



Halina POTOCZEK\*, Piotr BOJARSKI\*, Leszek KLOC\*\*

## **Zagrożenie metanowe oraz studium kosztów profilaktyki metanowej w latach 2012–2015 na przykładzie wybranych kopalń**

Streszczenie: Metan towarzyszy większości złóż węgla. Zagrożenie metanowe to występowanie nadmiernych zawartości tego gazu w wyrobiskach górniczych. Stanowi to źródło poważnego zagrożenia bezpieczeństwa i ciągłości ruchu kopalni. Mieszanka powietrza z metanem, w zależności od jego stężenia, ma właściwości palne lub wybuchowe. W Polskiej Grupie Górniczej sp. z o.o. tylko KWK Piast-Ziemowit jest kopalnią niemetanową. W 2015 roku z pokładów metanowych pochodziło 66,4% węgla wydobytego w kopalniach byłej Kompanii Węglowej S.A. Najbardziej skuteczną, ale i bardzo kosztowną metodą obniżenia zagrożenia metanowego jest odmetanowanie górotworu. Koszty ponoszone na profilaktykę i zwalczanie zagrożenia metanowego obciążają koszty wydobycia węgla. Dlatego też wydajność odmetanowania w kopalniach Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. dostosowana jest do skali zagrożenia metanowego. W artykule przedstawiono analizę kosztów profilaktyki metanowej dla kopalń o różnej metanowości bezwzględnej.

Słowa kluczowe: metan, zagrożenie metanowe, koszty profilaktyki metanowej

## **Methane hazard and a study of its prevention costs in 2012–2015 on the example of selected mines**

Abstract: Methane is accompanied by most of the coal deposits. The methane hazard is excessive content of this gas in the mining excavations. This is a source of high risk security and continuity of the mine. The Piast-Ziemowit is the only non-methane mine in the Polish Mining Group. In 2015, 66.4% of the coal mined in Kompania Węglowa S.A. mines comes from methane coal seams. Methane drainage is the most effective but very costly method of combating methane hazard. The costs of prevention and eradication of methane hazard is charged to the costs of coal mining. Therefore, performance of methane drainage in the mines of the Polish Mining Group is adapted to the scale of the methane hazard. The article presents an analysis of the costs of prevention of methane hazard for mines with different absolute methane and its impact on the level of these costs.

Keywords: methane, methane hazard, the costs of prevention of methane

\* Mgr inż., \*\* Dr inż., Polska Grupa Górnicza sp. z o.o., Katowice; e-mail: h.potoczek@pgg.pl

## 1. Zagrożenie metanowe

Eksploatacji węgla towarzyszy występowanie licznych zagrożeń naturalnych – zagrożeń wynikających z właściwości górotworu i eksploatowanej kopaliny. Schodzenie z eksploatacją na coraz większe głębokości powoduje, że robotom górniczym towarzyszą zagrożenia naturalne: metanowe, wybuchem pyłu węglowego, tąpnięciami, pożarowe czy klimatyczne. Zagrożenia te powodują, że praca w górnictwie jest niebezpieczna. O skali zagrożenia świadczą katastrofy, które wystąpiły w górnictwie polskim i światowym.

Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji rośnie zawartość metanu w pokładach węgla, czyli tzw. metanonośność. Profilaktyka metanowa musi być prowadzona w coraz szerszym zakresie. Metan, węglowodór nasycony z grupy parafin, towarzyszy większości złóż węgla. Pod pojęciem zagrożenia metanowego rozumie się występowanie nadmiernych zawartości tego gazu w wyrobiskach górniczych, co stanowi źródło zagrożenia bezpieczeństwa załogi górniczej, a także ciągłości ruchu kopalni (Wacławik 2010). Metan nie jest trujący dla człowieka, ale przy dużych stężeniach w powietrzu kopalnianym, wypierając tlen powoduje powstawanie „atmosfery niezdanej do oddychania”. Mieszanina powietrza z metanem w zależności od jego stężenia ma właściwości palne lub wybuchowe.

### 1.1. Zagrożenie metanowe w kopalniach Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o.

Polska Grupa Górnicza sp. z o.o. powstała w maju 2016 roku. Grupuje kopalnie byłej Kompanii Węglowej S.A. W lipcu 2016 r. z 11 kopalń przejętych z Kompanii Węglowej S.A. utworzono kopalnie zespolone. Aktualnie Polska Grupa Górnicza sp. z o.o. posiada w swoich strukturach pięć kopalń, w tym trzy wieloruchowe:

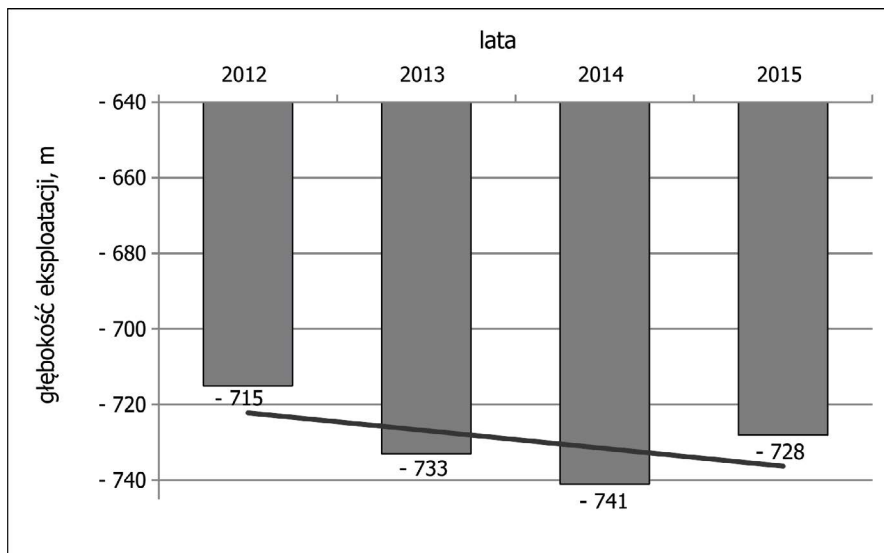
- KWK ROW – Ruch Chwałowice, Ruch Jankowice, Ruch Marcel, Ruch Rydułtowy,
- KWK Ruda – Ruch Bielszowice, Ruch Halemba, Ruch Pokój,
- KWK Piast-Ziemowit – Ruch Piast, Ruch Ziemowit,
- KWK Sośnica,
- KWK Bolesław Śmiały.

Prace górnicze prowadzone są na coraz większych głębokościach. W latach 2012–2015 średnia ważona głębokość eksploatacji w kopalniach byłej Kompanii Węglowej S.A. wzrosła z 715 do nawet 741 m w 2014 r. (rys. 1).

Eksploatacja węgla prowadzona jest w pokładach metanowych i niemietanowych. Tylko KWK Piast-Ziemowit (Ruch Piast i Ruch Ziemowit), prowadząca eksploatację w części wschodniej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, jest kopalnią niemietanową. Pozostałe kopalnie eksploatują pokłady zaliczone od I do IV kategorii zagrożenia metanowego.

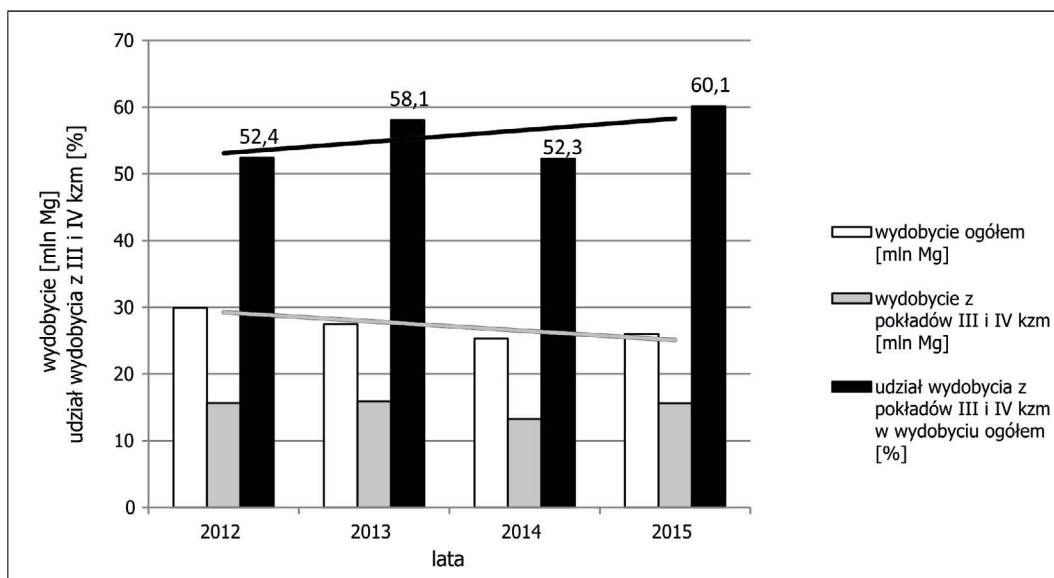
W latach 2012–2015 sumaryczne wydobycie węgla obecnych kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. zmniejszyło się z 30 mln Mg do 26 mln Mg, przy czym udział wydobycia z pokładów zaliczonych do najwyższych – III i IV kategorii zagrożenia metanowego (kzm) – wzrósł z 52,4% w 2012 roku do 60,1% w roku 2015 (rys. 2).

Zagrożenie metanowe jest zróżnicowane wśród kopalń/ruchów Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. Średnia ilość metanu wydzielona w procesie eksploatacji węgla w jednostce czasu,



Rys. 1. Średnia ważona głębokość eksploatacji w latach 2012–2015

Fig. 1. Weighted average depth of operation from 2012–2015



Rys. 2. Wydobywanie węgla ogółem oraz z pokładów zaliczonych do III i IV kzm kopalń aktualnie zgrupowanych w Polskiej Grupie Górniczej sp. z o.o.

Fig. 2. Coal mining in general and from the decks classified as category III and IV of methane hazard in the mines of the Polish Mining Group

czyli metanowość bezwzględna obecnych kopalń/ruchów w latach 2012–2015 zawiera się w przedziale od 0,0 do 80,12 m<sup>3</sup>/min. (tab. 1).

TABELA 1. Średnioroczna metanowość bezwzględna kopalń w latach 2012–2015

TABLE 1. The average annual methane absolute in the mines from 2012–2015

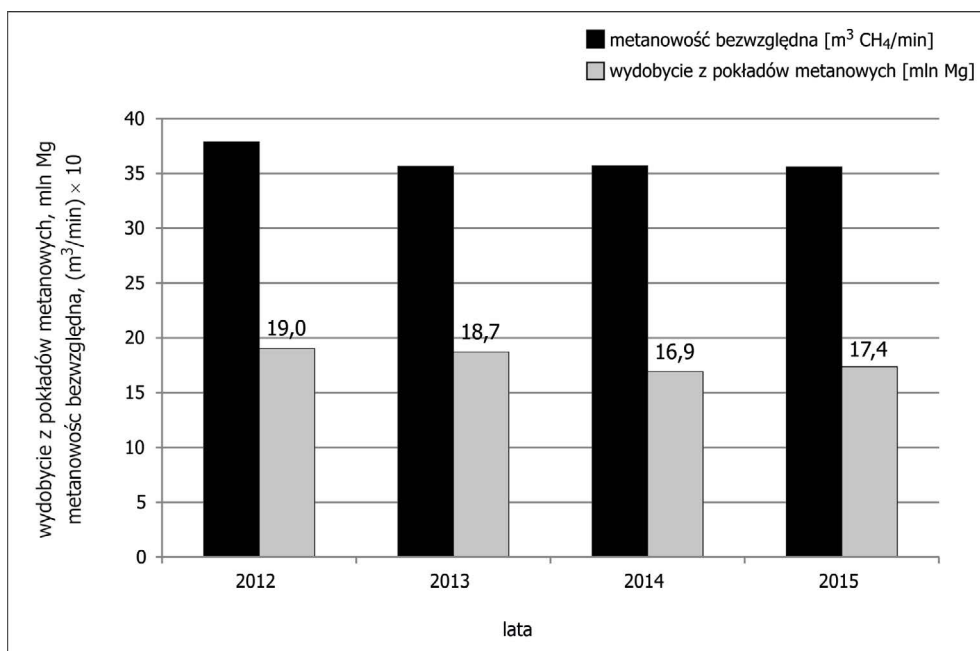
Lp.	Kopalnia	2012	2013	2014	2015
		[m <sup>3</sup> /min]	[m <sup>3</sup> /min]	[m <sup>3</sup> /min]	[m <sup>3</sup> /min]
1.	Grupa A	68,24	80,12	70,61	68,17
2.		72,62	77,63	74,49	65,39
3.		63,59	61,61	50,84	49,09
4.		61,08	35,74	48,56	62,49
5.	Grupa B	47,03	45,40	42,75	44,55
6.		29,20	28,54	32,11	23,96
7.		26,77	21,42	29,68	34,11
8.	Grupa C	8,90	4,68	4,60	4,59
9.		1,37	1,03	3,28	3,51
10.	Grupa D	0,00	0,00	0,00	0,00
11.		0,00	0,00	0,00	0,00
Suma [m <sup>3</sup> /min]		378,80	356,17	356,92	355,86
Ilość uwolnionego metanu [mln m <sup>3</sup> ]		199,64	187,20	187,60	187,04

W zależności od poziomu metanowości bezwzględnej w latach 2012–2015 kopalnie/ruchy przyporządkowano do czterech grup:

- Grupa A – metanowość bezwzględna osiąga wartości z przedziału 60–80,12 m<sup>3</sup>/min,
- Grupa B – metanowość bezwzględna osiąga wartości z przedziału 20–50 m<sup>3</sup>/min,
- Grupa C – metanowość bezwzględna osiąga wartości z przedziału 1–10 m<sup>3</sup>/min,
- Grupa D – metanowość bezwzględna wynosi 0,00 m<sup>3</sup>/min.

Sumaryczna metanowość bezwzględna obecnych kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. w ostatnich latach zmniejszyła się z 378,80 m<sup>3</sup>/min w 2012 roku do 355,86 m<sup>3</sup>/min w roku 2015. Ilość metanu, która została uwolniona eksploatacją górnictwem w kopalniach w 2012 roku wyniosła prawie 200 mln m<sup>3</sup>, a w latach 2013–2015 uwolniło się po około 187 mln m<sup>3</sup> tego gazu.

Zmniejszyło się wydobycie węgla z pokładów metanowych (zaliczonych do I, II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego) z 19,0 mln Mg w 2012 roku do 16,9 mln Mg w roku 2014 (rys. 3), przy zwiększonym udziale wydobycia z pokładów zaliczonych do III i IV kategorii zagrożenia metanowego z 52,4% w 2012 roku do 60,1% w roku 2015.



Rys. 3. Wydobycie węgla z pokładów metanowych i metanowość bezwzględna kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. w latach 2012–2015

Fig. 3. Mining coal seams methane and absolute methane in the mines of Polish Mining Group in 2012–2015

## 2. Konieczność prowadzenia profilaktyki metanowej

Zgodnie z określeniem ujętym w słowniku języka polskiego „profilaktyka – to działania zapobiegawcze mające na celu niedopuszczenie do wypadków, uszkodzeń, katastrof itp. niekorzystnych zjawisk” (Skorupko i in. red. 1969).

Dla zapewnienia bezpieczeństwa załozde, przy prowadzeniu robót górniczych w kopalniach metanowych, należy stosować odpowiednią profilaktykę. Wykonanie wyrobiska górniczego zaburza równowagę ciśnienia gazów w złożu. Z górotworu do wyrobiska wypływa metan wolny, występujący w porach i szczelinach calizny, oraz metan uwolniony z węgla w procesie desorpcji. Zakres profilaktyki metanowej to długofalowe oraz doraźne przedsięwzięcia technologiczne i techniczne (Kabiesz 2013). Profilaktyka ta rozpoczyna się już na etapie projektowania robót górniczych i trwa do czasu likwidacji rejonu. Zakres jej obejmuje (Uszko i in. 2014):

- a) analizę i ocenę poziomu zagrożenia metanowego na etapie projektowania robót górniczych w danym pokładzie – rozcinę i gabaryty wyrobisk górniczych dostosowane do wielkości tego zagrożenia,

- b) wykonywanie w trakcie drążenia wyrobisk korytarzowych badań metanonośności i w razie potrzeby opracowanie prognozy metanowości bezwzględnej – prognozy metanowości bezwzględnej wyrobisk wykorzystywane są dla obliczenia potrzebnej ilości powietrza i dla ustalenia niezbędnych środków profilaktyki metanowej,
- c) projektowanie rozplywów powietrza w kopalni i doprowadzenie do rejonów wymaganej ilości powietrza,
- d) stosowanie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych,
- e) wykonywanie projektów odmetanowania, budowę sieci rurociągów i prowadzenie odmetanowania górotworu,
- f) monitoring parametrów wentylacyjnych i dostosowanie środków do zwalczania zagrożenia metanowego do zmieniających się w trakcie robót górniczych warunków,
- g) stosowanie metanometrii automatycznej (przede wszystkim z wykorzystaniem czujników o pomiarze ciągłym),
- h) wykonanie projektu likwidacji nieczynnych wyrobisk górniczych.

Realizacja tych działań, niezbędnych ze względu na bezpieczeństwo pracy, generuje znaczne koszty. Obciążają one tonę wydobywanego węgla. Przyczyna ponoszonych kosztów to przede wszystkim warunki geologiczno-górnice, które mają istotny wpływ na występujące zagrożenia naturalne, w tym zagrożenie metanowe oraz coraz większa głębokość eksploatacji. Dla prawidłowego określenia stanu zagrożenia metanowego niezbędne jest wykonanie badań zawartości metanu w złożu, które są podstawą do zaliczenia pokładów do odpowiedniej kategorii zagrożenia metanowego oraz ustalenia niezbędnych rygorów bezpiecznego prowadzenia robót w warunkach zaistniałego zagrożenia metanowego, w tym ustalenia wielkości wydobywania. Czynniki górniczo-techniczne mające wpływ na działania związane z profilaktyką metanową, to m.in. kierunek prowadzenia eksploatacji (od pola lub do pola), wybrany system eksploatacji i sposób kierowania stropem czy zastosowany system przewietrzania. Od stanu zagrożenia metanowego zależy wybór metody jego zwalczania, co przekłada się na poziom ponoszonych kosztów. Gdy metody wentylacyjne są niewystarczające, wybierany jest system odmetanowania, najkorzystniejszy dla danych warunków górniczo-geologicznych. Stosowane są odpowiednie systemy zabezpieczeń metanometrycznych, umożliwiające pomiar i rejestrację zawartości metanu oraz wyłączenie urządzeń elektrycznych.

W kopalniach Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. w celu likwidacji zagrożenia metanowego stosowane są metody:

- wentylacyjne – metan uwalniany do wyrobiska, rozrzedzany jest do bezpiecznych stężeń w powietrzu przewietrzającym te wyrobiska, na wylotach ze ścian stosowane są często pomocnicze urządzenia wentylacyjne,
- odmetanowanie górotworu.

Wybór metody likwidacji zagrożenia uwarunkowany jest wynikami prognozy zagrożenia metanowego wykonanej przez rzeczoznawcę ds. ruchu zakładu górniczego.

Konieczność prowadzenia profilaktyki metanowej, jej zakres i uwarunkowania usankcjonowane są obowiązującymi przepisami górnymi. Ujęte są w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych.

### *2.1. Wykonywanie badań na zawartość metanu w złożu, skał na iskrzenie zapalające metan i skłonności skał do wyrzutów, opracowanie prognoz metanowości, opinie i ekspertyzy rzeczoznawców, analizy laboratoryjne składu powietrza kopalnianego, stosowanie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych*

Konieczność wykonywania badań metanonośności i analiz laboratoryjnych powietrza kopalnianego dla celów profilaktyki metanowej wynika z §§ 244, 245, 249 i 250 Rozporządzenia MG z dnia 28 czerwca 2002 r. ([Rozporządzenie... 2002](#)).

Konieczność i uwarunkowania opracowywania prognoz metanowości bezwzględnej wyrobisk ujęto w §§ 252, 253, 254 i 255 wymienionego Rozporządzenia MG ([Rozporządzenie... 2002](#)).

Warunki stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych dla uintensywnienia przewietrzania i przeciwdziałania tworzeniu się nagromadzeń metanu w rejonach skrzyżowania ścian z chodnikami przyścianowymi określono w Załączniku nr 5 wspomnianego Rozporządzenia MG.

### *2.2. Monitoring z wykorzystaniem urządzeń przenośnych i metanometrii automatycznej*

Warunki dotyczące kontroli zawartości metanu w powietrzu wykonywane urządzeniami metanometrii automatycznej i metanomierzami przenośnymi ujęto w §§ 262 i 263 Rozporządzenia MG ([Rozporządzenie... 2002](#)).

### *2.3. Odmetanowanie górotworu*

Zgodnie z § 293 Rozporządzenia MG ([Rozporządzenie... 2002](#)) w zakładach górniczych eksploatujących pokłady zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego stosuje się odmetanowanie górotworu.

Można nie stosować odmetanowania w pokładach IV kzm w przypadkach uzasadnionych analizą stanu warunków wentylacyjno-metanowych i prognozą metanowości, o ile przestrzegane będą warunki ustalone przez kierownika ruchu zakładu górniczego, gwarantujące bezpieczeństwo pracy i ruchu zakładu górniczego.

Zgodnie z Załącznikiem nr 5 do ww. Rozporządzenia MG przy prowadzeniu ścian zawałowych w pokładach zaliczonych do III stopnia zagrożenia tąpnięciami i do III lub IV kategorii zagrożenia metanowego stosuje się odmetanowanie i odpowiednią regulację sieci wentylacyjnej dla zmniejszenia podwyższonych stężeń metanu w zrobach oraz specjalne metody, mające na celu ograniczenie występowania metanu w rejonie skrzyżowań chodnika wentylacyjnego ze ścianą oraz likwiduje się na bieżąco zbędne wyrobiska korytarzowe dla zapobiegania nagromadzeniu się metanu.

W kopalniach Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. zwalczanie zagrożenia metanowego tylko metodami wentylacyjnymi prowadzone jest w czterech ruchach kopalń. Są to: nie-

metanowa kopalnia Piast-Ziemowit (Ruch Piast i Ruch Ziemowit), KWK Bolesław Śmiały oraz Ruch Pokój KWK Ruda (o maksymalnej metanowości bezwzględnej do 10 m<sup>3</sup>/min).

W pozostałych siedmiu ruchach kopalń, jednocześnie z wentylacyjnymi metodami zwalczania zagrożenia metanowego, w celu utrzymania dopuszczalnych stężeń metanu w wyrobiskach dołowych, prowadzone jest odmetanowanie górotworu.

### 3. Studium kosztów profilaktyki metanowej w latach 2012–2013 na przykładzie wybranych kopalń

Koszty profilaktyki ponoszone przez kopalnie ewidencjonowane są w układzie kalkulacyjnym, stanowiskowym, oddziałowym lub rejonowym. Koszty można analizować według rodzaju (koszty wynagrodzeń, amortyzacji, energii, materiałów, remontów, konserwacji itp.) czy według typu działalności, np. koszty zakupu, remontów, sprzedaży (Widera 2010).

W artykule poddano analizie koszty profilaktyki metanowej poniesione na realizację zadań ujętych w rozdziale 2 w pozycjach od b) do g) dla wybranych kopalń/ruchów Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. o różnym poziomie zagrożenia metanowego (różnej metanowości bezwzględnej).

Koszty te umownie podzielono na trzy bloki obejmujące:

- $K_b$  – badania zawartości metanu w złożu, skał na iskrzenie zapalające metan i skłonności skał do wyrzutów, opracowanie prognoz metanowości, opinie i ekspertyzy rzeczoznawców, analizy laboratoryjne składu powietrza kopalnianego.

W bloku tym uwzględniono także koszty ponoszone na zabudowę i utrzymanie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych. Takie umowne ujęcie nakładów podyktowane zostało tym, że mimo coraz częstszego stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych, takich jak: przegrody wentylacyjne, nawiewy, iniektory czy zasłony z płótna wentylacyjnego, udział tych kosztów w sumarycznych kosztach profilaktyki metanowej nie przekracza 3%. Powodem tego mogą być trudności w kalkulacji kosztów związanych ze stosowaniem pomocniczych urządzeń wentylacyjnych lub też księgowanie ich w innym, nie wentylacyjnym dziale kopalnianych, np. górniczym (Trojnar i in. 2014).

- $K_m$  – monitoring parametrów wentylacyjnych z wykorzystaniem urządzeń przenośnych metanometrii indywidualnej oraz metanometrii automatycznej (centrala, sieć, czujniki, układy wyłączania sieci elektrycznej, obsługa centrali i służby utrzymania sieci). Koszty te obejmują wynagrodzenia pracowników, zużycie energii i materiałów, atesty, legalizację i amortyzację aparatury. Do sumarycznych kosztów  $K$  wliczane są również remonty i konserwacje oraz zakupy inwestycyjne. Cechuje je nieperiodyczny charakter.
- $K_o$  – odmetanowania górotworu, w tym:
  - utrzymanie stacji odmetanowania,
  - budowa (montaż i demontaż) oraz utrzymanie sieci rurociągów odmetanowania w wyrobiskach górniczych,
  - roboty wiertnicze dla potrzeb odmetanowania.



Koszty profilaktyki metanowej  $K$  stanowią sumę kosztów:

$$K = K_b + K_m + K_o$$

W tabeli 2 i 3 przedstawiono koszty  $K$  poniesione na profilaktykę metanową w analizowanych kopalniach/ruchach w latach 2012–2013 i obciążenie tymi kosztami wydobycia 1 Mg węgla, które wynosiło:

- w Grupie A – o metanowości bezwzględnej 60–80 m<sup>3</sup>/min – 5,3–11,6 zł/Mg węgla,
- w Grupie B – o metanowości bezwzględnej 20–40 m<sup>3</sup>/min – 3,9–6,0 zł/Mg węgla,
- w Grupie C – o metanowości bezwzględnej 1–10 m<sup>3</sup>/min – 3,8–4,3 zł/Mg węgla,
- w Grupie D – o metanowości bezwzględnej 0,0 m<sup>3</sup>/min – 0,02–0,03 zł/Mg węgla.

TABELA 2. Koszty profilaktyki metanowej i obciążenie 1 Mg wydobytego węgla w 2012 roku

TABLE 2. The costs of prevention of methane and a load of 1 Mg of coal mined in 2012

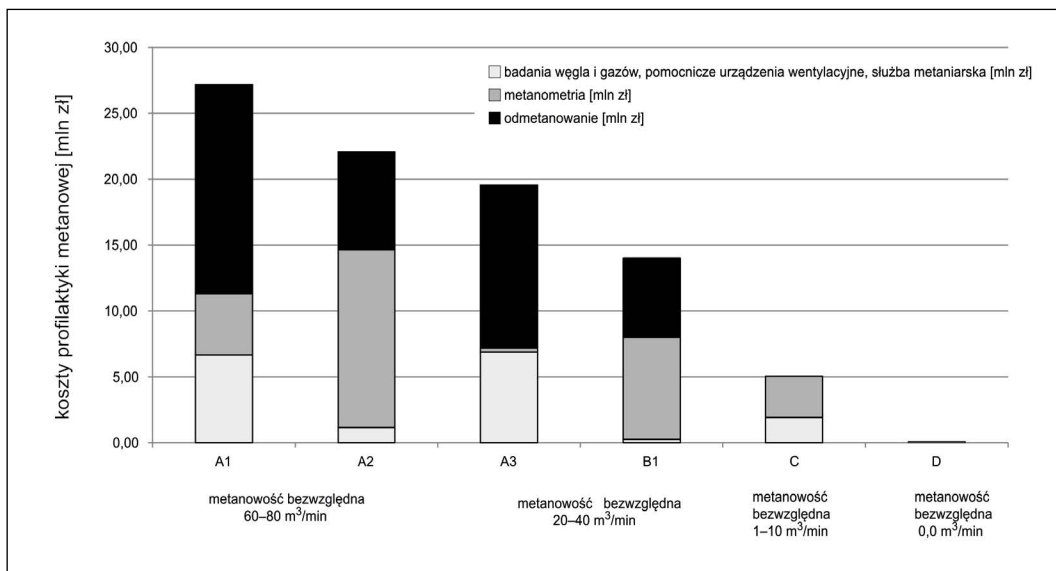
Lp.	Kopalnia	Udział w łącznych kosztach w 2012 roku			Koszty K 2012 rok [mln zł]	Wydobycie 2012 rok [mln Mg]	Obciążenie 1 Mg wydobycia węgla [zł/Mg]
		BLOK K <sub>b</sub>	BLOK K <sub>m</sub>	BLOK K <sub>o</sub>			
		[%]	[%]	[%]			
1.	A1	24,5	17,1	58,4	27,2	3,0	9,1
2.	A2	5,3	61,1	33,6	22,1	1,9	11,6
3.	A3	35,2	1,5	63,3	19,6	3,7	5,3
4.	B1	1,8	55,3	42,9	14,0	1,9	7,4
5.	C	38,2	61,8		5,0	1,3	3,8
6.	D	100			0,09	4,6	0,02

TABELA 3. Koszty profilaktyki metanowej i obciążenie 1 Mg wydobytego węgla w 2013 roku

TABLE 3. The costs of prevention of methane and a load of 1 Mg of coal mined in 2013

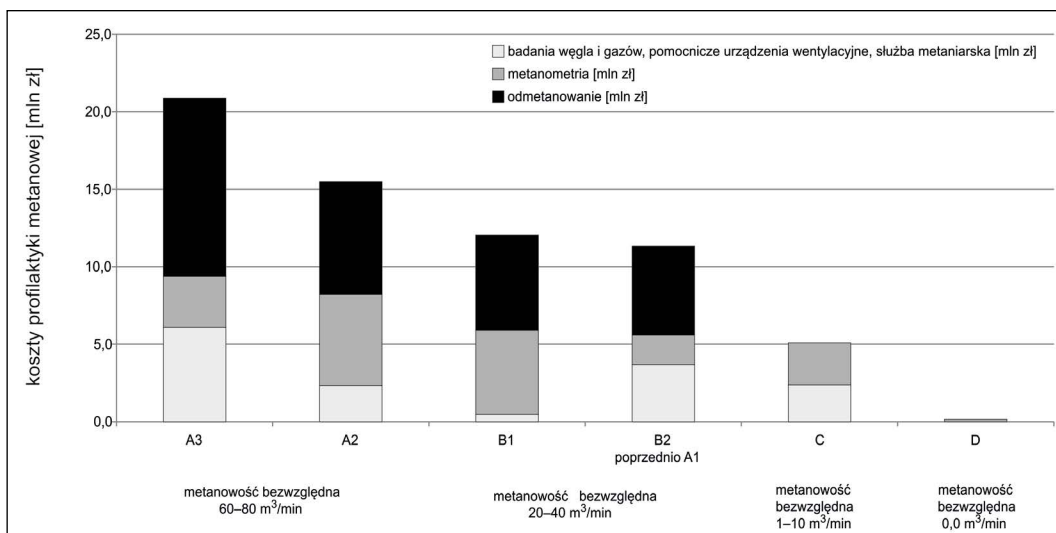
Lp.	Kopalnia	Udział w łącznych kosztach w 2013 roku			Koszty K 2013 rok [mln zł]	Wydobycie 2013 rok [mln Mg]	Obciążenie 1 Mg wydobycia węgla [zł/Mg]
		BLOK K <sub>b</sub>	BLOK K <sub>m</sub>	BLOK K <sub>o</sub>			
		[%]	[%]	[%]			
1.	A3	29,1	15,8	55,1	20,9	2,8	7,5
2.	A2	15,0	37,9	47,1	15,5	2,1	7,4
3.	B1	4,0	45,0	51,0	12,0	2,0	6,0
4.	B2 (poprzednio A1)	32,5	16,9	50,6	11,3	2,9	3,9
5.	C	46,6	53,4		5,1	1,2	4,3
6.	D	100			0,1	4,0	0,03

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono udział poszczególnych bloków kosztowych w sumarycznych kosztach profilaktyki metanowej  $K$  w latach 2012–2013 dla kopalń o różnych metanowościach bezwzględnych.



Rys. 4. Koszty profilaktyki metanowej kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. w 2012 roku

Fig. 4. The costs of prevention of methane in the mines of the Polish Mining Group in 2012



Rys. 5. Koszty profilaktyki metanowej kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. w 2013 roku

Fig. 5. The costs of prevention of methane in the mines of the Polish Mining Group in 2013

Dla kopalni A1 (potem B2) nastąpiło obniżenie kosztów profilaktyki metanowej z 27,2 mln zł w 2012 roku do 11,3 mln zł w roku 2013, czyli o około 58%. Koszt jednostkowy 1 Mg wydobytego węgla obniżył się z 9,1 zł/Mg do 3,9 zł/Mg. Zmniejszenie nakładów na profilaktykę metanową stało się możliwe, ponieważ eksploatacja w 2013 roku prowadzona była w pokładach o niższej metanowości bezwzględnej. Metanowość kopalni w 2013 roku nie przekroczyła 40 m<sup>3</sup>/min, podczas, gdy w 2012 roku wynosiła powyżej 60 m<sup>3</sup>/min. Procentowy udział poszczególnych składowych kosztów  $K_b$ ,  $K_m$  i  $K_o$  nie wykazywał znaczących wahań.

Dla kopalni A2 nastąpiło obniżenie sumarycznych kosztów profilaktyki metanowej z 22,1 mln zł w 2012 roku do 15,5 mln zł w roku 2013. Koszt jednostkowy obniżył się z 11,6 zł/Mg do 7,4 zł/Mg. Zarówno w 2012 roku, jak i w 2013 eksploatacja prowadzona była w pokładach o dużej metanowości bezwzględnej. W 2012 roku odnotowano wysoki, około 61% udział kosztów  $K_m$  w sumarycznych kosztach profilaktyki metanowej  $K$ . Blok kosztowy  $K_m$  uwzględnia również zakupy inwestycyjne związane z modernizacją i rozbudową systemów metanometrycznych oraz zakupem nowych czujników. Nakłady te zostały poniesione dla kopalni A2 w 2012 roku. Koszty te mają charakter nieperiodyczny – w 2013 roku koszty  $K_m$  nie zawierały już zakupów inwestycyjnych.

Kopalnia A3 w latach 2012–2013 eksploatację prowadziła w pokładach o dużej metanowości bezwzględnej (60–80 m<sup>3</sup>/min). Koszty poniesione na profilaktykę metanową  $K$  wyniosły od 19,6 mln zł do 20,9 mln zł. Wzrost kosztów jednostkowych z 5,3 zł/Mg do 7,5 zł/Mg związany był ze spadkiem wydobywania z 3,7 mln Mg w 2012 roku do 2,8 mln Mg w roku 2013.

Kopalnia B1, której metanowość bezwzględna w latach 2012–2013 wynosiła 20–40 m<sup>3</sup>/min, poniosła koszty profilaktyki metanowej na poziomie 12–14 mln zł. Koszty  $K_b$ ,  $K_m$  i  $K_o$  nie wykazywały znaczących wahań.

Dla kopalń z Grupy A (o najwyższych metanowościach bezwzględnych) koszty  $K$  znacząco wzrastają w porównaniu z kosztami  $K$  tej profilaktyki dla kopalń z Grupy B (z 11,3 mln zł do 27,2 mln zł). Dla Grupy C wynoszą około 5 mln zł, a dla Grupy D (nie-metanowych) około 0,1 mln zł.

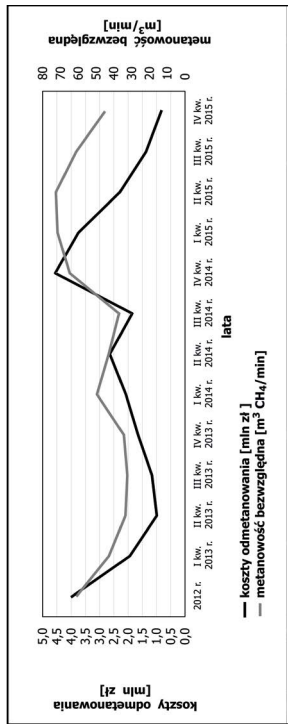
Udział kosztów odmetanowania  $K_o$  w sumarycznych kosztach profilaktyki metanowej  $K$  w wybranych kopalniach Grupy A i B wynosi średnio 50,3%, a maksymalnie wyniósł nawet 63,3%. Odmetanowanie jest metodą zwalczania zagrożenia metanowego, która przynosi największe efekty, ale generuje również bardzo wysokie koszty.

#### 4. Analiza kosztów odmetanowania w latach 2012–2015

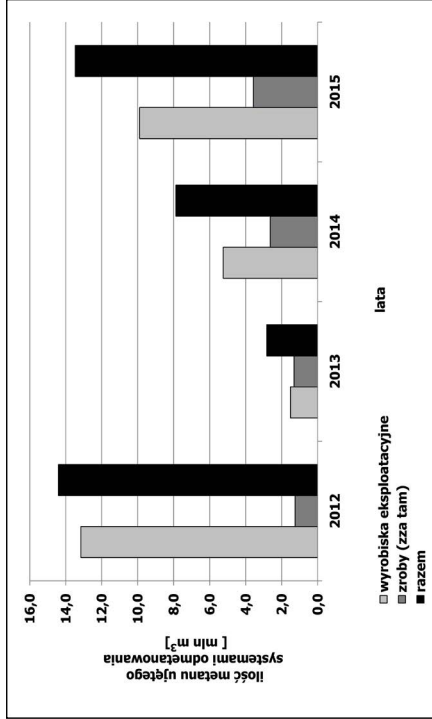
Na łączne koszty odmetanowania  $K_o$  dla poszczególnych kopalń/ruchów składają się koszty ponoszone na:

- utrzymanie stacji odmetanowania,
- utrzymanie sieci rurociągów odmetanowania w wyrobiskach podziemnych oraz rozbudowę i przebudowę sieci rurociągów metanowych,
- roboty wiertnicze dla potrzeb odmetanowania.

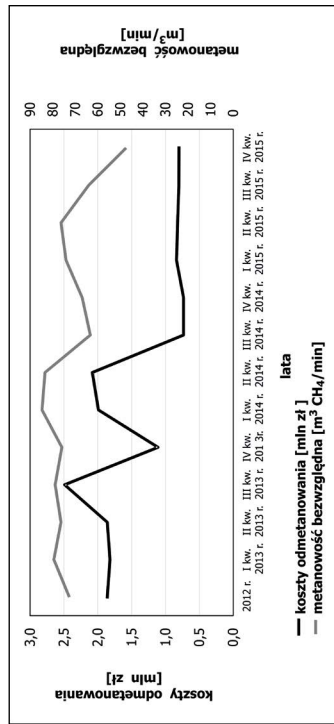
a) kopalnia/ruch A1 (potem B2)



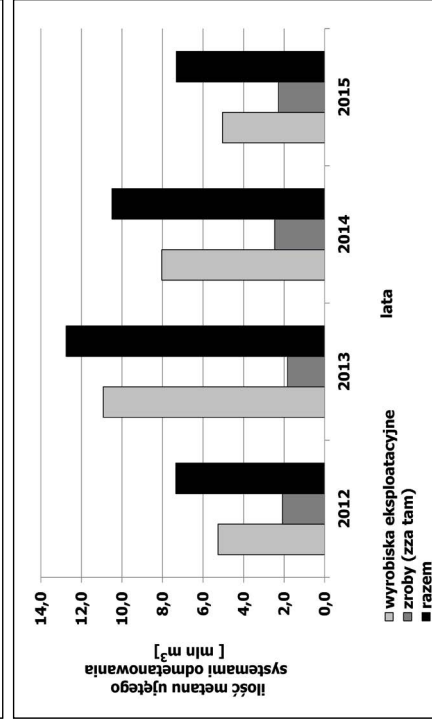
a.1)



b) kopalnia/ruch A2



b.1)



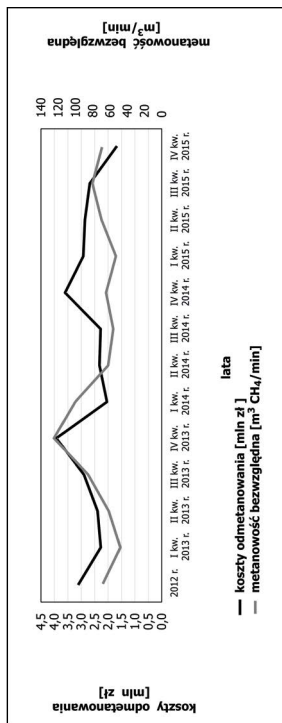
Rys. 6. a-b. Zmiany poziomu kosztów odmetanowania przy różnych wielkościach metanowości bezwzględnej kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o.

Fig. 6.a-b. Changes in the level of costs of methane drainage at different sizes of absolute methane in the mines of the Polish Mining Group

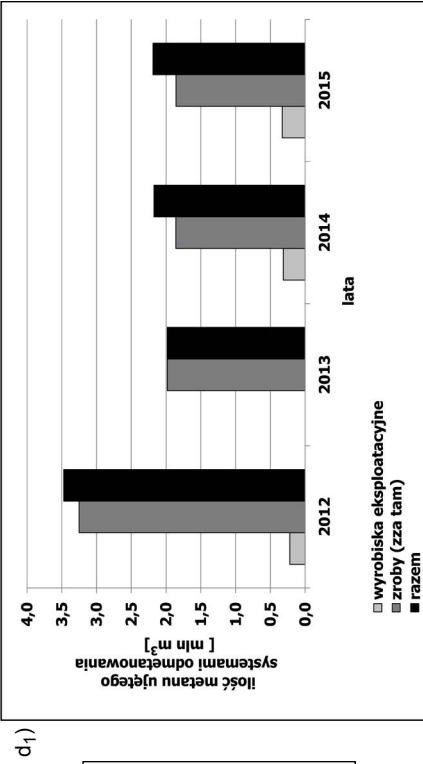
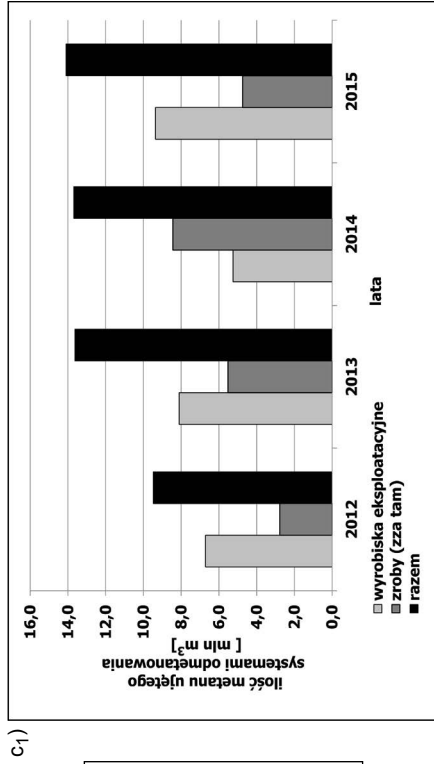
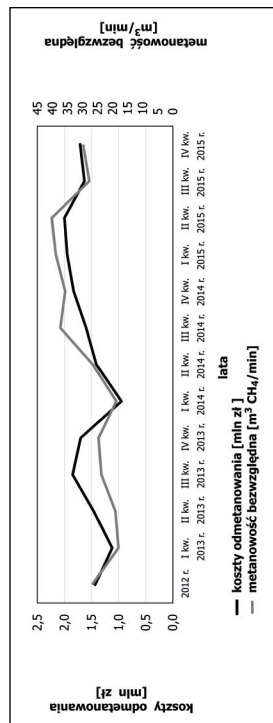
Rys. 6.a1-b1. Ilości metanu ujętego z poszczególnych źródeł wydzielania w latach 2012-2015

Fig. 6.a1-b1. Methane recognized from various sources secretion from 2012-2015

c) kopalnia/ruch A3



d) kopalnia/ruch B1



Rys. 6.c-d. Zmiany poziomu kosztów odmetanowania przy różnych wielkościach metanowości bezwzględnej kopalń Polskiej Grupy Górnictwej sp. z o.o.

Fig. 6.c-d. Changes in the level of costs of methane drainage at different sizes of absolute methane in the mines of the Polish Mining Group

Rys. 6.c1-d1. Ilości metanu ujętego z poszczególnych źródeł wydzielania w latach 2012–2015

Fig. 6.c1-d1. Methane recognized from various sources secretion from 2012–2015

Na rysunkach 6a–d przedstawiono poziom kosztów poniesionych w latach 2012–2015 przez poszczególne kopalnie/ruchy na odmetanowanie górotworu. Jednocześnie dla tych kopalń pokazano kształtowanie się w analogicznym okresie wartości metanowości bezwzględnej.

W kopalniach/ruchach odmetanowanie realizowane było jako:

- odmetanowanie eksploatacyjne oraz
- ujęcie metanu z otamowanych starych zrobów.

Ilości metanu ujętego z poszczególnych źródeł wydzielania dla kopalń/ruchów z rysunków 6a–d pokazano na rysunkach 6a<sub>1</sub>–d<sub>1</sub>.

W kopalniach/ruchach udział ujęcia metanu z wyrobisk eksploatacyjnych i starych zrobów jest różny:

- w kopalni/ruchu A1 (potem B2) znaczny wzrost ilości ujmowanego metanu związany był z prowadzeniem odmetanowania przede wszystkim w trakcie eksploatacji ścianami o dużej metanowości bezwzględnej w 2012 i 2015 roku (ilości ujmowanego metanu z za tam, izolujących zroby poeksploatacyjne, utrzymywano na stałym, niskim poziomie) (rys. 6a i 6a<sub>1</sub>),
- w kopalni/ruchu A2 metanowość bezwzględna zmniejszyła się z 85m<sup>3</sup>/min (w I kwartale 2014 r.) do 47 m<sup>3</sup>/min (w IV kwartale 2015 r.), obniżeniu uległa również ilość metanu ujęta odmetanowaniem z wyrobisk eksploatacyjnych, podobnie jak dla kopalni/ruchu A1 ilości ujętego gazu metanowego z za tam izolacyjnych utrzymywano na stałym niskim poziomie (rys. 6.b i 6.b<sub>1</sub>),
- w kopalni/ruchu A3 dla utrzymania wielkości ujmowanego metanu (wykorzystwanego we własnych instalacjach – silnik gazowy 2MW) przy obniżaniu się ilości ujmowanego metanu w trakcie eksploatacji ścian, istniała możliwość zwiększenia ilości ujęcia gazu metanowego z za tam, ze starych zrobów (rys. 6.c i 6.c<sub>1</sub>),
- w kopalni/ruchu B1 ilość ujmowanego metanu ze starych zrobów stanowi 85–100% sumarycznej ilości ujmowanego gazu (niska metanowość bezwzględna) (rys. 6.d i 6.d<sub>1</sub>).

Z wykresów na rysunkach 6.a–d wynika, że istnieje pomiędzy obu przedstawionymi na nich wielkościami dodatnia korelacja. Oznacza to, że zmiany wartości obu wielkości następują w tym samym kierunku. Albo obie rosną albo obie maleją.

Świadczy to o tym, że w kopalniach/ruchach, w których stosuje się odmetanowanie górotworu dla obniżenia zagrożenia metanowego, jego koszty rosną lub maleją w zależności od poziomu zagrożenia metanowego (wartości metanowości bezwzględnej kopalni).

Wszystkie kopalnie spółki, prowadzące odmetanowanie, posiadają stacje odmetanowania, umożliwiające wyprowadzanie ujętego gazu na powierzchnię, gdzie jest on gospodarczo wykorzystywany w kotłach gazowych, węglowo-gazowych i jednostkach kogeneracyjnych oraz sprzedawany podmiotom zewnętrznym. Koszty ponoszone na odmetanowanie to przede wszystkim zapewnienie bezpieczeństwa załodze i kopalni. Ujęty gaz metanowy to również wykorzystywane źródło energii.

## Podsumowanie

Kopalnie węgla kamiennego ze względu na środowisko, w jakim prowadzą swoją działalność ponoszą znaczne koszty związane z profilaktyką i zwalczaniem zagrożenia metanowego. Nakłady te obciążają koszty wydobycia węgla. Są to jednak działania niezbędne dla zapewnienia jak największego bezpieczeństwa pracującej załodze. Dla kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. o dużym zagrożeniu metanowym koszt jednostkowy to 11,60 zł/Mg wydobytego węgla. Koszty te obejmują badania stanu zagrożenia metanowego, opracowanie prognoz metanowości, niezbędne opinie i ekspertyzy rzeczoznawców, stosowanie metod wentylacyjnych, monitoring parametrów wentylacyjno-metanowych oraz prowadzenie odmetanowania górotworu. Roczne koszty profilaktyki metanowej dla kopalni o metanowości bezwzględnej około 80 m<sup>3</sup>/min wyniosły ponad 27 mln zł.

Odmetanowanie wykorzystywane jest w przypadku, gdy metody wentylacyjne są niewystarczające dla niedopuszczenia do powstawania w wyrobiskach górniczych niebezpiecznych nagromadzeń metanu. Jest to najbardziej skuteczna metoda obniżenia zagrożenia metanowego, ale i najbardziej kosztochłonna. Dla kopalń z grupy o największej metanowości bezwzględnej udział kosztów odmetanowania w sumarycznych kosztach profilaktyki metanowej wyniósł nawet 63,3%.

Maksymalizacja zysków przedsiębiorstwa realizowana m.in. poprzez minimalizację kosztów wymaga dostosowania zakresu profilaktyki metanowej do skali zagrożenia metanowego. Ma to swoje odzwierciedlenie w poziomie ponoszonych kosztów i jego wpływie na ich wielkość. Dlatego też w kopalniach Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. wydajność najbardziej kosztochłonnej metody – odmetanowania – dopasowana jest do skali zagrożenia metanowego i utrzymywana na poziomie, który pozwala zapewnić bezpieczeństwo zatrudnionej załodze oraz osiągnąć założoną wielkość produkcji.

Ujęcie metanu systemami odmetanowania na powierzchnię stwarza możliwość jego gospodarczego wykorzystania (Potoczek i Lipnicki 2015). Gaz ten jest paliwem energetycznym i jego zagospodarowanie to źródło dodatkowych korzyści ekonomicznych. W kopalniach Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o., gdzie skala zagrożenia metanowego jest wysoka – a co za tym idzie, sumaryczne koszty zwalczania tego zagrożenia ciągle rosną – zagospodarowanie ujmowanego metanu jest intensywnie rozwijane, ponieważ jest to sposób częściowego rekompensowania kosztów profilaktyki metanowej.

## Literatura

- Kabiesz, J. 2013. *Koszty profilaktyki zagrożenia tapaniami i metanem w kopalniach węgla kamiennego Kompanii Węglowej S.A.* Dok. pracy nauk.-bad. GIG, Katowice, s. 4.  
Koszty prac profilaktycznych na podstawie danych z działu kontrolingu.
- Musioł, D. i Pluta, A. 2016. Poprawa bezpieczeństwa poprzez działania profilaktyczne związane z zagrożeniami aerologicznymi – przykładowa analiza kosztów. *Mining – Informatics, Automation and Electrical Engineering* nr 1(525), s. 83–91
- Potoczek, H. i Lipnicki, L. 2015: Metan – zagrożenie i korzyści w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. *Przegląd Górniczy* nr 2, s. 49–57.

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Dz.U. Nr 139, poz. 1169 z późn. zm.
- Skorupko i in. red. 1969 – Skorupko, S., Auderska, H. i Łempicka, Z. red. 1969. *Mały słownik języka polskiego*. Wyd. 6, Warszawa: PWN, s. 632.
- Trojnar i in. 2014 – Trojnar A., Więckol-Ryk A., Niemiec B. 2014. Koszty profilaktyki zagrożenia metanem w kopalniach węgla kamiennego. *Wiadomości Górnicze* nr 7–8, s. 410–416.
- Uszko i in. 2014 – Uszko, M., Kloc, L., Szarafiński, M. i Potoczek, H. 2014. Zagrożenia naturalne w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. Część III Zagrożenie metanowe. *Wiadomości Górnicze* nr 1, s. 2–15.
- Wacławik, J. 2010. *Wentylacja kopalń*. Kraków: Wyd. AGH, t. 1, s. 434–483.
- Widera, M. 2010. Profilaktyka zagrożeń naturalnych, a jej wpływ na koszty w kopalni węgla kamiennego na przykładzie Kopalni Węgla Kamiennego „Rydułtowy-Anna”. *Przegląd Górniczy* nr 9, s. 122–125.