

Gwałtowne wypływy metanu w wyniku zjawisk gazogeodynamicznych w KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”

Sudden outflows of methane as a result of gasogeodynamic phenomena in the Zofiówka part of the Borynia-Zofiówka-Jastrzębie Coal Mine



Prof. dr hab. inż. Stanisław Wasilewski *)



Mgr inż. Marian Zmarzły***)

Treść: Dążenie wyrobisk na coraz większych głębokościach oraz w nowo udostępnianych partiach złoża często jest prowadzone w warunkach wysokiego stanu zagrożenia metanowego i wyrzutowego. Duża część pokładów węgla kamiennego, szczególnie eksploatowanych w Ruchu „Zofiówka”, posiada skłonności do występowania zjawisk gazogeodynamicznych, w których występuje niebezpieczeństwo wystąpienia gwałtownego wypływu lub wyrzutu gazów i skał. Praktyka pokazuje, że przyjęta w kopalni profilaktyka podczas dążenia wyrobisk w pokładach zagrożonych wyrzutami gazów (metanu) i skał chociaż zwiększa bezpieczeństwo prowadzenia robót, to jednak nie eliminuje całkowicie występowania zagrożeń gazogeodynamicznych. Potwierdzeniem tej tezy były zaistniałe w ostatnich latach w Ruchu „Zofiówka” gwałtowne wypływy metanu, które stanowiły zagrożenie dla załóg zatrudnionych w wyrobiskach kopalni podczas prowadzenia robót przygotowawczych. W artykule przedstawiono skutki pięciu zdarzeń wypływu lub wyrzutu gazów (metanu) i skał, które wystąpiły ostatnio w czasie dążenia wyrobisk korytarzowych i prowadzenia robót przygotowawczych w KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”.

Abstract: Driving the workings at more and more increasing depths and in newly made parts of the deposit is often conducted in conditions of high methane and outburst hazards. A large part of coal seam especially exploited in the Zofiówka part have a high probability of the occurrence of gasogeodynamic phenomena, in particular sudden outflows or outbursts of gases and rocks. Practice shows that the prevention procedures for driving the workings in the coal seams endangered with gas (methane) and rock outbursts, increase the safety of conducting works, but do not completely eliminate the occurrence of gasogeodynamic hazards. This thesis has been confirmed in the recent years in the Zofiówka part by the sudden outflows of methane, which caused hazards to the crew employed in mine workings while carrying out the development works. This paper presents the consequences of five events of sudden outflow of gases or outburst of gases (methane) and rocks, which have recently occurred during the development works at roadway workings and preparatory works in Borynia-Zofiówka-Jastrzębie Coal Mine in the Zofiówka part.

Słowa kluczowe:

wyrzuty metanu i węgla, zagrożenie metanowe, zjawiska gazodynamiczne, stany nieustalone parametrów powietrza, kopalniane systemy monitorowania

Keywords:

outbursts of methane and coal, gas-dynamic phenomena, methane hazard, transient states of air parameters, mine monitoring systems

1. Wstęp

Wyrzuty węgla, skał i gazu, podobnie jak tąpnięcia, należą do najpoważniejszych zagrożeń naturalnych towarzyszących eksploatacji podziemnej węgla, a moment wyrzutu metanu i skał – podobnie zresztą jak w przypadku tąpnięć, należy do

zjawisk niedostatecznie przewidywalnych, co do miejsca i czasu. Wyrzutom węgla, skał i gazu towarzyszą zjawiska gazogeodynamiczne, stwarzając zagrożenie wywołane zarówno przez uwalnianie często w dużych ilościach gaz, jak i działanie mas powyrzutowych.

Praktyka światowego górnictwa (Chiny, Ukraina oraz Rosja), a także doświadczenia i obserwacje wyrzutów w warunkach polskich kopalń pokazują, że w przypadku pokładów skłonnych do wyrzutów takie zdarzenia występują pomimo

* Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk

** JSW KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”

stosowania szerokiej profilaktyki i najlepszych metod prognozowania. Wyrzuty gazów i skał należą do skomplikowanych zjawisk występujących w kopalniach, a ich mechanizm pomimo wielu badań nie został jeszcze dokładnie zbadany i rozpoznany. Próby wyjaśnienia tego zjawiska pozostają nadal w sferze hipotez, szczególnie w zakresie określenia czynnika decydującego o wzbudzeniu wyrzutu.

W przypadku wyrzutów węgla, skał i metanu pojęcie zagrożenia związane jest z dwoma czynnikami, co potwierdziły zdarzenia w kopalniach JSW S. A. (Jakubów i in. 2003, Tor, Jakubów, 2006)). Pierwszym jest działanie mas powyrzutowych bezpośrednio na ludzi, urządzenia oraz obudowę wyrobisk górniczych. Drugim jest metan uwalniany podczas wyrzutu w krótkim czasie i dużych ilościach, który zakłóca wentylację kopalni. Zagrożenie gazowe może zatem objąć swym zasięgiem wiele wyrobisk podziemnych kopalni, tworząc mieszaninę wybuchową lub palną oraz często, na znacznym obszarze, atmosferę niezdarną do oddychania wskutek obniżonej zawartości tlenu (Wasilewski, 2005).

2. Zagrożenie wyrzutami gazów (metanu) i skał w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej

Pokłady eksploatowane przez kopalnie JSW SA (dawniej ROW) należą do południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Przeważnie są pokładami silnie gazonośnymi, w których już w przeszłości występowały zjawiska gazogodynamiczne. Skala tych zjawisk była różna (Tor, Jakubów, 2006) pod względem ilości mas powyrzutowych oraz ilości wydzielonego metanu (tabela 1).

Wyrzut metanu i skał w 2002 roku wystąpił podczas wykonywania robót strzałowych związanych z drażeniem lunety rurowej na poziomie 1000 metrów w KWK Pniówek. Jego skutki były największym z dotychczas zaistniałych zjawisk gazogodynamicznych w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W wyniku tego zdarzenia do lunety rurowej wyrzucone zostało 250 m³ mocno rozdrobnionych powyrzutowych mas węglowych, ponadto wydzielono około 51 500 m³ metanu. Zasięg mas powyrzutowych miał charakter lokalny i objął lunetę rurową na całej długości około 73 metrów. Równocześnie w wyniku wydzielonego podczas wyrzutu metanu powstało poważne zagrożenie metanowe

na znacznym obszarze kopalni. W wielu wyrobiskach podziemnych, gdzie znajdowali się ludzie i maszyny, na drogach odprowadzenia powietrza do szybu wydechowego, powstały mieszaniny wybuchowe, ponadwybuchowe, a także atmosfera niezdarna do oddychania.

W wyniku wyrzutu metanu i skał w chodniku transportowym D-6 w pokładzie 409/4 w KWK „Zofiówka” w 2005 roku nastąpiły gwałtowne zmiany stężenia metanu zarejestrowane przez metanomierze zabudowane w tym chodniku, które dochodziły nawet do 100% CH₄. Tak gwałtowne zjawisko gazodynamiczne wyrzutu metanu i skał oraz towarzyszące mu zmiany stężenia metanu spowodowały, że metanomierze przodkowe wyłączyły energię elektryczną w przodku, eliminując tym samym możliwość powstania wybuchu metanu od urządzeń elektrycznych.

Powyższe zdarzenia pokazały, że stany nieustalone parametrów powietrza w czasie wyrzutu metanu i skał mają bardzo gwałtowny przebieg. Dotyczy to pojawienia się znacznych zaburzeń stężenia metanu w momencie i po wyrzucie metanu, w szczególności w pobliżu miejsca zdarzenia. Gwałtowny przebieg zdarzeń po wyrzutach wymaga, aby stosowane czujniki metanu w rejonach szczególnego zagrożenia wyrzutami charakteryzowały się dużą dynamiką i krótkim czasem reakcji dla wyłączenia energii elektrycznej.

Niestety, powyższe zjawiska gazogodynamiczne z wyjątkiem wyrzutów w 2002 w KWK „Pniówek” oraz w KWK „Zofiówka” z 2005 roku były słabo udokumentowane i nie podano szczegółowych informacji o czynnościach wykonywanych w tych przodkach do chwili wystąpienia zagrożenia. Takie informacje być może umożliwiłyby ustalenie przyczyn i warunków powstania tych wyrzutów. Pierwsze trzy zdarzenia jakie miały miejsce w kopalni „Zofiówka” (tabela 1), zgodnie z obowiązującymi w tym czasie przepisami, określone zostały jako wypływy metanu z odrzutem węgla i skał, ale według obecnie stosowanych kryteriów zostałyby uznane za wyrzuty metanu i skał.

Praktyka pokazuje, że nadal pokłady eksploatowane w Ruchu „Zofiówka” charakteryzują się dużą metanowością, zarówno wyrobisk udostępniających i przygotowawczych, jak i wyrobisk wybierkowych oraz są skłonne do gwałtownych wypływów metanu oraz wyrzutów metanu i skał. Niebezpieczne zdarzenia związane z zaistniałymi po 2005 r. wypływami metanu w drażonych wyrobiskach przysto-

Tabela 1. Zjawiska gazogodynamiczne zaistniałe w kopalniach JSW SA
Table 1. Gasogodynamic phenomena occurring in the JSW SA coal mines

Kopalnia	Wyrobisko chodnikowe	Pokład	Ilość mas powyrzutowych [Mg]	Ilość wydzielonego metanu [m ³]	Data wystąpienia zjawiska
„Zofiówka” (dawniej „Manifest Lipcowy”)	F – 13 F – 5 H – 5	363 360/1 403/1	4 15 95	411 2170 5000	19.05.1979 10.08.1979 12.06.1985
„Zofiówka” (dawniej „Manifest Lipcowy”)	H – 1a H – 3 H – 1a	403/1 404/3 403/1	- - -	450 250 890	12.03.1984 30.05.1984 13.10.1984
„Pniówek” (dawniej „XXXX-lecia PRL”)	S – 4	363	-	19 700	03.01.1987
„Pniówek”	Luneta rurowa	404/4+ 405/1	250	51 448	23.08.2002
„Zofiówka”	chodnik transp. D-6	409/4	350	10 200	22.11.2005
„Zofiówka”	chodnik transp. G-2	413/2-412lg	-	545	12.03.2010
„Zofiówka”	chodnik podśc. G-6	412lg+1d i 412lg	-	820	17.04.2013

wawczych nie spowodowały na szczęście wypadków wśród załogi. Równocześnie wprowadzone rygory prowadzenia robót w Ruchu „Zofiówka” (Zmarzły, 2017) umożliwiają szersze rozpoznanie zagrożenia, przez bieżące pomiary i badania oraz rozpoznawanie zagrożenia otworami wierconymi w trakcie drążenia wyrobisk. Zastosowana profilaktyka przeciw wyrzutowa chociaż nie pozwoliła na całkowite wyeliminowanie zjawisk gazogeodynamicznych, to skutecznie minimalizowała zagrożenia wyrzutowe.

Aktualne prognozowanie stanu zagrożenia wyrzutowego pozwala na określanie stanu zagrożenia poprzez:

- pomiary metanonośności pokładów,
- pomiary parametrów wyrzutowych, tj.: intensywności desorpcji, ilości zwiercin oraz wskaźnika zwięzłości węgla,
- badania własności sorpcyjnych i zawartości części lotnych w węglu V^{daf} ,
- wykonywanie otworów badawczych wyprzedzających czoło przodka (przedwierty),
- obserwację objawów wskazujących na wzrost zagrożenia w trakcie prowadzenia robót.

W rejonach, w których prowadzone są roboty górnicze wyznacza się strefy szczególnego zagrożenia wyrzutami gazów i skał oraz ustala dopuszczalną liczbę przebywających w nich osób. Zastosowano także metanometrię automatyczną z sygnalizacją alarmową ostrzegającą załogę o przekroczeniu dopuszczalnych zawartości metanu w powietrzu.

W przypadku stwierdzonego wzrostu zagrożenia wyrzutowego stosuje się profilaktykę przeciwwyrzutową. Najczęstszymi sposobami obniżenia stanu zagrożenia wyrzutowego jest zastosowanie robót strzałowych, tj. strzelań wstrząsowo-urabiających bądź odpężających. Stosowane roboty strzałowe w ramach profilaktyki przeciwwyrzutowej wykonywane są z opływowego prądu powietrza, a całą za-

łogę z zagrożonego wyrobiska bądź całego rejonu uprzednio wycofuje się. Skuteczną metodą pozwalającą obniżyć stan zagrożenia metanowego i wyrzutowego jest prowadzenie odmetanowania górotworu w trakcie drążenia wyrobiska.

3. Gwałtowne wypływy metanu zarejestrowane w czasie drążenia wyrobisk przygotowawczych w KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”

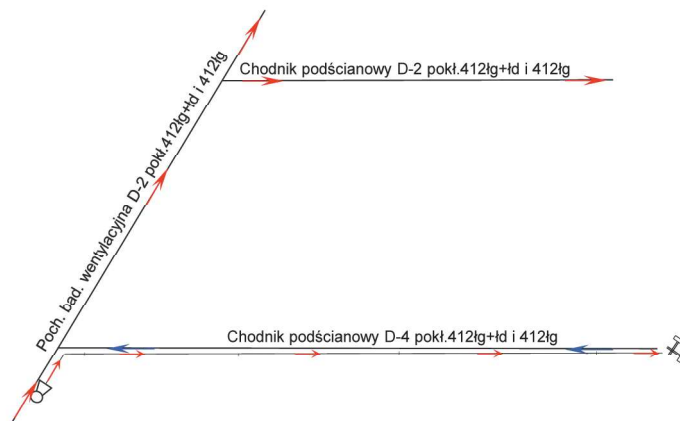
W ostatnich latach (2016-2017) szczególnie niebezpiecznymi drążonymi wyrobiskami okazały się: chodnik nadścianowy B-3 w pokładzie 407/1 oraz chodnik podścianowy D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg (tabela 2), w których doszło do gwałtownych wypływów metanu (Protokoły, 2016-2017) i obserwowano wysoki stan zagrożenia wyrzutowego (przekroczenia parametru intensywności desorpcji).

3.1. Zdarzenia w chodniku podścianowym D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg

W czasie drążenia chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg (rys.1), w warunkach wysokiego stanu zagrożenia wyrzutowego, dwukrotnie doszło do zjawisk gazogeodynamicznych, którym towarzyszyły gwałtowne wypływy metanu. Drążony chodnik był zabezpieczony czujnikami metanu o działaniu ciągłym (rys. 2), włączonymi do kopalnianego systemu gazometrii automatycznej. Szczególnie niebezpieczne było zdarzenie w dniu 22.12.2016 r, kiedy zaburzenie stężenia metanu po wyrzucie w chodniku podścianowym D-4 propagowało w prądach powietrza odprowadzonego drogami wentylacyjnymi w rejonie D pokład 412lg + ld i 412lg przechodząc również przez ścianę D-2.

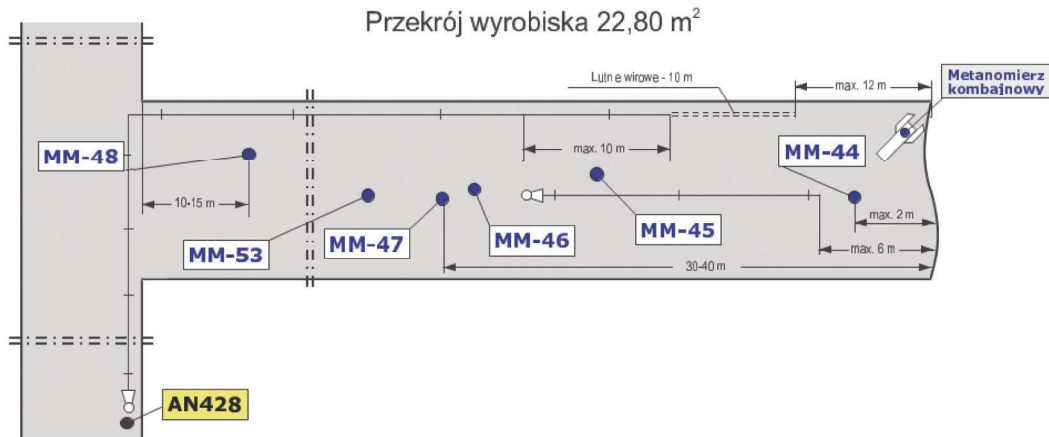
Tabela 2. Zestawienie wypływów metanu w drążonych wyrobiskach przygotowawczych w Ruchu „Zofiówka”
Table 2. List of methane outflows occurring during the excavation of development headings in the Zofiówka part

Nazwa	Pokład	Data	Maksymalne stężenie, [%CH ₄]	Ilość	
				[m ³ CH ₄]	[m ³ CH ₄ /s]
Rok 2016					
Chodnik podścianowy D-4	412lg+ld i 412lg	22.12.2016 r.	40,0	3500	0,240
Rok 2017					
Chodnik nadścianowy B-3	407/1	28.03.2017 r.	26,0	580	0,042
		31.03.2017 r.	48,0	860	0,031
Chodnik podścianowy D-4	412lg+ld i 412lg	10.04.2017 r.	38,0	500	0,050
Chodnik nadścianowy B-3	407/1	29.06.2017 r.	70,0	1270	0,088



Rys. 1. Schemat drążonego chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg

Fig. 1. Scheme of the development works in the main gate D-4 in seam no. 412lg+ld and 412lg



Rys. 2. Lokalizacja czujników i urządzeń w drążonym chodniku podścianowym D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg

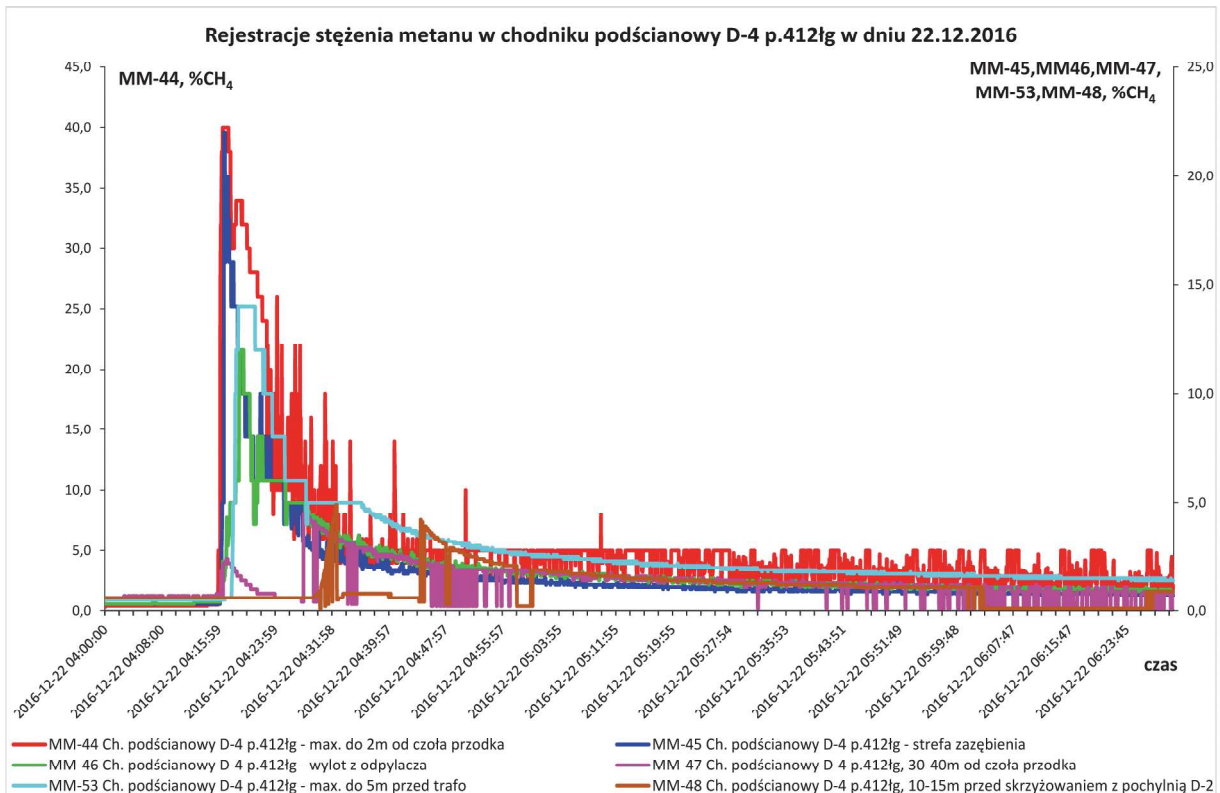
Fig. 2. Location of sensors and devices in the developing main gate D-4 in seam no. 412lg+ld and 412lg

Zdarzenie w dniu 22.12.2016 r.

W okresie pół roku poprzedzającym zdarzenie tj. od czerwca 2016 roku zgodnie z przyjętą w kopalni profilaktyką zwalczania zagrożenia wyrzutowego, w chodniku podścianowym D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg, wyznaczano parametry wyrzutowe (Protokoły, 2016-2017) stwierdzając, że intensywność desorpcji wahała się w granicach $0,18 \div 1,76$ kPa, wychód zwiercin $2,9 \div 3,6$ dm³/m, wskaźnik zwięzłości węgla $0,35 \div 0,41$. W obserwacjach prowadzonych od początku drążenia wyrobiska, przy długości wyrobiska stwierdzono wzrost metanonośności od $2,613$ m³/Mg_{csw} na 12 metrze do $8,35$ m³/Mg_{csw} dla 684 metra wyrobiska, a wskaźnik części lotnych V_{dal}^{csw} wahał się od 20,47% na początku drążenia wyrobiska nawet do 28,91% w środkowej części, aby przed zdarzeniem

dla 684 metra spaść do 22,25%.

Pomimo prowadzenia działań profilaktycznych dla zwalczania zagrożeń wyrzutowych, w dniu 22.12.2016. o godz. 4¹⁵ w kopalni „Borynia - Zofiówka - Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” doszło do odprężenia w czole drążonego przodka chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412lg+ld + 412lg, co spowodowało gwałtowny dopływ metanu do chodnika, w wyniku którego czujniki systemu metanometrii zarejestrowały przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu w rejonie tego wyrobiska. Maksymalne przekroczenie o wartości 40% CH₄ zarejestrował czujnik MM-44 (rys. 3) zabudowany w odległości do 2 m od czola przodka chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412lg+ld + 412lg, a oszacowana ilość metanu, która wydzielila się po zdarzeniu wynio-



Rys. 3. Rejestracje stężenia metanu w chodniku podścianowym D-4 pokład 412lg w dniu 22.12.2016

Fig. 3. Registrations of methane concentration in the developing main gate D-4 in seam no. 412lg on 22 December 2016

Tabela 3. Maksymalne stężenia metanu zarejestrowane w chodniku podścianowym D-4 w dniu 22.12.2016
Table 3. Maximum methane concentrations recorded in the main gate D-4 on 22 December 2016

Okres przekroczenia	Czujnik	Maksymalne stężenie CH ₄ [%]
04:16 – 07:50	MM-44 przodek, 2 m od czoła	40,0
04:16 – 04:40	MM-45 strefa zazębiania	22,0
04:17 – 04:54	MM-46 wylot z odpylacza	12,0
04:27 – 04:49	MM-47 30-40 m od czoła przodka	4,5
04:17 – 05:34	MM-53 max. do 5,0 m przed trafo.	14,0
04:31 – 04:58	MM-48 10-15 m przed skrzyżowaniem z pochylnią D-2	4,9

sła ok. 3500 m³CH₄. W wyniku zdarzenia drażony chodnik wypełnił się w całości mieszaniną powietrzno-metanową o stężeniu powyżej wartości dopuszczalnych, a lokalnie i chwilowo nawet powyżej granicy wybuchowości (rys. 3, tabela 3). Ze strefy zagrożenia w chodniku podścianowym D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg wyprowadzono, bez konieczności użycia aparatów, 13 osób. Wycofano również, bez konieczności użycia aparatów, załogę ze ściany D-2 (25 osób).

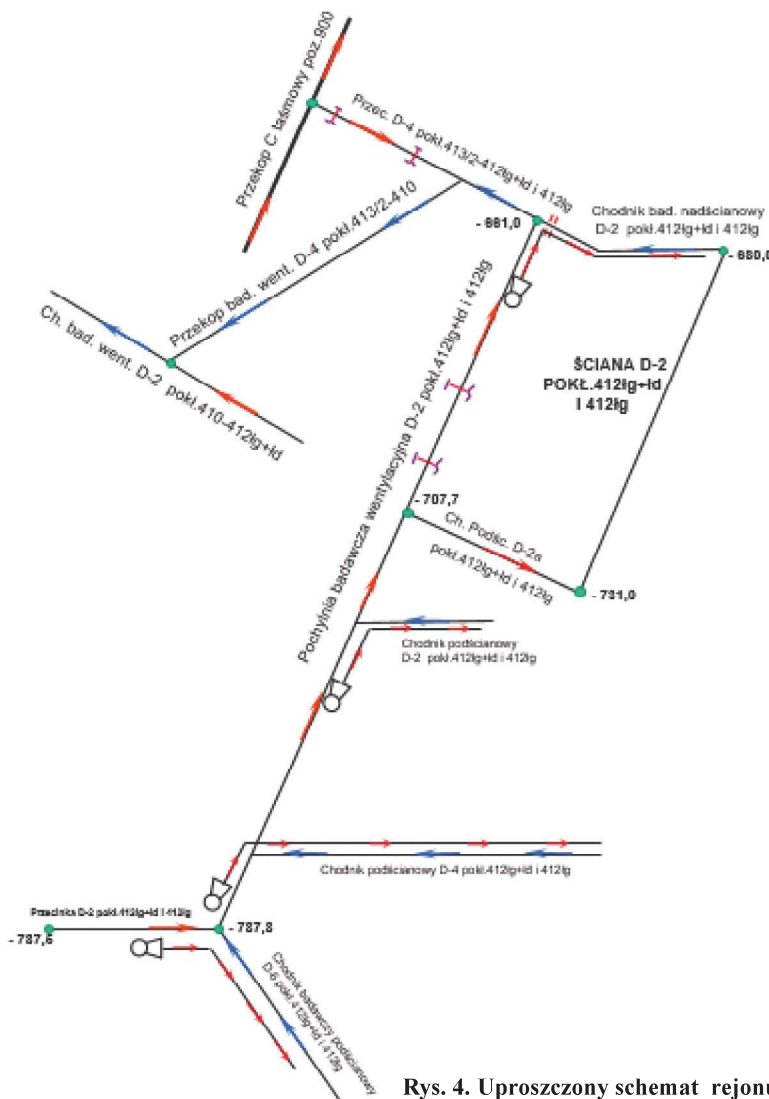
W trakcie oględzin stwierdzono, że czoło przodka chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412lg+ld i 412lg zasypane było luźnym materiałem skalnym i węglem, który obsypał się z czoła przodka, ociosów i stropu. Pryzma urobku zalegała od ładowarki kombajnowej do czoła przodka na długości ok. 2,5 m. W stropie stwierdzono dwie wyrwy: jedna o

głębokości 1,1m, druga 0,6 m. Jednocześnie nie stwierdzono żadnej kawerny mogącej świadczyć o wyrzucie metanu i skał.

W wyniku analizy ustalono, że czoło przodka zbliżało się do krawędzi eksploatacyjnych pokładu 409/3 i pokładu 409/4 (około 50 m przed krawędziami), co mogło być powodem zwiększonych naprężeń w rejonie przodka chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412lg+ld + 412lg.

Propagacja zaburzenia metanu w prądach powietrza odprowadzanego

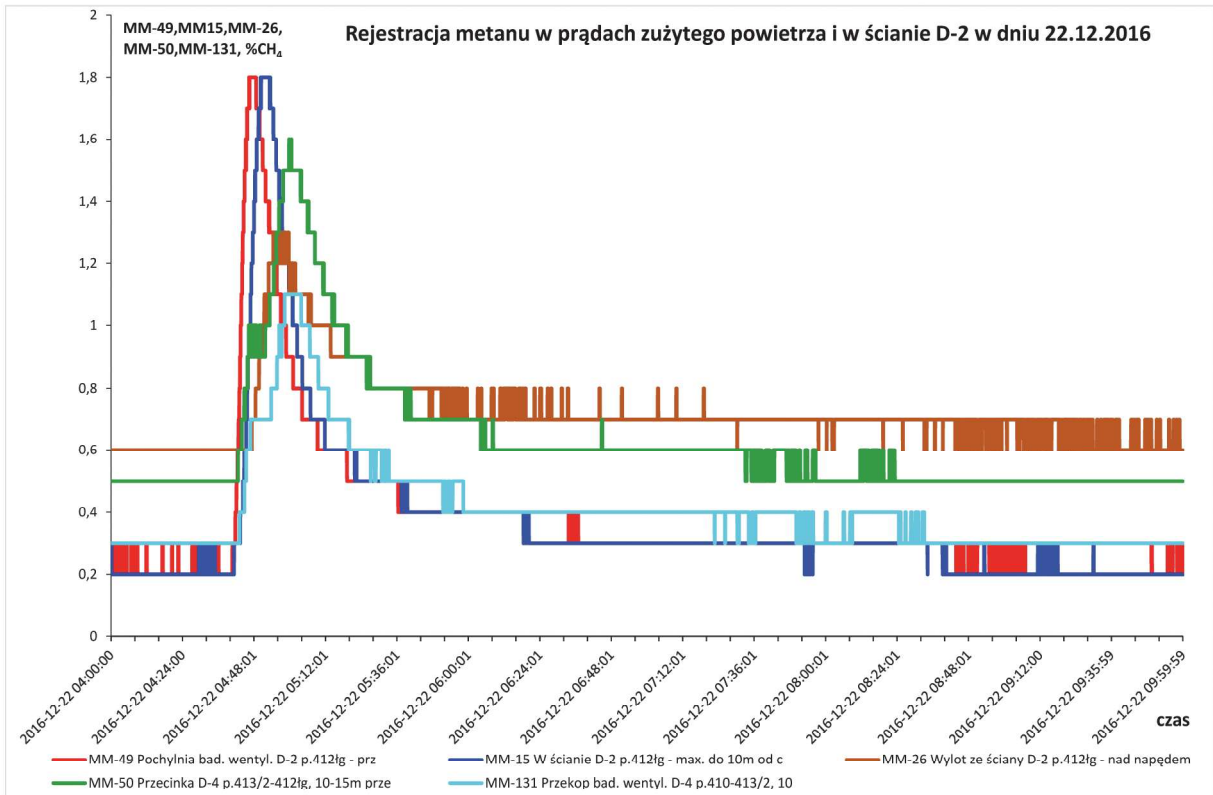
Zaburzenie stężenia metanu po wyrzucie w chodniku podścianowym D-4 pokład 412lg+ld + 412lg propagowało w prądach powietrza odprowadzanego (rys. 4), co rejestrowały kolejne czujniki metanu na drogach wentylacyjnych



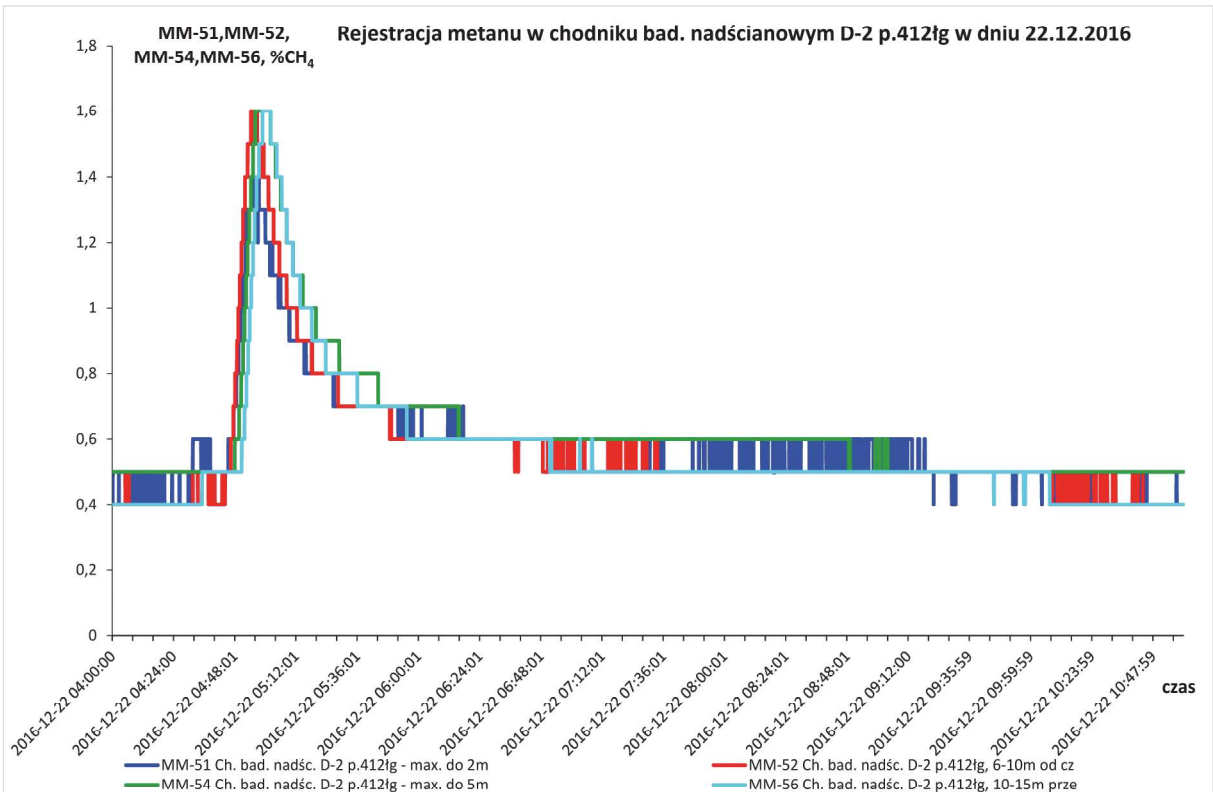
Rys. 4. Uproszczony schemat rejonu D pokład 412lg + ld i 412lg
Fig. 4. Simplified scheme of area D, seam no. 412lg + ld and 412lg

w rejonie D pokład 412łg + łd i 412łg (rys. 5). Czujniki w pochylni badawczej D-2 i w ścianie D-2 zarejestrowały wartości przekraczające dopuszczalne wartości stężenia $1,0\%CH_4$ na

wlocie do ściany, stężenie $1,8\%CH_4$ na wylocie ściany D-2, oraz $1,6\%CH_4$ w chodniku badawczym nadścianowym D-2 pokład 412łg (rys. 6).



Rys. 5. Rejestracja stężenia metanu w prądach powietrza odprowadzanego i w ścianie D-2 w dniu 22.12.2016
Fig. 5. Registration of methane concentration in the return air and in the longwall D-2 on 22 December 2016



Rys. 6. Rejestracja stężenia metanu w chodniku badawczym nadścianowym D-2 pokład 412łg w dniu 22.12.2016
Fig. 6. Registration of methane concentration in the exploratory tail gate D-2, seam no. 412łg on 22 December 2016

Zdarzenie w dniu 10.04.2017 r.

W dniu 10.04.2017 r. o godzinie 23¹⁶ doszło ponownie do odprężenia górotworu w czole drażonego przodka chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412łg + 1d i 412łg. Podczas opadu czoła przodka nastąpiło wzmożone wydzielanie metanu, co zarejestrowały czujniki metanometrii automatycznej (rys. 2), sygnalizując przekroczenia dopuszczalnych stężeń metanu w rejonie chodnika podścianowego D-4 w pokładzie 412łg+1d i 412łg. Maksymalne stężenie metanu o wartości 38% zarejestrował czujnik MM-44 zabudowany w odległości do 2 m od czoła przodka (rys. 7). W wyniku zdarzenia drażony chodnik wypełnił się w całości mieszaniną powietrzno-metanową o stężeniu powyżej wartości dopuszczalnych, a lokalnie i chwilowo nawet powyżej granicy wybuchowości (rys. 7, tabela 4). Po zdarzeniu z wyrobiska wycofano 11 pracowników bez konieczności użycia aparatów uciezkowych, a oszacowana wielkość wydzielonego metanu podczas opadu czoła przodka wyniosła 500 m³.

W związku z wzmożonym wydzielaniem metanu w chodniku podścianowym D-4 w pokładzie 412łg+1d i 412łg, dyspozytor kopalni zatrzymał postęp przodka do czasu ustalenia warunków dalszego bezpiecznego drażenia wyrobiska

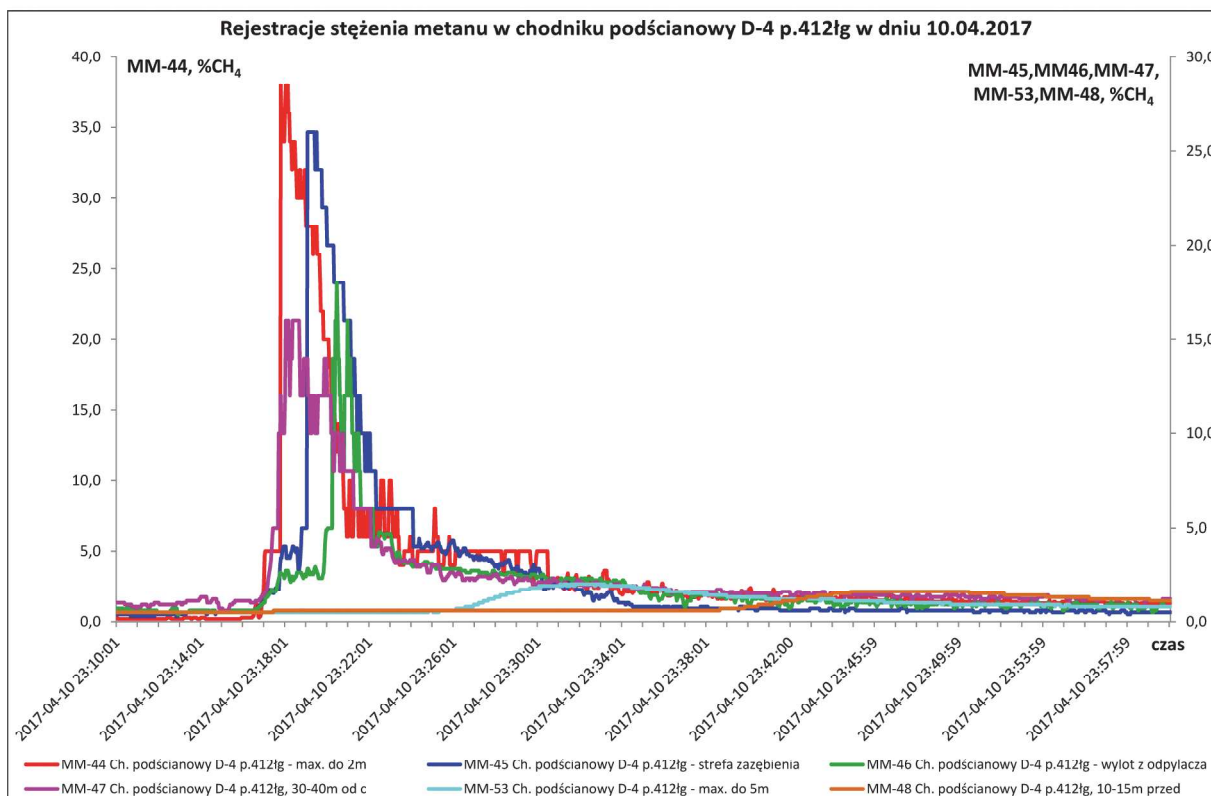
na podstawie opinii kopalnianego Zespołu ds. zwalczania zagrożenia metanowego oraz wyrzutami metanu i skał.

3.2. Zdarzenia w chodniku nadścianowym B-3 w pokładzie 407/1

W roku 2017 w czasie drażenia chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1 (rys. 8), w warunkach wysokiego stanu zagrożenia wyrzutowego, trzykrotnie doszło do zjawisk gazogeodynamicznych, którym towarzyszyły gwałtowne wypływy metanu. Drażony chodnik był zabezpieczony czujnikami metanu o działaniu ciągłym (rys. 9), włączonymi do kopalnianego systemu gazometrii automatycznej.

Zdarzenie w dniu 28.03.2017 r.

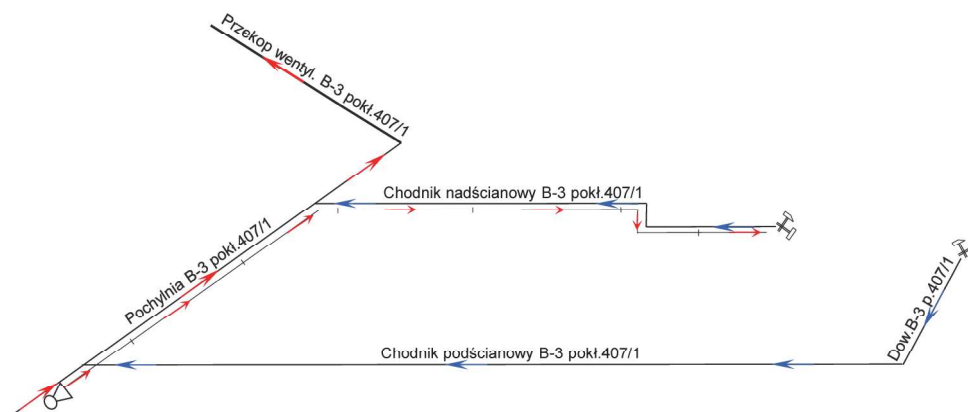
W okresie miesiąca marca poprzedzającego zdarzenie, zgodnie z przyjętą w kopalni profilaktyką zwalczania zagrożenia wyrzutowego, wyznaczano parametry wyrzutowe (Protokoły, 2016-2017), stwierdzając, że intensywność desorpcji wahała się w granicach 0,46÷1,18 kPa, wychód zwiercin 3,4÷3,6 dm³/m, wskaźnik zwięzłości węgla 0,32÷0,36. W miesiącu lutym przy długości wyrobiska 1240 m stwier-



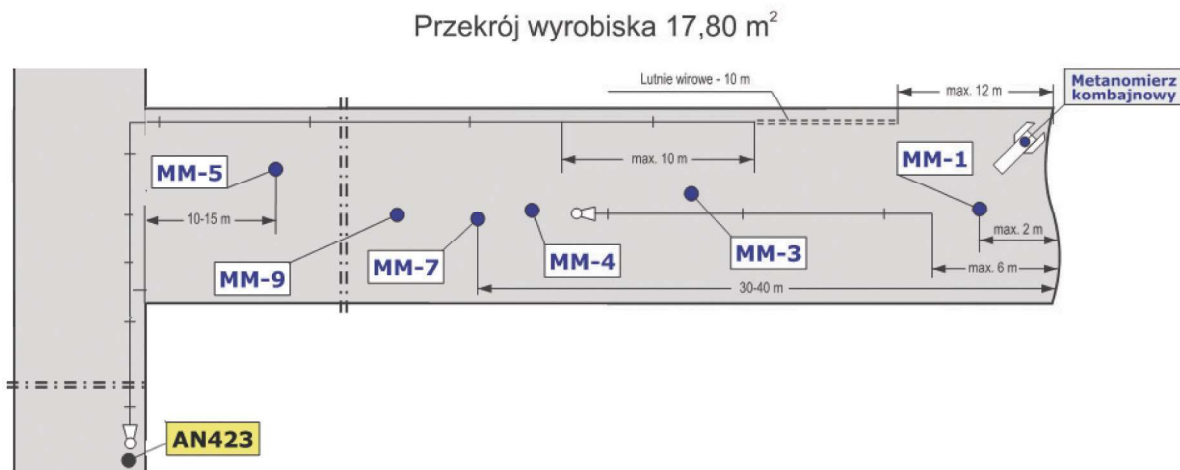
Rys. 7. Rejestracje stężenia metanu w chodniku podścianowym D-4 pokład 412łg w dniu 10.04.2017
Fig. 7. Registrations of methane concentration in the main gate D-4, seam no. 412łg on 10 April 2017

Tabela 4. Maksymalne stężenia metanu zarejestrowane w chodniku podścianowym D-4 w dniu 10.04.2017
Table 4. Maximum methane concentrations registered in the main gate D-4 on 10 April 2017

Okres przekroczenia	Lokalizacja czujnika	Maksymalne stężenie CH ₄ [%]
23:16 – 01:23	MM-44 przodek	38,0
23:16 – 23:24	MM-45 strefa zazębiania	26,0
23:16 – 23:57	MM-46 wylot z odpylacza	18,0
23:16 – 23:34	MM-47 30-40 m od czoła przodka	16,0
23:28 – 23:38	MM-53 max. do 5,0 m przed trafo	2,0
23:38 – 00:12	MM-48 10-15 m przed skrzyżowaniem z pochylnią D-2	1,6



Rys. 8. Schemat drążonego chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1
Fig. 8. Scheme of the tail gate B-3, seam no. 407/1 at the development phase



Rys. 9. Lokalizacja czujników i urządzeń w drążonym chodniku nadścianowym B-3 w pokładzie 407/1
Fig. 9. Location of sensors and devices in the tail gate B-3, seam no. 407/1 at the development phase

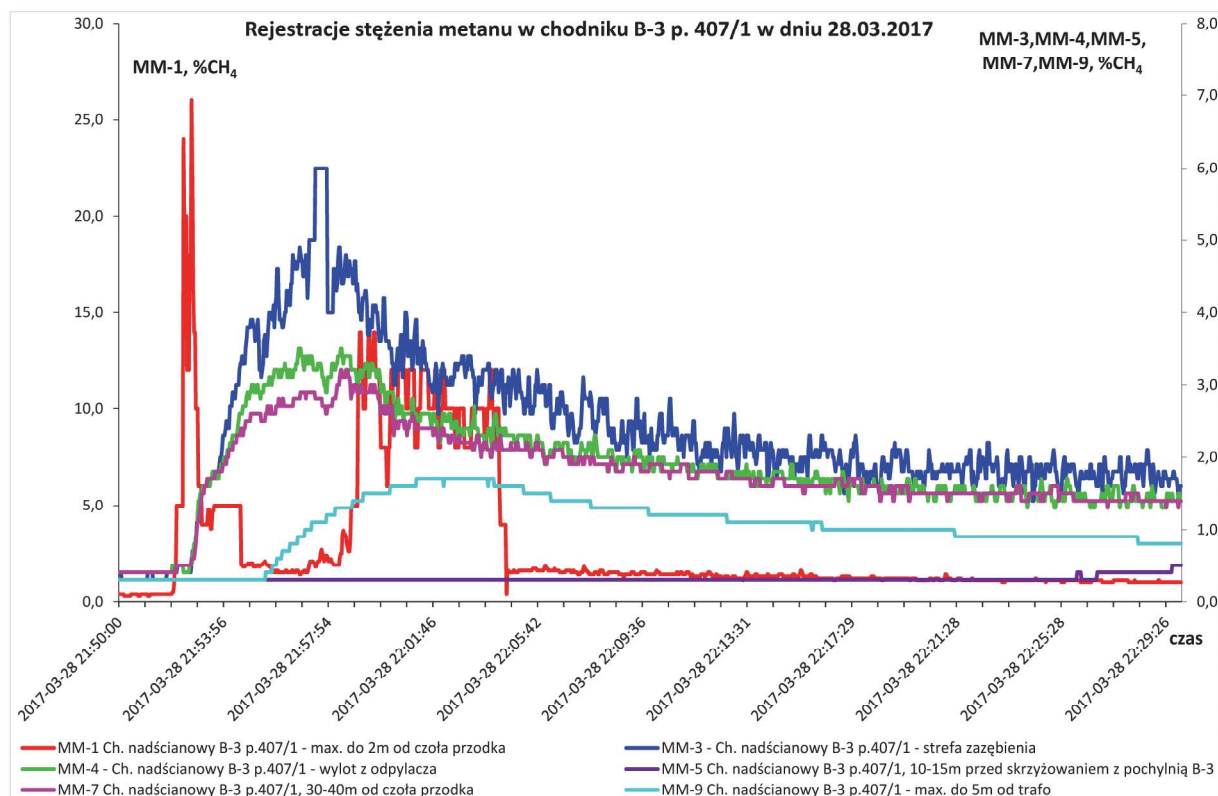
dzono metanonośność $6,309 \text{ m}^3/\text{Mg}_{\text{csw}}$, a wskaźnik części lotnych $V^{\text{daf}} 22,41\%$, natomiast przy długości wyrobiska 1290 m stwierdzono metanonośność $6,055 \text{ m}^3/\text{Mg}_{\text{csw}}$, a wskaźnik części lotnych wynosił $V^{\text{daf}} 25,05\%$.

W dniu 28.03.2017 r. około godz. 21⁵⁰ w kopalni „Borynia - Zofiówka - Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” doszło do odprężenia w czole drążonego przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1, co spowodowało gwałtowny dopływ metanu do chodnika, w wyniku którego czujniki systemu metanometrii (rys. 9) zarejestrowały przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu w rejonie tego wyrobiska. Maksymalne stężenie metanu o wartości $26\% \text{ CH}_4$ zarejestrował czujnik

MM-1 (rys. 10), zabudowany w odległości do 2 m od czoła przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1, a oszacowana ilość metanu, która wydzielila się po zdarzeniu w czasie 229. minut wyniosła ok. $514 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$. W wyniku zdarzenia drążony chodnik wypełnił się mieszaniną powietrzno-metanową o stężeniu powyżej wartości dopuszczalnych, a na znacznym odcinku wyrobiska chwilowe stężenie metanu przekroczyło nawet granicę wybuchowości (rys. 10, tabela 5). Ze strefy zagrożenia w chodniku nadścianowym B-3 w pokładzie 407/1 wyprowadzono całą załogę bez konieczności użycia aparatów.

Tabela 5. Maksymalne stężenia metanu zarejestrowane w chodniku nadścianowym B-3 pokład 407/1 w dniu 28.03.2017
Table 5. Maximum methane concentration recorded in the tail gate B-3, seam no. 407/1 on 28 March 2017

Okres przekroczenia	Lokalizacja czujnika	Maksymalne stężenie CH_4 [%]
21:52 - 23:59	MM-1 przodek	26,0
21:52 - 23:41	MM-3 strefa zązębiania	6,0
21:52 - 23:39	MM-4 wylot z odpylacza	3,5
21:54 - 22:09	MM-7 30-40 m od czoła przodka	3,2
21:55 - 01:36	MM-9 do 5 m od trafo	1,7
22:27 - 01:59	MM-5 10-15 m przed skrzyżowaniem z pochylnią B-3	1,0



Rys. 10. Rejestracje stężenia metanu w chodniku nadścianowym B-3 pokład 407/1 w dniu 28.03.2017

Fig. 10. Registrations of the methane concentration recorded in the tail gate B-3, seam no. 407/1 on 28 March 2017

Po zdarzeniu w trakcie oględzin stwierdzono, że czoło przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1 zasypane było luźnym materiałem węglowym, który obsypał się z nad prawego naroża czoła przodka, ociosu i stropu na odcinku 4-5 odrzwi obudowy. Pryzma urobku zalegała na długości około 2,0 m. W stopie stwierdzono wyrwę, której wymiarów nie można było określić ze względu na obsypujący się ocios i strop czoła przodka. Jednocześnie nie stwierdzono kawerny mogącej świadczyć o wyrzucie metanu i skał.

Zdarzenie w dniu 31.03.2017 r.

W okresie tygodnia poprzedzającego zdarzenie, zgodnie z przyjętą w kopalni profilaktyką zwalczania zagrożenia wyrzutowego, wyznaczano parametry wyrzutowe (Protokoły, 2016-2017), stwierdzając, że intensywność desorpcji w ostatnich dniach przed zdarzeniem wzrosła od 0,8 do 1,3 kPa, wychód zwiercin był w poziomi 3,4÷3,6 m³/m, a wskaźnik zwięzłości węgla wahał się w granicach 0,34÷0,36.

W dniu 31.03.2017 r. około godz. 12¹³ w kopalni „Borynia - Zofiówka - Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” doszło do obsypania czoła drążonego przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1, co spowodowało gwałtowny dopływ metanu do chodnika, w wyniku którego czujniki systemu metanometrii zarejestrowały przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu w rejonie tego wyrobiska. Maksymalne stężenie metanu o wartości 48% CH₄ zarejestrował czujnik MM-1 (rys. 11), zabudowany w odległości do 2 m od czoła przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1, a oszacowana ilość metanu, która wydzielila się po zdarzeniu w czasie 461 minut wyniosła ok. 860 m³CH₄. W wyniku zdarzenia drążony chodnik wypełnił się mieszaniną powietrzno-metanową o stężeniu powyżej wartości dopuszczalnych, a na znacznym odcinku wyrobiska chwilowe stężenie metanu przekroczyło nawet granicę wybuchowości (rys. 11, tabela 6).

Ze strefy zagrożenia w chodniku nadścianowym B-3 w pokładzie 407/1 wyprowadzono całą załogę (13 osób) bez konieczności użycia aparatów.

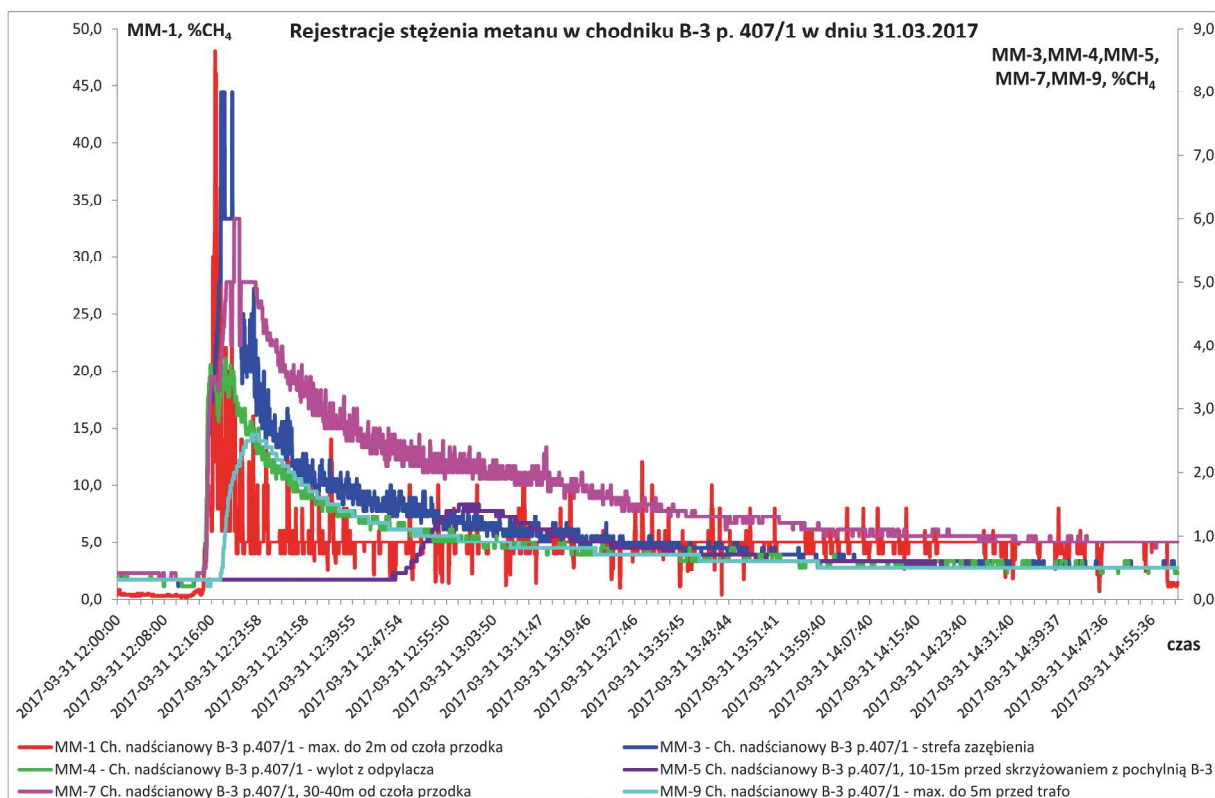
W trakcie oględzin stwierdzono, że czoło przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1 zasypane było luźnym materiałem węglowym, który obsypał się z nad prawego naroża czoła przodka, ociosu i stropu na odcinku 4-5 odrzwi obudowy. Pryzma urobku zalegała na długości około 3,0 m. W stopie stwierdzono wyrwę, której wymiarów nie można określić ze względu na obsypujący się ocios i strop czoła przodka. Jednocześnie nie stwierdzono kawerny mogącej świadczyć o wyrzucie metanu i skał.

Zdarzenie w dniu 29.06.2017 r.

W miesiącu czerwcu poprzedzającym zdarzenie, zgodnie z przyjętą w kopalni profilaktyką zwalczania zagrożenia wyrzutowego, wyznaczano parametry wyrzutowe (Protokoły, 2016-2017) stwierdzając, że intensywność desorpcji nie wskazywała jednoznacznych tendencji zmian i wahała się w granicach 0,92÷1,76 kPa, wychód zwiercin 3,5÷3,7 dm³/m, natomiast wskaźnik zwięzłości węgla 0,32÷0,37.

W obserwacjach prowadzonych w miesiącach maju i czerwcu, przy długości wyrobiska 1302 m stwierdzono metanonośność 2,746 m³/Mg_{csw}, a wskaźnik części lotnych V^{daf} 22,25%, natomiast przy długości wyrobiska 1391 m (po zmianie kierunku; 1352 m) stwierdzono metanonośność 4,526 m³/Mg_{csw}, a wskaźnik części lotnych V^{daf} wyniósł 29,09%.

W dniu 29.06.2017 r. około godziny 11²⁰ w kopalni „Borynia - Zofiówka - Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” doszło do odprężenia górotworu w czole przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1, co spowodowało gwałtowny dopływ metanu do chodnika, w wyniku którego czujniki systemu metanometrii zarejestrowały przekroczenia dopuszczal-



Rys. 11. Rejestracje stężenia metanu w chodniku nadścianowym B-3 p. 407/1 w dniu 31.03.2017

Fig. 11. Registrations of methane concentration recorded in the tail gate B-3, seam no. 407/1 on 31 March 2017

Tabela 6. Maksymalne stężenia metanu zarejestrowane w chodniku nadścianowym B-3 pokład 407/1 w dniu 31.03.2017

Table 6. Maximum methane concentrations recorded in the tail gate B-3, seam no. 407/1 on 31 March 2017

Okres przekroczenia	Lokalizacja czujnika	Maksymalne stężenie CH ₄ [%]
12:14 - 16:23	MM-1 przodek	48,0
12:15- 13:25	MM-3 strefa zażębiania	8,0
12:15- 13:02	MM-4 wylot z odpylacza	3,8
12:15 - 13:14	MM-7 30-40 m od czoła przodka	6,0
12:18 - 12:40	MM-9 do 5 m od trafo	2,6
12:47 - 13:33	MM-5 10-15 m przed skrzyżowaniem z pochylnią B-3	1,5

nego stężenia metanu w rejonie tego wyrobiska. Maksymalne stężenie metanu o wartości 70% CH₄ zarejestrował czujnik MM-1 (rys. 12), zabudowany w odległości do 2 m od czoła przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1, a oszacowana ilość metanu, która wydzielila się po zdarzeniu w czasie 240 minut wyniosła ok. 1270 m³CH₄. Podczas zdarzenia nie odnotowano wstrząsu w rejonie przodka. W wyniku zdarzenia drażony chodnik wypełnił się mieszaniną powietrzno-metanową o stężeniu powyżej wartości dopuszczalnych, a na znacznym odcinku wyrobiska stężenia metanu przekraczało granicę wybuchowości (rys. 12, tabela 7). W trakcie zdarzenia w przodku chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1 nie było zatrudnionej załogi. Pracownicy przodka po zakończonej zmianie opuścili ślepe wyrobisko. W związku z zaistniałym zdarzeniem dyspozytor kopalni zatrzymał postępowanie wyrobiska, a przed wejściem do wyrobiska z wentylacją odrębną, ustawiono posterunek zabezpieczający.

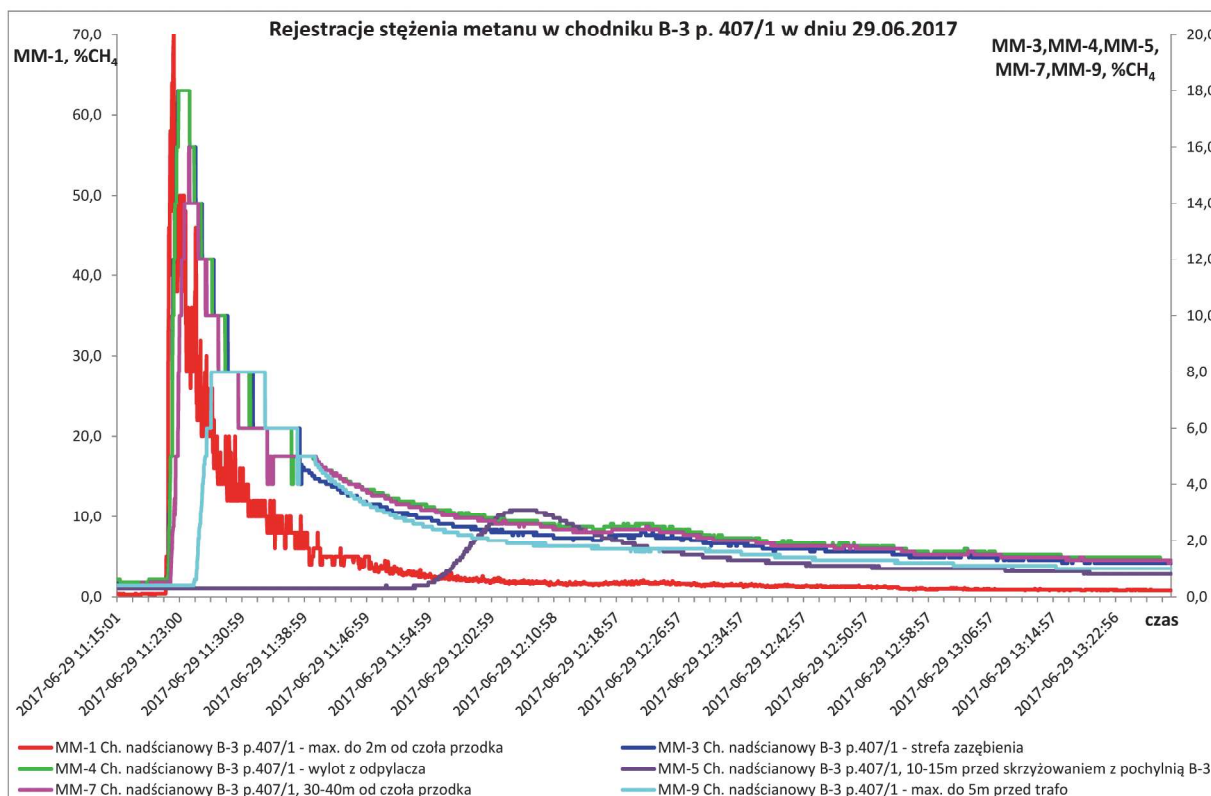
W trakcie oględzin stwierdzono, że czoło przodka chodnika nadścianowego B-3 w pokładzie 407/1 zasypane było luźnym materiałem węglowym, który obsypał się znad czoła przodka. Pryzma urobku zalega na długości około 3,5 m i dochodziła do ostatnich zabudowanych odrzwi. Jednocześnie

nie stwierdzono kawerny mogącej świadczyć o wyrzucie metanu i skał.

4. Możliwości zwiększenia bezpieczeństwa załóg w aspekcie zagrożenia wyrzutami węgla i metanu

Praktyka i doświadczenia w krajowym i światowym górnictwie pokazują, że pomimo coraz bardziej rozwiniętych metod profilaktyki i zwalczania zagrożeń wyrzutowych, eksploatacji pokładów skłonnych do wyrzutów towarzyszą zjawiska gazogeodynamiczne z gwałtownym dopływem metanu do wyrobisk, w których znajdują się ludzie. Wprawdzie w czasie ostatnich zdarzeń zaistniałych w Ruchu „Zofiówka” udało się wyprawić ze stref zagrożenia górników bez konieczności użycia aparatów, to jednak pomimo niewielkiej skali zaistniałych zdarzeń chwilowe stężenia metanu osiągnęły lokalnie 70%CH₄, a w odległych wyrobiskach, w tym na wlocie do ściany D-2 (w dniu 20.12.2016 roku) stężenie metanu osiągnęło 1,8%CH₄, przekraczając dopuszczalne 1,0%CH₄.

Obserwacje te potwierdzają, że w przypadku takich zjawisk gazogeodynamicznych z gwałtownym dopływem metanu do wyrobisk, istnieje konieczność wczesnego wykrycia zjawiska,



Rys. 12. Rejestracje stężenia metanu w chodniku nadścianowym B-3 pokład 407/1 w dniu 29.06.2017
Fig. 12. Registrations of methane concentration recorded in the tail gate B-3, seam no. 407/1 on 29 June 2017

Tabela 7. Maksymalne stężenia metanu zarejestrowane w chodniku nadścianowym B-3 pokład 407/1 w dniu 29.06.2017
Table 7. Maximum methane concentration recorded in the tail gate B-3, seam no. 407/1 on 29 June 2017

Okres przekroczenia	Lokalizacja czujnika	Maksymalne stężenie CH ₄ [%]
11:21 - 13:14	MM-1 przodek	70,0
11:21 - 14:28	MM-3 strefa zażębiania	18,0
11:21 - 14:28	MM-4 wylot z odpylacza	18,0
11:22 - 12:38	MM-7 30-40 m od czoła przodka	16,0
11:25 - 12:44	MM-9 max. do 5 m przed trafo	8,0
11:59 - 12:33	MM-5 10-15 m przed skrzyżowaniem z pochylnią B-3	3,1

jeśli już się zdarzyło oraz uruchomienie zabezpieczeń przez wyłączenie energii elektrycznej. Konieczne jest również szybkie zasygnalizowanie załodze zatrudnionej w strefie szczególnego zagrożenia wyrzutami gazów i skał oraz na drogach powietrza odprowadzane do szybu wydychowego. Zadziałanie sygnalizacji może ograniczyć skutki wyrzutu i usprawnić akcję ratunkową. Taką potrzebę potwierdziły również obserwacje zjawisk zachodzących w momencie i bezpośrednio po wyrzucie metanu i skał (Pniówek 2002, Zofiówka 2005), pokazując, że wyrzutem oprócz uwolnienia gazu i działania mas powyrzutowych towarzyszą zjawiska dynamiczne, z których najważniejsze to:

- gwałtowny wzrost stężenia metanu,
- przemieszczająca się fala ciśnienia powietrza,
- efekty akustyczne,
- duża prędkość przepływu powietrza,
- rozprzestrzenianie się „korka metanowego” o znacznych stężeniach, tworzące wzdłuż dróg wentylacyjnych atmosferę wybuchową lub niezdatną do oddychania.

Uznano, że powyższe zjawiska mogą być zatem wykorzystane do wykrywania wyrzutów gazów (metanu) i skał, ale również zjawisk gazogeodynamicznych z gwałtownym dopływem metanu. Trzy pierwsze zjawiska zostały wyko-

rzystane w założeniach opracowanego oraz wykonanego, w projekcie badawczym (Wasilewski 2009), zintegrowanego czujnika wykrywania wyrzutu typu CW-1. Badania modelowe czujnika potwierdziły poprawność przyjętych rozwiązań, a badania poligonowe pokazały skuteczność jego działania na gwałtowne zmiany parametrów w czasie symulowanych wybuchów w KD Barbara (Wasilewski, 2009). Badania prototypu czujnika prowadzone w kopalni „Zofiówka” w latach 2009-2010 również potwierdziły jego poprawną pracę w warunkach ruchowych.

Zasięg oraz dynamika zjawisk towarzyszących wyrzutom wymagają szybkiej reakcji systemu na powstające zagrożenie wybuchu metanu oraz pojawiające się zagrożenie powstania atmosfery niezdanej do oddychania na drogach propagacji gazów powyrzutowych, co może mieć istotny wpływ na ograniczenia skutków wyrzutu oraz życie i zdrowie górników. Dlatego przy tych zagrożeniach wydaje się niezbędne zastosowanie rozwiązań systemowych umożliwiających zarówno wyprzedzające wyłączenia energii elektrycznej, jak i rozgłaszanie komunikatów dla bezpiecznego wyprowadzenia załogi ze stref zagrożonych (Wasilewski, 2009). Takie możliwości dają obecnie stosowane w kopalniach węgla systemy gazometrii automatycznej.

5. Podsumowanie

Drażenie wyrobisk na coraz większych głębokościach oraz w nowo udostępnianych partiach złoża często jest prowadzone w warunkach wysokiego stanu zagrożenia metanowego i wyrzutowego. Pokłady eksploatowane w Ruchu „Zofiówka” charakteryzują się dużą metanowością, zarówno wyrobisk udostępniających i przygotowawczych, jak i wyrobisk wybierkowych oraz są skłonne do występowania zjawisk gazogeodynamicznych oraz wyrzutów metanu i skał, którym towarzyszą gwałtowne wypływy metanu.

Przyjęta w kopalni profilaktyka podczas drażenia wyrobisk w pokładach zagrożonych wyrzutami gazów (metanu) i skał, chociaż zwiększa bezpieczeństwo prowadzenia robót, to jednak nie eliminuje całkowicie występowania zjawisk gazogeodynamicznych i towarzyszących im zagrożeń.

Zaistniałe w ostatnich latach w Ruchu „Zofiówka” wypływy metanu w wyniku zjawisk gazogeodynamicznych, stanowiły zagrożenie dla załóg zatrudnionych w wyrobiskach dołowych kopalni podczas prowadzenia robót. Zdarzenia te pokazały, że stany nieustalone parametrów powietrza w czasie tych zjawisk, podobnie jak w przypadku wyrzutów gazów (metanu) i skał, mają bardzo gwałtowny przebieg.

Stężenia metanu w momencie i po gwałtownym dopływie metanu oraz po wyrzucie metanu, w szczególności w pobliżu miejsca zdarzenia, stanowią zagrożenie dla załóg górniczych, znacznie przekraczając wartości dopuszczalne, a nawet wybuchowe i tworząc okresowo atmosferę niezdarną do oddychania.

Dla poprawy bezpieczeństwa załóg zatrudnionych w czasie drażenia wyrobisk udostępniających i przygotowawczych

w pokładach zagrożonych wyrzutami gazów i skał możliwe jest zastosowanie czujnika wykrywania wyrzutu oraz rozwiązań systemowych umożliwiających zarówno wyprzedzające wyłączenia energii elektrycznej, jak i rozgłaszanie komunikatów dla bezpiecznego wyprowadzenia załogi ze stref zagrożonych.

Literatura

- JAKUBÓWA A., TOR A., TOBICZYK ST. 2003 - Wyrzut metanu i skał w drażonej lunecie rurowej do szybu II na poziomie 1000 m w KWK Pniówek – okoliczności, przyczyny i skutki. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Wyd. CPPGSMiE PAN. Wykłady, nr 25. Kraków.
- TOR A., JAKUBÓW A. 2006 - Wyrzuty metanu i skał w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Materiały 4. Szkoły Aerologii Górniczej, Kraków, s. 159-175.
- WASILEWSKI S. 2005 - Stany nieustalone parametrów powietrza wywołane katastrofami oraz zaburzeniami w sieci wentylacyjnej kopalni. Rozprawy i Monografie. Centrum EMAG. Katowice.
- WASILEWSKI S. 2009 - Nowoczesne metody zwiększenia bezpieczeństwa załóg w aspekcie zagrożenia wyrzutami węgla i metanu w kopalniach eksploatujących węgiel kamienny. Raport projektu badawczo-rozwojowego N R09 0004 04, Kraków.
- ZMARZŁY M. 2017 - Rygory prowadzenia robót przygotowawczych w warunkach zagrożenia wyrzutami metanu i skał w Ruchu „Zofiówka”. Materiały 9. Szkoły Aerologii Górniczej, Białka Tatrzańska, s. 341-359.
- Protokoły** Kopalnianego Zespołu ds. Zwalczania Zagrożenia Metanowego oraz Wyrzutami Metanu i Skał, JSW S.A. KWK „Borynia - Zofiówka - Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” 2016-2017.

Artykuł wpłynął do redakcji, maj 2018

Artykuł akceptowano do druku 21.08.2018



THIELE

Fabryka Łańcuchów Przenośnikowych
i Technicznych Kuźnia Matrycowa

- Łańcuchy ogniowe górnicze i ogniwa złączne
- Łańcuchy zawiesiowe i uchwyty transportowe
- Łańcuchy ogniowe nawęglane, kute i płytkowe



THIELE GmbH & Co. KG
Tel.: +49 2371-947 0



Werkstr. 3
Fax: +49 2371-947 295



58640 Iserlohn
info@thiele.de



Germany
www.thiele.de