	1,85	3,52	1,85	-	
8	ZG Brzeszcze”	52,52	27,68	94,91	50,02	147,43	77,7	35,62	
9	KWK „Silesia”	34,49	18,18	37,8	19,92	72,29	38,1	47,72	
10	KWK „Murcki-Staszic”	27,68	14,59	54,57	28,76	82,25	43,35	33,66	
11	KWK „Mysłowice-Wesoła”	42,75	22,53	115,8	61,03	158,55	83,56	26,96	
12	KWK „Wujek”	20,68	10,9	22,6	11,91	43,28	22,81	47,79	
13	KWK „Wieczorek”	-	-	38,95	20,53	38,95	20,53	-	
14	SRK S.A. KWK Boże Dary	-	-	3,4	1,79	3,4	1,79	-	
15	SRK S.A. KWK Anna	-	-	3,36	1,77	3,36	1,77	-	
16	SRK S.A. KWK Brzeszcze-Wschód	-	-	17,42	9,18	17,42	9,18	-	
17	KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”	60,36	31,81	129,33	68,16	189,68	99,97	31,82	
18	KWK „Pniówek”	64,51	34	132,74	69,96	197,25	103,96	32,7	
19	KWK -Krupiński”	89,31	47,07	52,88	27,87	142,19	74,94	62,81	
SUMA			649,06	342,08	1122,65	591,68	1771,71	933,76	-

Średnia efektywność odmetanowania w 2016 roku wynosiła 36,6%, co oznacza wzrost o 0,3 w stosunku do roku 2015. Średnia efektywność zagospodarowania ujętego metanu w 2016 roku wynosiła 57,0%. W ostatnich trzech latach obserwowany jest spadek efektywnego zagospodarowania ujętego metanu – łącznie o 10,8%.

W najbliższych latach prowadzenia eksploatacji w polskich kopalniach należy spodziewać się utrzymania zagrożenia metanowego na podobnym poziomie. Spowoduje to, że zagrożenie metanowe będzie nadal dominującym w naszych kopalniach.

Bezpieczna eksploatacja będzie, więc zapewniona tylko przy odpowiednio dobranej profilaktyce metanowej.

Dobór profilaktyki metanowej jest ściśle związany z systemami przewietrzania ścian eksploatacyjnych. System przewietrzania powinien być uzależniany od prognozowanej metanowości wyrobisk ścianowych i dobierany musi być na etapie projektu koncepcyjnego eksploatacji złoża, pokładu lub jego części.

SYSTEMY PRZEWIETRZANIA ŚCIAN EKSPLOATACYJNYCH

W polskich kopalniach węgla kamiennego powszechnie stosowany jest ścianowy system eksploatacji od granic złoża. Pozwala on na uzyskanie stosunkowo dużej koncentracji wydobywania przy stosunkowo niskich nakładach na wyrobiska udostępniające i przygotowawcze. System eksploatacji wymaga doboru systemu przewietrzania ścian.

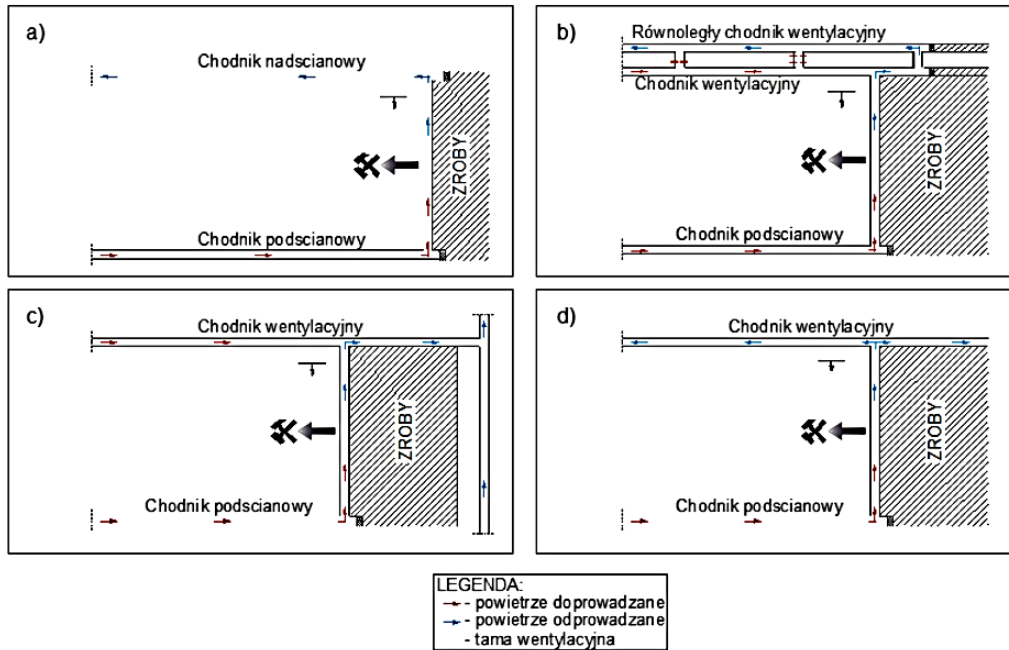
W polskich kopalniach węgla kamiennego nadal utrzymuje się błędne przekonanie, że o systemie przewietrzania decyduje sposób rozcięcia złoża i stan zaawansowania robót przygotowawczych oraz względy ruchowe związane z wielkością wydobywania, kierunkiem odstawy urobku, transportem materiałów, zasilaniem w energię elektryczną itp. W rzeczywistości o wyborze systemu wentylacji powinien decydować stan prognozowanych zagrożeń naturalnych (zagrożeń aerologicznych) i to już na etapie prac projektowych udostępniania złoża lub jego części. Decydujące znaczenie powinno mieć współwystępowanie zagrożenia metanowego z zagrożeniem pożarami endogenicznymi oraz zagrożeniem temperaturowym.

Aktualnie najczęściej wykorzystywane są systemy przewietrzania ścian prowadzonych od granic pola (rys. 1), z którymi należy wiązać rozwój zwalczania zagrożeń wentylacyjnych należą:

- system U,
- system Y:
 - z prądem doświeżającym powietrza wzdłuż calizny węglowej,
 - z równoległym chodnikiem wentylacyjnym,
 - z odprowadzaniem powietrza w dwóch kierunkach.

W referacie przedstawiono najczęściej stosowane systemy przewietrzania ścian eksploatacyjnych i zasady ich doboru wobec zagrożeń naturalnych z dominującym zagrożeniem metanowym.

Dominującym systemem przewietrzania ścian jest system U. W kopalniach metanowych stosuje się szereg działań profilaktycznych dla prowadzenia bezpiecznej eksploatacji ścianowej. Wśród nich można wymienić intensywną wentylację, odmetanowanie, kontrolę metanometryczną oraz stosowanie dodatkowych urządzeń wentylacyjnych [2, 3, 5].



Rys. 1 Najczęstsze systemy przewietrzania ścian w polskich kopalniach węgla kamiennego;
a) system U; b) system Y z prądem doświeżającym powietrza wzdłuż calizny węglowej;
c) system Y z równoległym chodnikiem wentylacyjnym;
d) system Y z odprowadzeniem powietrza w dwóch kierunkach

Intensywna wentylacja prowadzona jest w celu rozrzedzenia wydzielającego się do wyrobisk metanu, do poziomu określonego w przepisach, zapewniającego bezpieczną pracę. W warunkach wysokiej metanowości ścian często nie jest ona wystarczająca dla zachowania planowanych parametrów wydobycia i konieczne jest zastosowanie dodatkowych środków profilaktycznych. W tym celu w ścianach eksploatacyjnych prowadzi się odmetanowanie górotworu. Warunki geologiczne występowania metanu w złożu węglowym oraz słaba desorpcja polskich węgli powoduje, że uwolnienie gazu bez naruszenia struktury górotworu robotami górniczymi jest niewielkie. Stąd ilość uwalnianego metanu jest ściśle związana z wybieraniem pokładów węgla [5].

System przewietrzania U przy eksploatacji od granic pola ogranicza możliwość opanowania dużego zagrożenia metanowego z uwagi na brak możliwości stosowania skutecznego odmetanowania [2, 3, 5, 7]. Szczególnie trudne jest zwalczanie zagrożenia metanowego w pokładach o małej miąższości. Wówczas występują trudności w doprowadzeniu odpowiedniej ilości powietrza do frontu ściany. Dodatkowo stosowanie tego systemu na dużych głębokościach eksploatacji ogranicza zagrożenie temperaturowe. Występują trudności w zwalczaniu zagrożenia temperaturowego na froncie ściany związane z wynoszeniem ciepła ze zrobów.

System ten jest skuteczny w ograniczeniu procesu rozwoju samozagrzewania w zrobach ściany. Zapewnia ograniczony przepływ powietrza przez zroby ściany i ogranicza zagrożenie pożarowe jedynie w przypadku zapewnienia odpowiedniego postępu eksploatacji ściany. W przypadku skomplikowanej tektoniki pokładu i zaburzeń geologicznych występują trudności w uzyskaniu postępu ściany, który gwarantuje minimalizację zagrożenia pożarowego. W przypadku wystąpienia pożaru endogenicznego w zrobach system ten ogranicza możliwości jego likwidacji. W przypadku dużego zagrożenia metanowego przy ograniczonych postępach frontu ścianowego i występowaniu procesów samozagrzewania węgla w zrobach system ten powoduje trudności w skutecznym zwalczaniu z współwystępujących zagrożeń. Konieczne jest stosowanie dodatkowych rozwiązań i urządzeń wentylacyjnych, które nie do końca przynoszą oczekiwane rezultaty. Przykładem jest stosowanie pomocniczego lutniociągu z powietrzem doprowadzanym na wylot ściany w chodniku wentylacyjnym. Strumień powietrza wypływający z lutniociągu powinien rozrzedzić stężenia metanu za linią zawału ściany. Rozwiązanie takie powinno być stosowane przy eksploatacji ścian niskich, kiedy nie ma możliwości zwiększenia strumienia powietrza w ścianie. Jednakże zaczęto powszechnie go stosować dla wszystkich ścian i zakładane w projektach technicznych. Właściwym podejściem jest obliczenie wymaganego strumienia powietrza w ścianie i przeprowadzenie takiej regulacji w sieci wentylacyjnej aby ten strumień powietrza był zapewniony. Stosowanie lutniociągów z powietrzem „doświeżającym” powinno być traktowane, jako dodatkowe, a nie jako główne zabezpieczenie przed zagrożeniem metanowym w rejonie wylotu ze ściany.

W trakcie ruchu ściany zdarza się że metanowość bezwzględna jest znacznie większa od wartości prognozowanej w projekcie technicznym ściany. Wtedy często pojawia się konieczność przejścia z przewietrzania systemem U na system Y co generuje znacznie większe koszty wydobycia (konieczność wykonania drugiego chodnika wentylacyjnego).

System przewietrzania U jest generalnie stosowany w ścianach przy I i II kategorii zagrożenia metanowego, zaś przy III i IV kategorii i wysokich metanowości bezwzględnych może być stosowany jedynie przy zapewnieniu efektywnego odmetanowania [5, 7].

Dla zwalczania zagrożenia metanowego w ścianach o dużej metanowości stosowany jest system Y w różnych odmianach. System ten jest stosowany zarówno w ścianach metanowych jak i niemietanowych, przy występowaniu zagrożenia pożarowego jak i jego braku. Również i te ściany osiągają rekordowe postępy i wydobycia.

System przewietrzania Y z doświeżaniem chodnikiem nadścianowym stosowany w warunkach zagrożenia metanowego w pokładach o małej miąższości. Zapewnia odsunięcie stężeń metanu w zrobach od przestrzeni roboczej frontu ściany. Powietrze jest doprowadzane dwoma chodnikami wzdłuż calizny węglowej. Po

przewietrzeniu ściany powietrze łączy się z powietrzem doświeżającym i jest odprowadzane chodnikiem wzdłuż zrobów.

System ten zapewnia bezpieczeństwo pracy w przestrzeni roboczej frontu ściany w warunkach wysokiej metanowości bezwzględnej i daje korzystne warunki do prowadzenia odmetanowania. System ten stwarza korzystne warunki pracy w ścianie, zmniejsza zagrożenie temperaturowe poprzez oddzieleniu dróg odstawy i doprowadzenia świeżego powietrza. System ten jest również korzystny w warunkach zagrożenia tąpnięciami ze względu na trzy drogi wyprowadzenia załogi.

System przewietrzania Y z rozprowadzeniem powietrza zużytego w dwóch kierunkach jest korzystny w warunkach dużego zagrożenia metanowego w pokładach o średniej i dużej miąższości [7].

Powietrze jest doprowadzane jednym chodnikami wzdłuż calizny węglowej. Po przewietrzaniu ściany powietrze jest odprowadzane w dwóch kierunkach wzdłuż calizny węglowej i wzdłuż zrobów. System ten zapewnia bezpieczeństwo pracy w przestrzeni roboczej frontu ściany w warunkach dużego zagrożenia metanowego w pokładach o średniej i dużej miąższości. Stwarza korzystne warunki pracy klimatyczne. Jest również korzystny w warunkach zagrożenia tąpnięciami ze względu na trzy drogi wyprowadzenia załogi.

System Y z podwójnym chodnikiem wentylacyjnym stosowany jest w warunkach bardzo dużej metanowości ściany. Powietrze doprowadzane jest do ściany chodnikiem podścianowym, a wylot ze ściany jest „doświeżany” z chodnika wentylacyjnego (niższego). Powietrze w pierwszej fazie jest odprowadzane ze ściany w kierunku zrobów, skąd przecinką pomiędzy dwoma chodnikami wentylacyjnymi jest kierowane do chodnika wyższego. Zaletą jest możliwość doprowadzenia większego strumienia powietrza, co rzutuje na ograniczenie zagrożenia metanowego, możliwe jest regulowanie strumienia powietrza w ścianie oraz ułatwia odmetanowanie pokładów niżej i wyżej leżących. Do wad tego systemu należy zaliczyć straty powietrza na otamowanych przecinkach, możliwość samozagrzewania węgla w filarze węglowym pomiędzy chodnikami wentylacyjnymi.

W przypadku konieczności przejścia z systemu przewietrzania U na system Y kopalnie decydują się niekiedy na wykorzystanie systemu z tzw. „chodnikiem wygrodeniowym”.

Ten system przewietrzania jest bardzo zbliżony do systemu z równoległym chodnikiem wentylacyjnym. Różnica zasadniczo polega na tym, że jeżeli w trakcie prowadzenia eksploatacji zajdzie potrzeba wykonania równoległego chodnika wentylacyjnego, to wygradza się go wraz z postępem frontu eksploatacji. Wymaga to jednak dodatkowe robót górniczych związanych z wykonywaniem górnej wnęki kombajnowej. Wzrasta zagrożenie pożarowe w związku pozostawianiem filara węglowe-

go w zrobach ściany. Systemy te umożliwiają jednak stosowanie skutecznego odmetanowania w rejonie ściany.

SYSTEMY ODMETANOWANIA ŚCIAN EKSPLOATACYJNYCH

Odmetanowanie górotworu jest najskuteczniejszym środkiem zwalczania zagrożenia metanowego, zapewniającym zmniejszenie wypływów metanu do przestrzeni roboczych. Najskuteczniejszą metodą okazało się drenowanie metanu z górotworu i otamowanych zrobów i odprowadzanie go osobnymi rurociągami na powierzchnię, wykorzystując depresję wytwarzaną w stacji odmetanowania. Metoda ta pomaga w utrzymaniu żądanych parametrów wentylacyjnych, stawia jednak określone wymagania, co do sposobów rozcinania metanonośnych pokładów węgla.

W dotychczas stosowanej technologii odmetanowania eksploatacyjnego wyróżnia się dwie metody odmetanowania. Pierwsza z nich związana jest z wierceniem otworów drenażowych, zwanych również metanowymi, z chodników wentylacyjnych do strefy odprężonej w stropie lub spągu pokładu eksploatowanego. Niekiedy wykonuje się otwory drenażowe z obu chodników przyścianowych. Miejsce wykonywania otworów, jak również ich parametry uzależnione są od systemu eksploatacji i sposobu przewietrzania ściany.

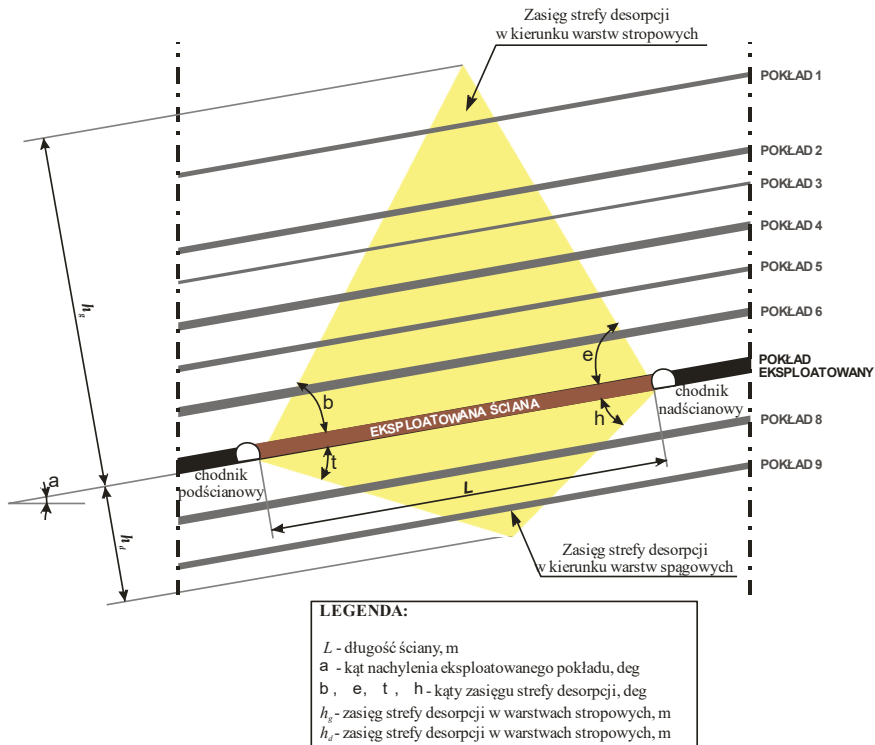
Druga metoda związana jest z wykonywaniem chodników drenażowych w pokładach znajdujących się nad lub pod eksploatowanym pokładem i zwana jest metodą drenażu nadległego lub podległego.

W przypadku odmetanowywania pokładów sąsiednich niezbędne jest określenie strefy desorpcji wywołanej eksploatacją ściany. Otwory drenażowe powinny być zlokalizowane tak, aby znajdowały się w strefie odprężonej, natomiast nie przecinały strefy zawału bezpośredniego. W polskich warunkach geologicznych dobre wyniki daje wyznaczanie kątów nachylenia otworów drenażowych przedstawionych na rysunku 2.

Rozmieszczenie otworów drenażowych w rejonie ściany uzależnione jest od stosowanego systemu eksploatacji i przewietrzania. W pracach [4, 5] przedstawiono wyniki badań efektywności odmetanowania w ścianach o różnych systemach przewietrzania.

Przeprowadzona analiza [4, 5] pozwala stwierdzić, że najwyższą efektywność odmetanowania uzyskuje się przy stosowaniu przewietrzania Y z równoległym chodnikiem wentylacyjnym oraz przy systemie U z nadległym chodnikiem drenażowym. Przy klasycznym systemie przewietrzania „Y” z odprowadzeniem powietrza wzdłuż zrobów, otwory wiercone z chodnika wentylacyjnego za frontem ściany często z biegiem czasu tracą szczelność. Spowodowane jest to degradacją chodnika wentylacyjnego oraz tym, że rury osadowe osadzone są w bezpośredniej bliskości zrobów ścianowych. W przypadku podwójnego chodnika wentylacyjnego filar pozosta-

wiany pomiędzy chodnikami pozwala na uzyskanie trwałej szczelności otworów drenażowych, a co za tym idzie uzyskanie mieszaniny gazowej o wyższym stężeniu metanu.



Rys. 2 Wyznaczenie strefy desorpcji metanu przy eksploatacji ściany

Źródło: na podstawie pracy G. Flügge'a [5]

W tabeli 4 pokazano średnie efektywności odmetanowania osiągnięte w latach 2002-2012 w polskich kopalniach w zależności od metanowości całkowitej ścian.

Średnia efektywność odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych w latach 2002-2012 wyniosła 54%. Najniższą efektywność odmetanowania równą 41% uzyskiwano w ścianach o najniższej metanowości całkowitej przewietrzanej systemem „U”. Natomiast najwyższą średnią efektywność odmetanowania, która wynosiła 63% osiągnięto w ścianach przewietrzanych systemem z podwójnym chodnikiem wentylacyjnym oraz z chodnikiem drenażowym. W ścianach przewietrzanych systemem „Y” efektywność odmetanowania wyniosła 49 %.

W tabeli 4 kolorem szarym zaznaczono efektywności odmetanowania, które nie zabezpieczają bezpiecznych warunków pracy z uwagi na zbyt duże wydzielanie metanu do ściany. Biorąc pod uwagę uzyskiwane efektywności odmetanowania metanowość wentylacyjna ścian przewietrzanych systemem U nie powinna przekraczać $15 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

Tabela 4 Średnie efektywności odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych uzyskiwane przy różnych systemach przewietrzania i odmetanowania w polskich kopalniach węgla kamiennego w okresie 2002-2012

Wyszczególnienie	Metanowość całkowita, m ³ /min									średnia efekt. odmet., %
	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80	
ściany z systemem przewietrzania U	38,5	39,0	40,6	38,3	48,8	64,0	x	x	x	41,2
ściany z systemem przewietrzania Y	33,8	43,7	52,4	56,1	49,9	46,2	57,9	x	x	48,7
ściany z systemem przewietrzania U i równoległym chodnikiem wentylacyjnym	x	X	58,0	60,1	62,2	64,2	64,5	68,3	71,5	63,9
ściany z systemem przewietrzania U i chodnikiem drenażowym	49,0	58,6	60,2	62,6	68,4	64,7	68,6	68,8	76,0	63,4

x – oznacza, że nie stosowano takiego systemu odmetanowania w danym zakresie metanowości

ZALECENIA W ZAKRESIE POSTĘPOWANIA PROJEKTOWEGO PRZY PLANOWANIU EKSPLOATACJI PRZY WSPÓŁWYSTĘPOWANIU ZAGROŻEŃ AEROLOGICZNYCH

Planowanie konkretnej eksploatacji musi nosić cechy działań probezpiecznych, powinno być procesem wieloetapowym i realizowanym w odpowiedniej kolejności. Składają się na nie:

- Wstępne rozpoznanie zagrożeń – dokonane na podstawie oceny występujących warunków naturalnych oraz dotychczas wykonanych robót górniczych w danym rejonie (tzw. zaszczości eksploatacyjne).
- Wykonanie projektu koncepcyjnego eksploatacji – dobór systemu eksploatacji, wyposażenia technicznego, technologii robót i planu wydobywania.
- Szczegółowe rozpoznanie zagrożeń – to jest wykonanie prognoz kształtowania się zagrożeń, z uwzględnieniem wyników pierwszego etapu rozpoznawania i warunków projektu wstępnego oraz zaprojektowanie systemowego monitorowania zagrożeń (rodzaj i rozmieszczenie czujników, systemy zabezpieczające itp.).
- Skorygowanie założeń projektowych – po weryfikacji założeń projektu koncepcyjnego z prognozami zagrożeń i projektem systemowego monitorowania oraz po dokonaniu niezbędnych zmian.

- Zaplanowanie prac profilaktycznych dla zwalczania poszczególnych zagrożeń – z uwzględnieniem skorygowanych założeń projektowych oraz zagrożenia dominującego.
- Wykonanie projektu ostatecznego – po weryfikacji założeń projektowych z planami prac profilaktycznych i po dokonaniu niezbędnych zmian.

Taki tryb planowania powinien wyeliminować, a przynajmniej zdecydowanie ograniczyć czynnik nieprzewidywalności, którego skutkiem są zazwyczaj straty ekonomiczne lub nawet niebezpieczne (tragiczne) zdarzenia.

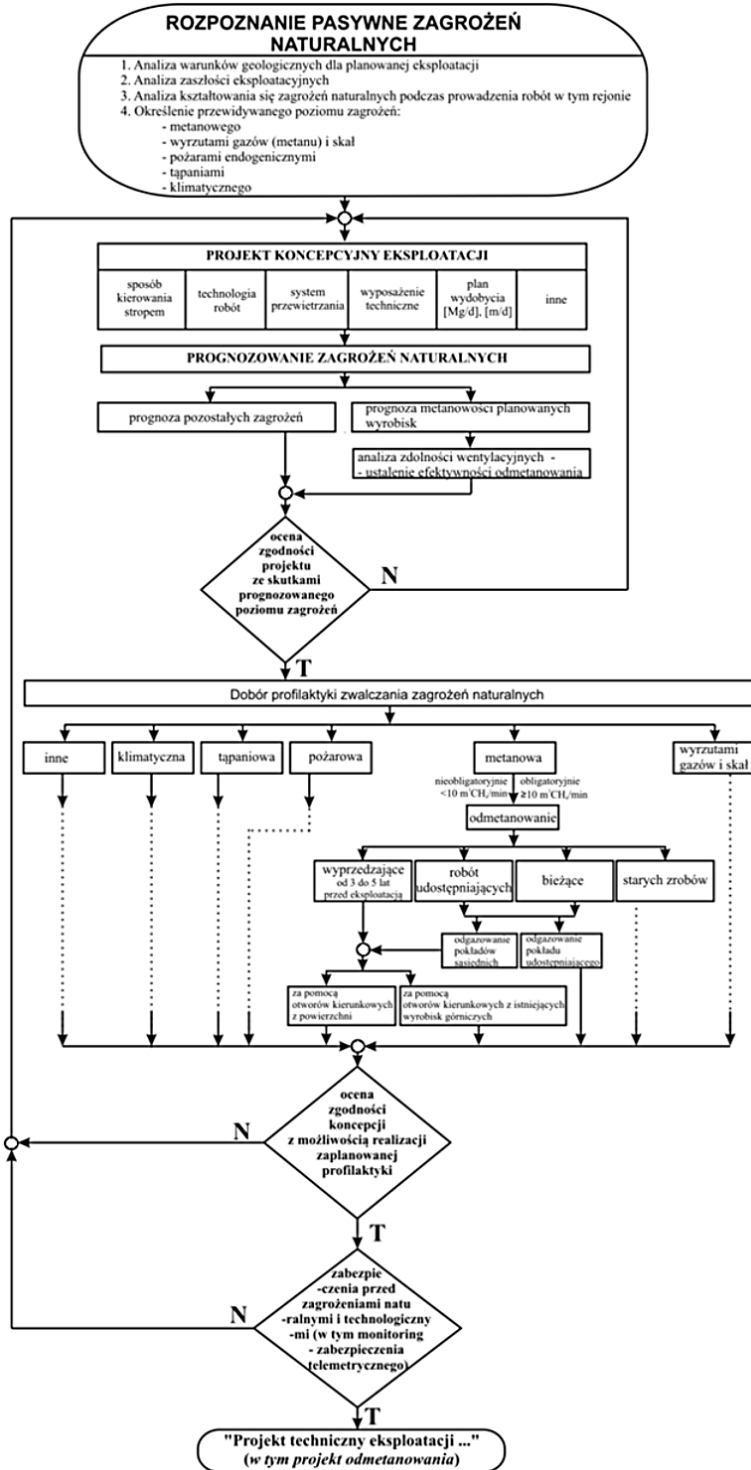
W przypadku zagrożenia metanowego dużą rolę w projektowaniu odgrywa możliwość odmetanowania projektowanej do eksploatacji parceli. Musi ono przy tym uwzględniać inne występujące zagrożenia, ogólne bezpieczeństwo prowadzenia robót oraz optymalizację kosztów. Analizę poprzedzającą projektowanie należy przeprowadzić pod kątem szeregu różnych zagadnień, takich jak:

- warunki naturalne (np. zalegania górotworu, pokładu węgla),
- prognozowanie kształtowania się poziomu rozpoznanych zagrożeń dla okresu eksploatacji (metanowego, pożarowego),
- wpływ czynników ludzkich na obniżenie poziomu zagrożeń (np. na etapie rozpoznawania i prognozowania poziomu zagrożeń, projektowania eksploatacji i prac profilaktycznych),
- poziom techniczno-technologiczny prowadzenia robót (np. nowoczesność i jakość maszyn i urządzeń oraz obudowy wyrobisk, system eksploatacji),
- planowanie rozpoznawania rzeczywistego poziomu występujących zagrożeń w czasie prowadzenia ruchu ściany (np. sposób kontroli i systemowego monitorowania rejonu eksploatacji pod względem parametrów pracy urządzeń i parametrów niebezpiecznych czynników),
- przewidywalność niebezpiecznych zdarzeń (np. wstrząsu górotworu, tąpnięcia, samozapalenia, wybuchu).

Wytyczne planowania eksploatacji przy prognozowanym zagrożeniu metanowym można sprecyzować w poniższy sposób.

1. Przed przystąpieniem do projektowania eksploatacji w nowej partii pokładów należy rozpoznać stan zagrożeń naturalnych, które stanowią podstawę do opracowania projektu koncepcyjnego eksploatacji złoża.
2. Projekt koncepcyjny eksploatacji złoża, pokładu lub ich części zaliczonych do drugiej kategorii zagrożenia metanowego musi zawierać między innymi prognozę metanowości bezwzględnej wyrobisk, która warunkuje dobór systemu przewietrzania ścian eksploatacyjnych i opracowanie profilaktyki oraz zasad zwalczania zagrożenia metanowego. Ocena zagrożenia metanowego i dobór systemu odmetanowania mogą być prowadzone według algorytmu postępowania podanego na rys. 3.

3. W projekcie technicznym eksploatacji ścianowej należy ponownie wykonać szczegółową prognozę metanowości wyrobiska ścianowego wraz z określeniem możliwości wentylacyjnych zwalczania zagrożenia metanowego.
4. Ściany eksploatacyjne, dla których prognoza metanowości bezwzględnej przekracza $10 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ wyposażone muszą być w instalacje do odmetanowania. W zależności od warunków górniczo-geologicznych odmetanowanie ścian może być prowadzone przy prognozowanej metanowości bezwzględnej poniżej $10 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Dla skutecznego zwalczania zagrożenia metanowego i efektywnego odmetanowania można zastosować jeden z czterech zasadniczych systemów przewietrzania ścian eksploatacyjnych. Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 29.3 można podać zasadę doboru systemu przewietrzania i odmetanowania:
 - ściany mogą być przewietrzane systemem U przy prognozowanej metanowości bezwzględnej do $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$,
 - ściany mogą być przewietrzane systemem U z równoległym chodnikiem wentylacyjnym przy prognozowanej metanowości bezwzględnej przekraczającej $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$,
 - ściany mogą być przewietrzane systemem U z chodnikiem drenażowym przy prognozowanej metanowości bezwzględnej przekraczającej $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$,
 - ściany mogą być przewietrzane systemem Y przy prognozowanej metanowości bezwzględnej do $50 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.
5. System odmetanowania z chodnikiem drenażowym można stosować jeżeli nad eksploatowanym pokładem zalega pokład pozabilansowy w odległości odpowiadającej 5-cio krotnej miąższości pokładu eksploatowanego (jednakże nie niższej niż 12 m nad pokładem eksploatowanym). W innych przypadkach stosowanie tego systemu nie jest ekonomicznie uzasadnione.
6. Dobór parametrów i lokalizacja otworów odmetanowania uzależniona powinna być od przyjętego systemu przewietrzania ściany, wyników prognozy metanowości bezwzględnej i wyznaczonej strefy desorpcji metanu (strefy odgazowania górotworu).
7. Projekt odmetanowania powinien zawierać:
 - obliczenia wymaganej depresji w otworach drenażowych,
 - wymiarowanie instalacji wraz w dobozem elementów regulacyjnych,
 - dobór systemu monitoringu i sterowania rozpiływem mieszaniny w sieci odmetanowania.



Rys. 3 Algorytm projektowania eksploatacji w warunkach zagrożenia metanowego

8. Każdorazowo po wyznaczeniu wymaganej wydajności ujmowanego metanu w nowym rejonie wentylacyjnym, kopalniana sieć rurociągów odmetanowania powinna być przeliczona w zakresie oporów przepływu i zapewnienia wymaganych depresji na wszystkich wiązkach otworów drenażowych.

PODSUMOWANIE

Metanowość polskich kopalń wzrasta od kilku lat w związku z udziałem liczby pokładów metanowych w eksploatacji zasobów węgla. Należy spodziewać się utrzymania zagrożenia metanowego w kolejnych latach na podobnym poziomie. Spowoduje to, że zagrożenie metanowe będzie dominującym zagrożeniem w polskim górnictwie węgla kamiennego.

Przed przystąpieniem do projektowania eksploatacji w nowej partii pokładów należy rozpoznać stan zagrożeń naturalnych, które stanowią podstawę do opracowania projektu koncepcyjnego eksploatacji złoża. Projekt koncepcyjny eksploatacji złoża, pokładu lub ich części zaliczonych co najmniej do drugiej kategorii zagrożenia metanowego musi zawierać między innymi prognozę metanowości bezwzględnej wyrobisk, która warunkuje dobór systemu przewietrzania ścian eksploatacyjnych i opracowanie profilaktyki oraz zasad zwalczania zagrożenia metanowego.

W projekcie technicznym eksploatacji ścianowej należy ponownie wykonać szczegółową prognozę metanowości bezwzględnej wyrobiska ścianowego wraz z określeniem możliwości wentylacyjnych zwalczania zagrożenia metanowego. Proponuje się aby ściany eksploatacyjne, dla których prognoza metanowości bezwzględnej przekracza $10 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ wyposażone były w instalację odmetanowania. W zależności od warunków górniczo-geologicznych odmetanowanie ścian może być prowadzone przy prognozowanej metanowości bezwzględnej poniżej $10 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

Dla skutecznego zwalczania zagrożenia metanowego i efektywnego odmetanowania można stosować jeden z czterech zasadniczych systemów przewietrzania i odmetanowania ścian eksploatacyjnych według warunków:

- ściany przewietrzane systemem U przy prognozowanej metanowości bezwzględnej do $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$,
- ściany przewietrzane systemem Y przy prognozowanej metanowości bezwzględnej do $50 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$,
- ściany przewietrzane systemem U z równoległym chodnikiem wentylacyjnym przy prognozowanej metanowości bezwzględnej przekraczającej $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$,
- ściany przewietrzane systemem U z chodnikiem drenażowym przy prognozowanej metanowości bezwzględnej przekraczającej $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

System odmetanowania z chodnikiem drenażowym można stosować, jeżeli nad eksploатовanym pokładem zalega pokład pozabilansowy w odległości odpowiadają-

cej 5-cio krotnej miąższości pokładu eksploatowanego (jednakże nie niżej niż 12 m nad pokładem eksploatowanym). W innych przypadkach stosowanie tego systemu nie jest ekonomicznie uzasadnione.

Artykuł został zrealizowany w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.005

LITERATURA

1. Roszkowski J., Szlązak J., Szlązak N., Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla i jego zwalczanie. Materiały konferencyjne 1-szej Szkoły Aerologii Górniczej, Centrum Elektryfikacji i Automatykacji Górnicztwa EMAG, Katowice, s. 43-54. 1999
2. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., Kierunki zmian w systemach przewietrzania ścian eksploatacyjnych z uwagi na zwalczanie zagrożeń wentylacyjnych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 24, z. 1/2, s. 201-214. 2008
3. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., Swolkień J., Korzec M., Metoda oznaczania metanonowości w pokładach węgla kamiennego. Wydawnictwa AGH, Kraków. 2011
4. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., Swolkień J., Korzec M., Efektywność w różnych systemach odmetanowania w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego oraz zagospodarowanie ujętego metanu. [w:] Plewa F., Badura H. (red.) – Górnicztwo – perspektywy, zagrożenia: klimatyzacja, zagrożenia aerologiczne. Publisher PA NOVA SA., Gliwice, s. 117-131. 2014
5. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., Swolkień J., Korzec M., Odmetanowanie górotworu w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwa AGH, Kraków. 2015
6. Szlązak N., Korzec M., Zagrożenie metanowe oraz jego profilaktyka w aspekcie wykorzystania metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego. Górnicztwo i Geoinżynieria, r. 34, z. 3/1, s. 163-174. 2010
7. Szlązak N., Szlązak J., Dobór systemu przewietrzania ściany w aspekcie występujących zagrożeń naturalnych. WUG (Katowice) nr 9, s. 17-22. 2001
8. Szlązak N., Szlązak J., 2004: Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla i jego wpływ na bezpieczeństwo w trakcie ich likwidacji. Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej, Centrum Elektryfikacji i Automatykacji Górnicztwa EMAG, Katowice, s. 155-166.
9. Szlązak N., Zasadni W., 2004: Wpływ zagrożenia tąpnięciami na dobór profilaktyki pożarowej w kopalniach węgla. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
10. WUG, 2012-2016: Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w latach 2012-2016. Raporty WUG Katowice, 2012-2016.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2018

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2018

SPOSÓB POSTĘPOWANIA PRZY PROJEKTOWANIU EKSPLOATACJI POKŁADÓW WĘGLA W WARUNKACH ZAGROŻENIA METANOWEGO

Streszczenie: *W artykule przedstawiono stan zagrożenia metanowego w polskich kopalniach węgla kamiennego. Omówiono systemy przewietrzania ścian eksploatacyjnych. Zwrócono uwagę na konieczność stosowania odmetanowania, które powinno być dostosowane do systemu przewietrzania ściany. Przedstawiono efektywności odmetanowania w zależności od stosowanej metody odmetanowania oraz systemu przewietrzania ścian. Na tej podstawie sformułowano zasady dotyczące projektowania odmetanowania oraz podano wytyczne do praktycznego stosowania, które powinny przyczynić się do skutecznego odmetanowywania górotworu w kopalniach węgla kamiennego. Zaproponowano dobór systemów przewietrzania i odmetanowania ścian w zależności od prognozowanej metanowości bezwzględnej.*

Słowa kluczowe: *zagrożenie metanowe, odmetanowanie, projektowanie eksploatacji*

METHOD OF PROCEEDING WHILE DESIGNING THE EXPLOITATION OF COAL SEAMS IN CONDITIONS OF METHANE HAZARD

Abstract: *The state of methane hazard in Polish coal mines is presented in the paper. Ventilation systems of longwall panels are discussed. The necessity of methane drainage usage has been emphasised, which should be adapted to the panel ventilation system. The effectiveness of the methane drainage relating to using the both, methane drainage method and the panel ventilation system, has been described. On this basis, the principles of methane drainage planning are formulated, as well as practical guidance is given. It should contribute to effective methane drainage in hard coal mines. It was proposed to choose the ventilation and methane drainage systems for longwall panel depending on the predicted methane emission.*

Key words: *methane hazard, methane drainage designing the exploitation*

Nikodem Szlązak

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
e-mail: szlajak@agh.edu.pl

Dariusz Obracaj

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
e-mail: obracaj@agh.edu.pl

Justyna Swolkień

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
e-mail: swolkien@agh.edu.pl