

Jan SYTY
OSRG Wodzisław
j.syty@csrg.bytom.pl

Jarosław BRODNY
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
jaroslaw.brodny@polsl.pl

Magdalena TUTAK
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
magdalena.tutak@polsl.pl

WENTYLACYJNE ZAGROŻENIA SKOJARZONE W GÓRNICTWIE PODZIEMNYM WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W podziemnym górnictwie węglowym występuje szereg zagrożeń naturalnych, które w sposób istotny wpływają na efektywność oraz bezpieczeństwo procesu eksploatacji. Do najbardziej niebezpiecznych naturalnych zagrożeń w tej branży należą zagrożenia wentylacyjne. Zaliczamy do nich m.in. zagrożenie metanowe i zagrożenie pożarami endogenicznymi. W praktyce dość często zdarza się, iż zagrożenia te występują jednocześnie, w takim przypadku mamy do czynienia z zagrożeniami skojarzonymi. W artykule scharakteryzowano te zagrożenia oraz dokonano ich analizy dla przykładowej rzeczywistej ściany eksploatacyjnej, w której oba badane zagrożenia występują jednocześnie. Dla ściany tej przedstawiono także sposoby działań profilaktycznych w zakresie obu występujących zagrożeń. Przedstawione materiały mogą stanowić istotne źródło informacji dla służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo wentylacyjne w przedsiębiorstwach górniczych.

Słowa kluczowe: profilaktyka, zagrożenie pożarami endogenicznymi, zagrożenie metanowe

ASSOCIATED VENTILATION HAZARDS IN UNDERGROUND MINING OF HARD COAL

Abstract. In the underground coal mining the series of natural hazards occur, which in a significant way influence on the effectiveness and safety of exploitation process. Ventilation hazards belongs to the most dangerous natural hazards in this industry branch. One can include to them the hazards of methane and endogenous fires. In practice quite often it happens, that these hazards occur simultaneously and in such a case we deal with the associated hazards. In the paper these hazards are characterized and analyzed in example of real exploitation longwall, in which both investigated hazards occur simultaneously. For this wall also the ways of preventive actions in a range of both exiting hazards are presented. Materials presented here could be an important source of information for the emergency service responsible for ventilation safety in mining enterprises.

Keywords: prevention, spontaneous combustion hazard, methane hazard

1. Wprowadzenie

Jednym z nieodłącznych elementów zarządzania bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwach jest redukcja ryzyka zawodowego, która w zasadniczym stopniu odbywa się poprzez podejmowanie przez kierownictwo przedsiębiorstwa takich działań, które wpłyną na poziom występujących zagrożeń. Działania te obejmują głównie stosowanie środków profilaktycznych w celu zwalczania tych zagrożeń.

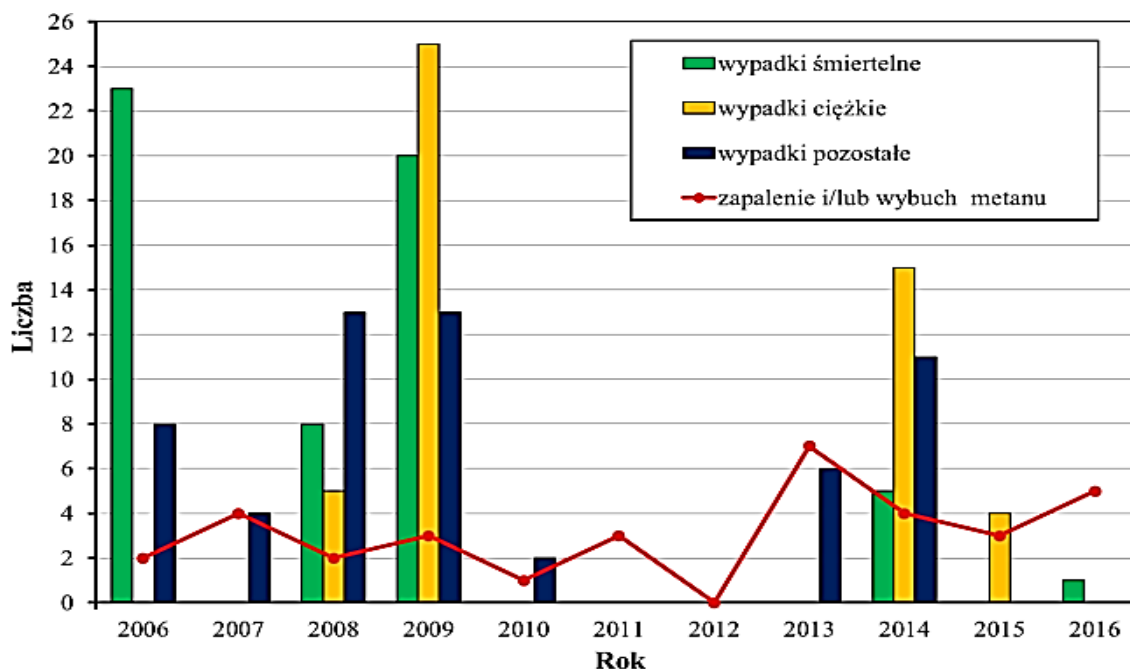
Przedsiębiorstwami, których działalność bez stosowania środków profilaktycznych w celu ograniczenia występujących zagrożeń nie byłaby możliwa, są przedsiębiorstwa górnicze, prowadzące podziemną eksploatację węgla kamiennego. Ze względu na szereg występujących zagrożeń, głównie naturalnych, eksploatacja ta jest bardzo niebezpieczna [1, 12]. Aktywizacja tych zagrożeń, w postaci wybuchów gazów, pyłu węglowego, tępań oraz pożarów endogenicznych, dla pracującej w wyrobiskach górniczych załogi powodować może niebezpieczne zdarzenia, wypadki oraz katastrofy górnicze, a dla przedsiębiorstw generować ogromne straty materialne w wyniku zniszczenia lub uszkodzenia wyposażenia tych wyrobisk.

Powszechnie uważa się, że najbardziej niebezpiecznymi zagrożeniami naturalnymi są te, których aktywizacja może spowodować największą liczbę ofiar śmiertelnych [9]. Na podstawie analizy statystycznej i uwzględnienia powyższej opinii można stwierdzić, że dotychczas największe katastrofy górnicze związane były z wybuchami metanu.

Zagrożenie metanowe zaliczane jest do naturalnych zagrożeń wentylacyjnych (aerologicznych). Oznacza ono możliwość wystąpienia w wyrobisku górniczym nadmiernej koncentracji metanu, która spowodować może wystąpienie stanu stwarzającego niebezpieczeństwo dla załogi górniczej i ciągłości ruchu zakładu górniczego.

Zapalenie i/lub wybuchy metanu poprzedzone są wystąpieniem inicjału. Inicjałem tym może być inne zagrożenie naturalne, np. zagrożenie pożarem endogenicznym. Zagrożenie to oznacza możliwość samozapalenia się węgla w wyniku procesu jego samozagrzewania w wyrobisku górniczym lub też w jego bezpośrednim otoczeniu.

W latach 2006-2016 doszło w Polsce do 34 niebezpiecznych zdarzeń (zapalenia i wybuchy) z udziałem metanu (rys. 1) oraz 60 pożarów endogenicznych (rys. 2). Zdarzenia te spowodowały łącznie 198 wypadków, w tym 64 wypadki śmiertelne [15].

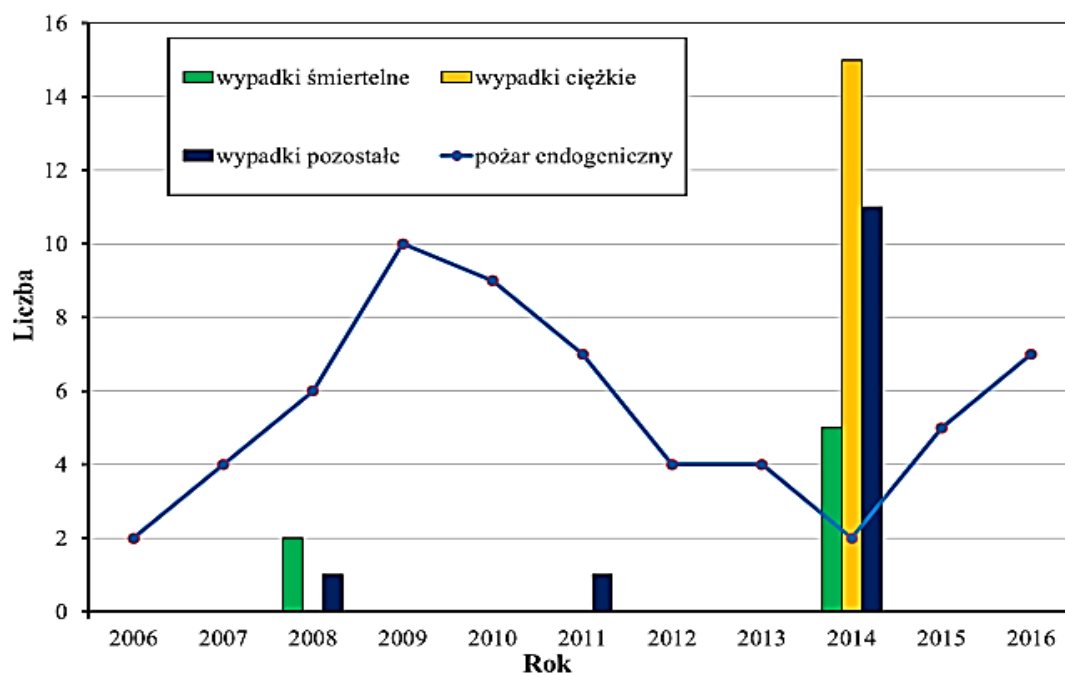


Rys. 1. Niebezpieczne zdarzenia spowodowane zapaleniami lub/i wybuchami metanu

Źródło: Opracowanie własne.

Spośród przedstawionych na rys. 1 zdarzeń trzy pożary endogeniczne spowodowały zapalenia i/lub wybuchy metanu, w wyniku których doszło łącznie do 38 wypadków przy pracy.

Równoczesne występowanie zagrożenia metanowego i zagrożenia pożarami endogenicznymi zalicza się do grupy tzw. zagrożeń skojarzonych (współwystępujących). Jednoczesna obecność tych dwóch zagrożeń może poprzez wzajemne oddziaływanie na siebie wpływać na intensywność swojego występowania [3, 4, 5].



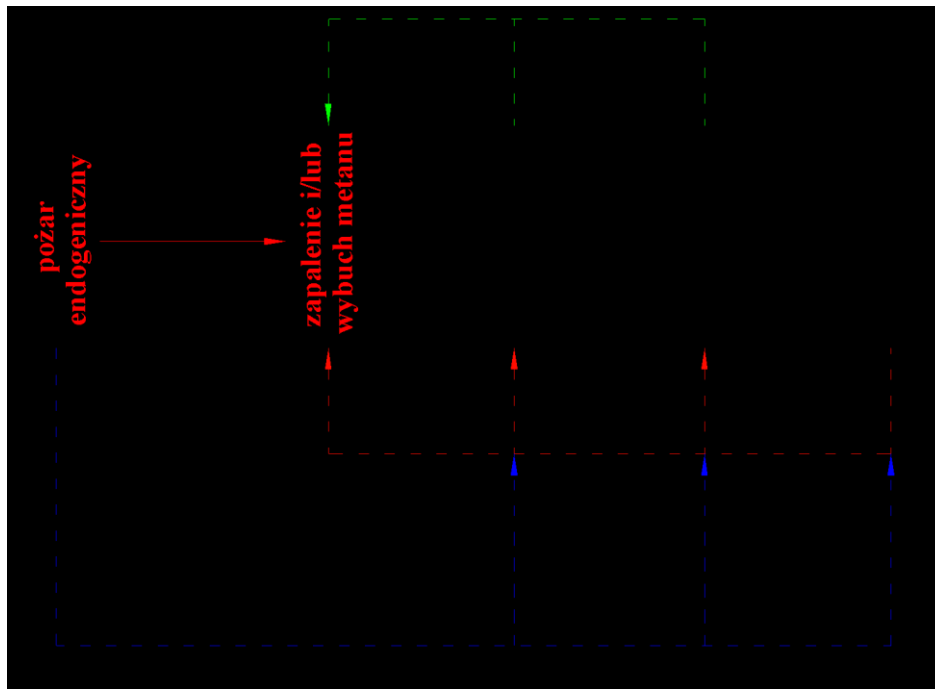
Rys. 2. Niebezpieczne zdarzenia spowodowane pożarami endogenicznymi
Źródło: Opracowanie własne.

Przejawami występowania tych zagrożeń są niebezpieczne wartości i stany parametrów fizykochemicznych charakteryzujących te zagrożenia, co w rezultacie sekwencji następujących niekorzystnych po sobie zdarzeń może spowodować katastrofalne skutki dla bezpieczeństwa i ciągłości ruchu zakładu górniczego.

Typowy schemat ewentualnych powiązań następstw zdarzeń, w przypadku oddziaływania pożaru endogenicznego na zagrożenie metanowe i inne, przedstawiono na rys. 3. Oddziaływanie zagrożenia pożarem endogenicznym jest oddziaływaniem bezpośrednim na zagrożenie metanowe, a pośrednim na zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, pożarem egzogenicznym oraz wybuchem gazów pożarowych. Możliwe skutki powstałe w wyniku występowania tych zagrożeń określić można jako katastroficzne.

Uniknięcie uaktywnienia się zagrożenia metanowego oraz pożarami endogenicznymi, które mogą spowodować katastrofalne skutki (wyrażone w stratach ludzkich i finansowych), wymaga stosowania przez przedsiębiorstwa górnicze eksploatujące węgiel kamienny wzmożonej profilaktyki w zakresie występowania tych zagrożeń.

Stosowana profilaktyka ściśle uzależniona jest od poziomu występujących zagrożeń oraz od miejsca ich występowania. Wszystkie podejmowane działania muszą być tak dobrane, aby znacząco przyczyniały się do ograniczenia występujących zagrożeń lub, jeśli to możliwe, do całkowitej ich likwidacji. Dobranie optymalnych działań profilaktycznych możliwe jest jednak tylko wówczas, gdy rozpoznane zostały wszystkie czynniki mające wpływ na występujące zagrożenie, w tym głównie warunki geologiczno-górnice panujące w górotworze.



Rys. 3. Schemat oddziaływania zagrożenia pożarami endogenicznymi i metanowego jako zagrożeń skojarzonych
 Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami przedsiębiorstwa górnicze są zobowiązane do podejmowania działań mających na celu określenie poziomu występującego zagrożenia metanowego oraz pożarowego, a po określeniu tego poziomu – stosowania niezbędnych środków profilaktycznych do zwalczania tych zagrożeń [10]. Jednym z podstawowych środków wykorzystywanych w tym celu jest ciągły monitoring parametrów chemicznych i fizycznych atmosfery kopalnianej.

Najczęstszym miejscem występowania niebezpiecznych zdarzeń związanych z zagrożeniem metanowym i zagrożeniem pożarami endogenicznymi są rejony ścian eksploatacyjnych. Wynika to z faktu, iż w Polsce eksploatacja węgla kamiennego najczęściej prowadzona jest systemem ścianowym z zawałem skał stropowych, a pokłady węgla charakteryzują się wysoką metanowością. W czasie eksploatacji metan wydziela się z odsłoniętej calizny węglowej oraz urobionego węgla, a także przedostaje się ze zrobów zawałowych. W ostatnim przypadku źródłem metanu jest pozostawiony w zrobach węgiel oraz metan wypływający z pokładów nadebranych i podebranych przez występujące w górotworze szczeliny i spękania [11]. Główną przyczyną powstawania pożarów endogenicznych w zrobach zawałowych jest pozostawiony w nich rozdrobniony węgiel skłonny do samozapalenia oraz przepływające przez te zrobry powietrze o wysokim stężeniu tlenu, powodujące jego utlenianie się [2, 11, 13, 14].

Mimo że zagrożenia pożarami endogenicznymi oraz zagrożenie metanowe zaliczane są do grupy zagrożeń wentylacyjnych (aerologicznych), to metody minimalizacji tych zagrożeń w wyrobiskach górniczych są zupełnie odmienne.

W artykule skoncentrowano się na analizie działań podejmowanych w celu minimalizacji zagrożenia metanowego oraz zagrożenia pożarami endogenicznymi w rejonie ściany eksploatacyjnej. Założono, że zagrożenie skojarzone, obejmujące oba te zjawiska należy do najniebezpieczniejszych w górnictwie podziemnym węgla kamiennego. Przedstawiono krótkie charakterystyki zagrożenia metanowego i pożarami endogenicznymi oraz przykład analizy stanu zagrożenia oraz stosowanej profilaktyki w przypadku występowania tych zagrożeń w rejonie rzeczywistej ściany eksploatacyjnej.

2. Charakterystyka zagrożenia metanowego i zagrożenia pożarami endogenicznymi w rejonie ścian eksploatacyjnych

Zagrożenie metanowe i zagrożenie pożarami endogenicznymi zaliczane są powszechnie do naturalnych zagrożeń wentylacyjnych występujących w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny.

W praktyce przyjmuje się także, że zagrożenie pożarami endogenicznymi w rejonach ścian eksploatacyjnych jest zagrożeniem nadrzędnym w stosunku do zagrożenia metanowego, pomimo że prawie 20% ścian prowadzonych jest w warunkach wysokiego zagrożenia metanowego, o metanowości bezwzględnej wynoszącej powyżej 10 m³/min. Założenie to wynika z faktu, iż wystąpienie pożaru endogenicznego w rejonie ściany (najczęściej w zrobach zawałowych) powoduje w większości przypadków jej otamowanie, co dla zakładu górniczego oznacza duże straty materialne i dezorganizację pracy kopalni. Przy tej ocenie należy także mieć na uwadze fakt, iż zagrożenie metanowe charakteryzuje się większą dynamiką i z tego względu jest bardziej niebezpieczne dla załogi. W rozdziale tym scharakteryzowano oba te zagrożenia oraz podano warunki, jakie muszą być spełnione, aby doszło do zdarzeń krytycznych.

2.1. Charakterystyka zagrożenia pożarami endogenicznymi

Eksploatacja pokładów węgla systemem ścianowym z zawałem skał stropowych często wymusza, ze względów geologicznych lub górniczych, pozostawienie pewnych ilości węgla w zrobach zawałowych, co doprowadzić może do jego samozagrzewania, a w konsekwencji do wystąpienia pożaru endogenicznego.

Istotą pożaru endogenicznego jest samozapalenie się węgla, spowodowane procesem jego samozagrzewania (prowadzącego do wzrostu temperatury). Samozapalenie się węgla spowodowane jest jego utlenianiem w atmosferze kopalnianej w temperaturze otoczenia. Procesowi utleniania sprzyja zdolność absorbowania tlenu przez węgiel i równoczesnego wydzielania przy tym ciepła. Jeżeli ciepło reakcji utleniania nie jest odprowadzane, to temperatura ośrodka będzie rosła, co może doprowadzić do zapalenia się węgla (bez udziału płomienia

„z zewnątrz”). Można więc przyjąć, iż proces samozapalenia węgla jest procesem niekontrolowanego wzrostu jego temperatury na skutek zachodzących procesów utleniania się [13].

Samozagrzewanie, a w rezultacie samozapłon rozkruszonego węgla, pozostawionego w zrobach zawałowych ścian eksploatacyjnych, występuje wskutek przepływu przez nie strumienia powietrza o odpowiedniej prędkości i odpowiednim stężeniu tlenu. Obecność tlenu jest niezbędna dla zapoczątkowania reakcji niskotemperaturowego utleniania węgla. Podczas tego procesu wytwarzane jest ciepło i jeśli nie jest ono odprowadzone, to temperatura węgla rośnie, prowadząc do jego samozapalenia.

Jednym z głównych czynników wpływających na proces akumulacji ciepła jest prędkość strumienia powietrza przepływającego przez zroby zawałowe ścian eksploatacyjnej. Wyniki badań wskazują, iż krytyczna wartość prędkości strumienia powietrza, powodująca samozagrzewanie się węgla, mieści się w zakresie od 0,0015 do 0,02 m/s [7, 8].

Kolejnym czynnikiem mającym fundamentalny wpływ na powstanie pożaru endogenicznego jest stężenie tlenu w strumieniu powietrza przepływającym przez zroby zawałowe. Przeprowadzone badania laboratoryjne utleniania próbek węgla wykazały, że wartość stężenia tlenu w strumieniu powietrza, przy którym do ich samozapalenia nie dochodziło, najczęściej wynosi mniej niż 8% [2].

W związku z powyższym można sformułować następujące kryterium zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych [14]:

- obecność rozdrobnionego, skłonnego do samozapalania węgla pozostawionego w zrobach zawałowych,
- prędkość przepływu powietrza przez zroby zawałowe od 0,0015 m/s do 0,02 m/s,
- minimum ośmioprocentowe stężenie tlenu w powietrzu przepływającym przez zroby zawałowe.

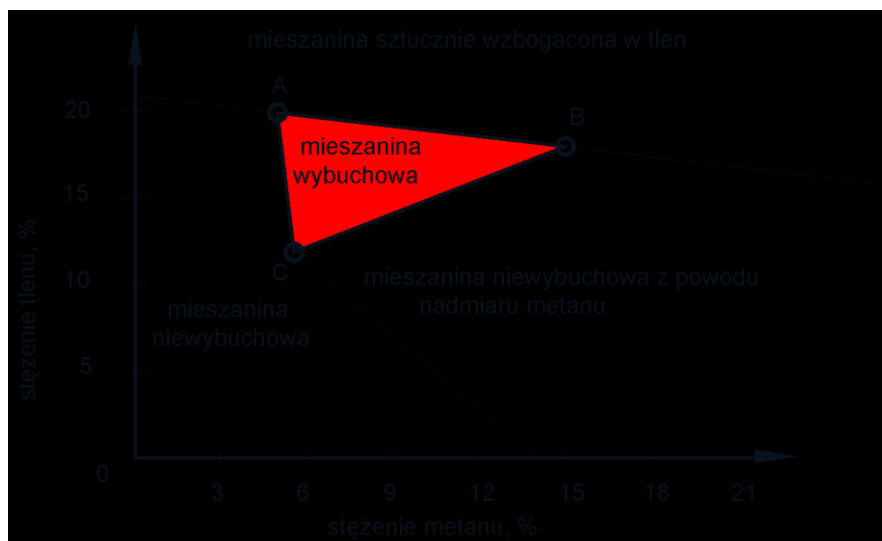
Bardzo istotnym czynnikiem jest również czas, w którym warunki te będą spełnione. Można jednak przyjąć, że wystąpienie pożaru endogenicznego w zrobach zawałowych może nastąpić przy spełnieniu powyższych warunków.

Parametrem, którego zwiększone stężenie w atmosferze kopalnianej świadczy o wystąpieniu pożaru endogenicznego, jest tlenek węgla. Jest to bezwonny gaz, który jest niewiele lżejszy od powietrza, przez co gromadzi się w górnych przestrzeniach wyrobisk górniczych.

2.2. Charakterystyka zagrożenia metanowego

Zagrożenie metanowe w górnictwie węgla kamiennego związane jest z wydzielającym się z górotworu do wyrobisk górniczych metanem. Metan to bezwonny, lżejszy od powietrza, bezbarwny gaz pochodzenia organicznego, który jest wysokoenergetycznym paliwem. Przy stężeniu w powietrzu w granicach od 5% do 15% jest gazem wybuchowym i przez to

bardzo niebezpiecznym. Najczęściej granice wybuchowości mieszaniny metanu, powietrza i gazów inertnych są opisywane przez tzw. trójkąt wybuchowości Cowarda [6].



Rys. 4. Trójkąt wybuchowości Cowarda dla metanu

Źródło: Opracowanie własne.

W granicach występowania stężenia wybuchowego metanu inicjałem wybuchu może być pożar endogeniczny, roboty strzałowe lub iskry powstające w wyniku tarcia przemieszczających się brył skał. Jednym z głównych miejsc występowania zagrożenia metanowego w podziemnych kopalniach węgla kamiennego są rejonry ścian eksploatacyjnych.

W złożach węglowych metan występuje w dwóch zasadniczych formach: jako metan sorbowany, związany fizykochemicznie z substancją węglową, oraz jako metan wolny, występujący w porach i szczelinach skał płonnych oraz węgla. Zamknięty w porach metan w wyniku procesu urabiania węgla wydziela się do atmosfery kopalnianej.

Zwalczanie zagrożenia metanowego w rejonach ścian eksploatacyjnych obejmuje jego rozpoznawanie oraz kontrolę (monitoring) jego stężenia, a także środki i sposoby zwalczania nagromadzeń metanu w granicach jego wybuchowości. Najczęściej stosowana profilaktyka zwalczania zagrożenia metanowego w rejonach ścian eksploatacyjnych obejmuje:

- zabezpieczenie metanometryczne, polegające na ciągłym pomiarze zawartości metanu w powietrzu zgodnie z określonymi zasadami rozmieszczenia czujników w poszczególnych wyrobiskach okonturowujących ścianę,
- prawidłowy dobór systemu przewietrzania ściany eksploatacyjnej, wpływający na minimalizację tego zagrożenia,
- wentylację zapobiegającą tworzeniu się lokalnych nagromadzeń metanu oraz tzw. lontów metanowych,
- odmetanowanie otworami drenażowymi,
- zabudowę pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na wylocie ze ściany.

Metan w wyrobiskach górniczych, ze względu na to, iż jest lżejszy od powietrza, gromadzi się w górnych przestrzeniach wyrobisk górniczych, co wykorzystuje się między innymi do montażu czujników do pomiaru jego stężenia pod stropami wyrobisk.

3. Analiza zagrożenia pożarami endogenicznymi i zagrożenia metanowego w rejonie ściany X w pokładzie 362/1 oraz stosowanej profilaktyki

W ramach analizy zagrożenia skojarzonego obejmującego pożary endogeniczne oraz zagrożenie metanowe dla rzeczywistej ściany eksploatacyjnej przedstawiono charakterystykę tej ściany oraz działania profilaktyczne w obszarze obu tych zagrożeń.

3.1. Charakterystyka warunków geologiczno-górniczych

Ściana X w pokładzie 362/1 eksploatowana była systemem podłużnym z zawałem stropu w kierunku od granic pola eksploatacji, a jej parametry górnicze wynosiły:

- długość: 211-216 m,
- wybieg: 1050 m,
- wysokość: 1,69-2,20 m,
- miąższość pokładu: 1,69-2,54 m (średnio 2,15 m),
- nachylenie podłużne: max – 17,4°, średnie – 6,9°,
- nachylenie poprzeczne:
 - chodnik podścianowy: max – 15,8°, średnie – 2,9°,
 - chodnik nadścianowy: max – 8,9°, średnie – 2,7°.

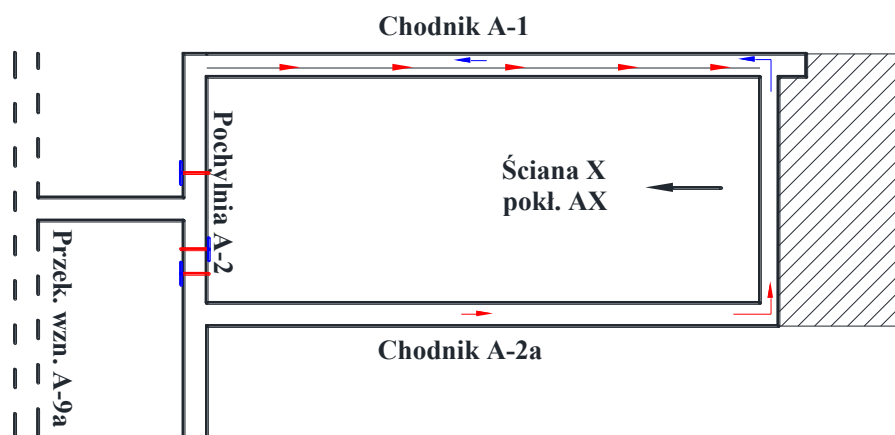
Ściana X prowadzona była w następujących warunkach:

- IV kategorii zagrożenia metanowego,
- II grupy skłonności węgla do samozapalenia się,
- klasy „B” wybuchu pyłu węglowego,
- I i II stopnia zagrożenia wodnego.

Pokład AX w rejonie ściany X uznano za niezagrożony tapaniami.

Ściana przewietrzana była systemem na „U” od granic, a schemat jej przewietrzania przedstawiono na rys. 5.

Do ściany chodnikiem podścianowym A-2a doprowadzano powietrze świeże, a chodnikiem nadścianowym A-1 odprowadzano z niej powietrze zużyte. Wydatek objętościowy strumienia powietrza doprowadzanego do ściany regulowany był za pomocą tam regulacyjnych, zabudowanych w pochylni A-2 oraz w przekopie wznoszącym A-9a.



Rys. 5. Schemat przewietrzania badanej ściany eksploatacyjnej

Źródło: Opracowanie własne.

W projekcie technicznym ściany wyznaczono, iż niezbędny wydatek objętościowy powietrza dostarczanego do ściany powinien wynosić około $1000 \text{ m}^3/\text{min}$ i tyle w czasie eksploatacji ściany wynosił.

3.2. Stosowana profilaktyka w zakresie zwalczania zagrożeń wentylacyjnych

a) Stosowana profilaktyka zagrożenia pożarami endogenicznymi

Ze względu na II grupę skłonności węgla do samozapalenia się rejon ściany X w pokładzie 362/1 objęty został działaniami związanymi z wczesnym wykrywaniem pożarów endogenicznych. Podczas eksploatacji ściany w stacjach pomiarowych wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych pobierano dwa razy w tygodniu próby powietrza do analizy laboratoryjnej, podczas której określano poziom zagrożenia metodą Olpińskiego.

Próby powietrza pobierane były ze stacji:

- wlotowej, zlokalizowanej w chodniku A-2a, na północ od skrzyżowania z pochylnią A-2; próby pobierano w przypadku stwierdzenia tlenu węgla na stacji wylotowej;
- wylotowej, zlokalizowanej w pochylni A-2.

Dodatkowo próby powietrza pobierano także dwa razy w tygodniu z likwidowanego chodnika A-1 oraz dwa razy w miesiącu z rurociągu odmetanowania. Celem pobierania prób powietrza było wykonanie analizy laboratoryjnej jego składu.

Miejszem najbardziej zagrożonym wystąpieniem pożaru endogenicznego były zroby zawałowe ściany X. Dlatego aby minimalizować to zagrożenie, stosowano następujące środki profilaktyczne:

- rozsypywanie środka antypirogenego na długości około 30 m od chodnika podścianowego A-2a ściany X. Środek ten rozsypywano także w miejscu likwidacji chodnika A-2a. Podczas pozostawiania warstwy węgla (nieczystego wybierania eksploatowanego pokładu) w samej ścianie (w miejscu pozostawiania węgla), do przestrzeni zawałowej za sekcjami obudowy zmechanizowanej dodatkowo

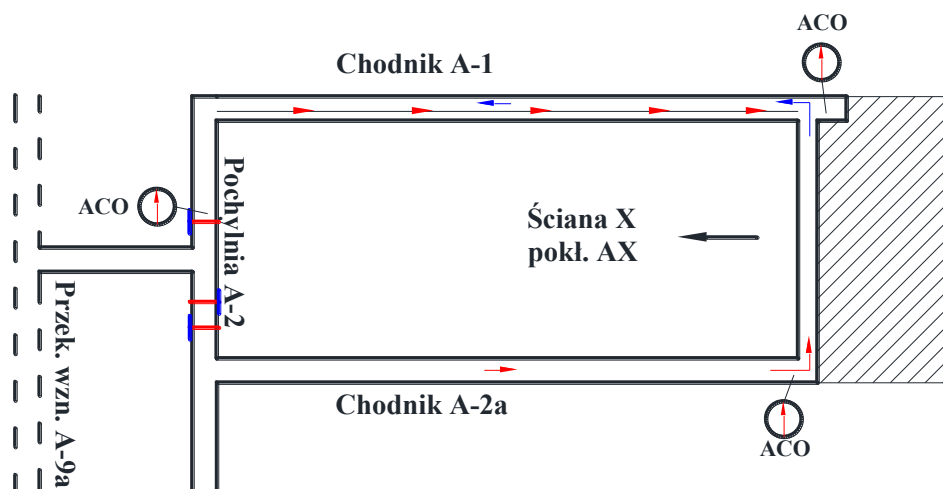
rozsypanym środkiem antypirogenne, włączano piany antypirogenne bądź też włączano mieszaninę wody ze środkiem antypirogennym;

- uszczelnianie czoła chodnika podścianowego A-2a (chodnika, którym powietrze doprowadzane do ściany) w celu ograniczenia migracji powietrza do zrobów zawałowych;
- okresowo włączano mieszaninę doszczelniającą zrobów zawałowe. Mieszanina ta sporządzana była na bazie odpadów z energetyki zawodowej lub środków antypirogennych z wodą zasoloną, a włączana była za pomocą rurociągów przesyłowych doprowadzonych do zrobów ściany A-1. Dodatkowo przy stwierdzeniu wzrostu zagrożenia pożarami endogenicznymi włączano do zrobów gazy inertne.

Pierwszą linię obrony zagrożenia przeciwpożarowego stanowiły tamy bezpieczeństwa, które zgodnie z obowiązującymi przepisami są niezbędnym elementem profilaktyki przeciwpożarowej. Tamy te, przygotowane do szybkiego wykonania korka, zlokalizowane były wewnątrz rejonu:

- tama wlotowa: w chodniku A-2a, na północ od skrzyżowania z pochylnią A-2,
- tama wylotowa: w pochylni A-2, na zachód od skrzyżowania z przecinką II-A.

W celu monitoringu stężeń tlenu węgla w rejonie ściany zabudowano analizatory tlenu węgla (ACO), których rozmieszczenie przedstawiono na rys. 6.



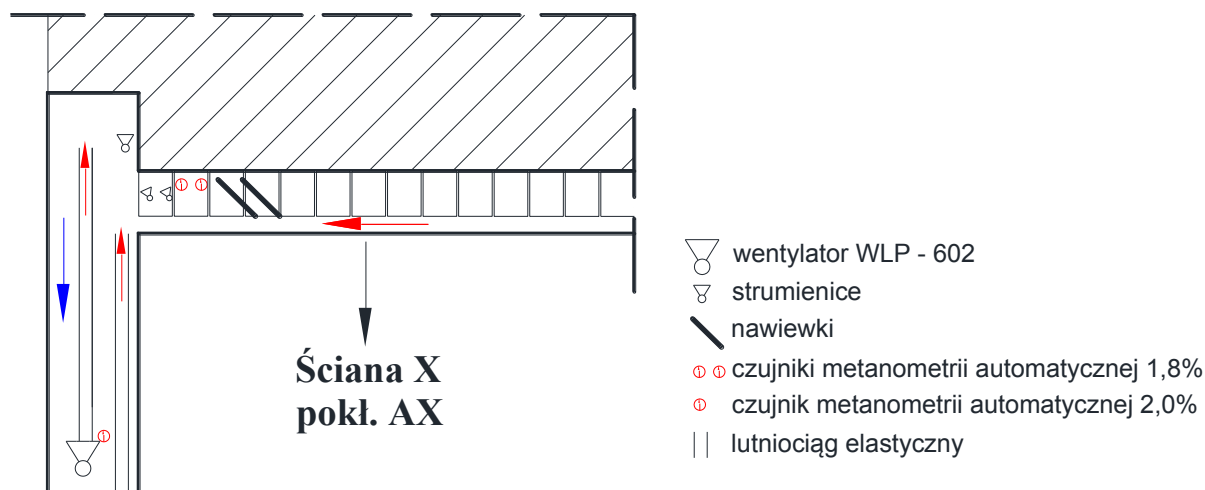
Rys. 6. Rozmieszczenie analizatorów (czujników) do badania stężenia tlenu węgla
Źródło: Opracowanie własne.

3.3. Stosowana profilaktyka zagrożenia metanowego

Pokład AX, w którym eksploatowana była ściana X, zaliczony został do IV, najwyższej kategorii zagrożenia metanowego. Ściana ta była przewietrzana systemem na „U” od granic. System ten jest niekorzystny do stosowania w przypadku występowania dużego zagrożenia metanowego, jednak wpływa na minimalizację ucieczek powietrza do zrobów zawałowych,

przez co jest korzystny do stosowania w przypadku występowania zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych.

Stosując system przewietrzania na „U” od granic, należy wprowadzać pomocnicze urządzenia wentylacyjne w miejscach możliwych nagromadzeń metanu, zwłaszcza na wylocie ze ściany. Schemat rozmieszczenia tych urządzeń, zabudowanych w rejonie skrzyżowania ściany X w pokładzie AX z chodnikiem A-1, przedstawiono na rys. 7.



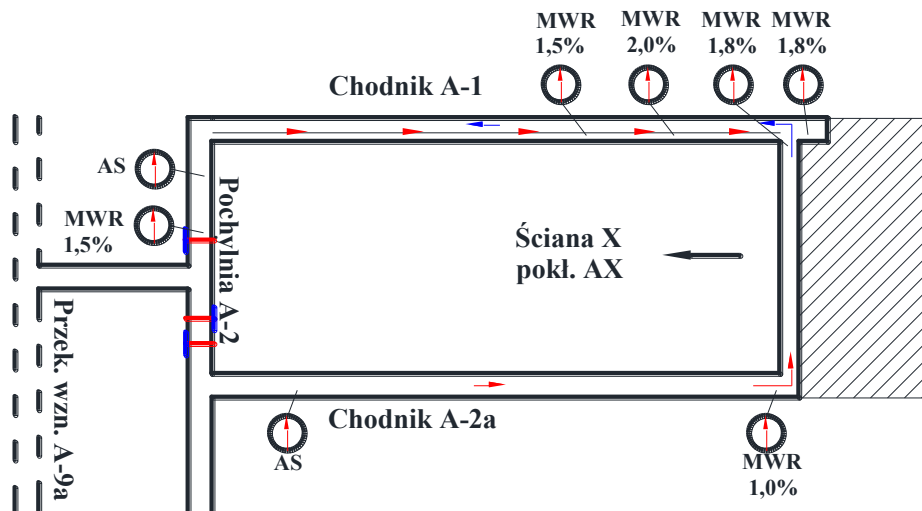
Rys. 7. Schemat rozmieszczenia pomocniczych urządzeń wentylacyjnych

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie obowiązujących przepisów w celu monitoringu stężeń metanu w rejonie ściany zabudowano metanomierze stacjonarne:

- wyłączająco-rejestrujący o progu działania 1,0% – w ścianie, w odległości 2 m od chodnika A-2a i do 10 cm od stropu,
- wyłączająco-rejestrujące o progu działania 2,0% i 1,8% – w ścianie, w odległości 2 m od chodnika A-1 i do 10 cm od stropu, metanomierz o progu 1,8%, który w przypadku zarejestrowania 1,8% metanu, wyłączy napięcie zasilające napędy struga,
- wyłączająco-rejestrujący o progu działania 2,0% – w chodniku A-1, w odległości 10 m od wylotu ze ściany A-1 i do 10 cm od stropu,
- wyłączająco-rejestrujący o progu działania 1,5% – w chodniku A-1, w odległości 10 m przed stanowiskiem TRAF0 A-1 i do 10 cm od stropu,
- wyłączająco-rejestrujący o progu działania 1,5% – w pochylni A-2, w odległości około 20 m na zachód od skrzyżowania pochylni A-2 z przecinką II-A i do 10cm od stropu.

Rozmieszczenie czujników metanometrii automatycznej (metanomierzy stacjonarnych MWR) oraz czujników do pomiaru prędkości powietrza przedstawiono na rys. 8.



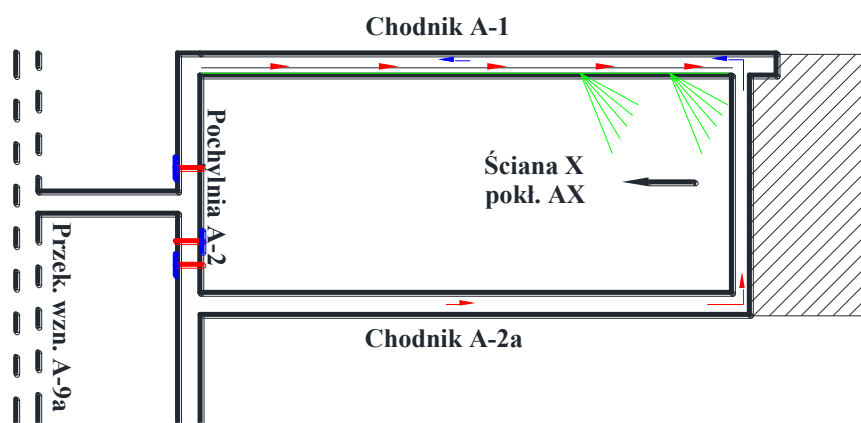
Rys. 8. Zabezpieczenie metanometryczne ściany X
 Źródło: Opracowanie własne.

Niezbędnym elementem profilaktyki metanowej był także pomiar prędkości powietrza w wyrobiskach górniczych, gwarantujący utrzymanie wymaganego wydatku objętościowego powietrza doprowadzanego do ściany. Czujniki przepływu (anemometry stacjonarne) powietrza typu AS, z sygnalizacją kierunku i prędkości przepływu powietrza w wyrobisku, zostały zabudowane w $\frac{2}{3}$ wysokości wyrobiska (w jego osi), w miejscu o niezmińszonym lokalnie przekroju:

- w pochylni A-2, w odległości około 50 m na zachód od skrzyżowania z przecinką II-W,
- w chodniku A-2a, w odległości około 50 m na północ od skrzyżowania z pochylnią A-2.

Dzięki tak zabudowanym czujnikom możliwe było wyłączenie napięcia w ścianie eksploatacyjnej podczas spadku wydatku objętościowego powietrza doprowadzanego do tego wyrobiska, które skutkowało mogło lokalnymi nagromadzeniami metanu o niebezpiecznych stężeniach.

Ściana X prowadzona była w warunkach IV kategorii zagrożenia metanowego, dlatego zgodnie z obowiązującymi przepisami konieczne było stosowanie odmetanowania górotworu, jako elementu profilaktyki metanowej. Odmetanowanie odbywało się za pomocą otworów drenażowych, które rozmieszczane były w sukcesywnie odprężanych warstwach stropowych eksploatowanego pokładu. Z uwagi na to, że ściana przewietrzana była systemem na „U” od granic, otwory drenażowe wykonywane były z chodnika A-1 w pokładzie AX, przed frontem ściany. Działania te polegały na wykonywaniu 3÷5 otworowych wiązek. Pierwsza wiązka dla otworów przed frontem ściany wykonana została w odległości 50 m na południe od dowierzchni A-1. Kolejne wiązki otworów wykonywano co około 24,0 m ($\pm 6,0$ m). W pierwszych trzech wiązkach wykonywano po 5 otworów, natomiast w kolejnych wiązkach – liczba otworów w jednej wiązce, dobierana była w zależności od bieżącej metanowości ściany (rys. 8).



Rys. 9. Sposób odmetanowania ściany X – dwie pierwsze wiązki otworów drenażowych
Źródło: Opracowanie własne.

System odmetanowania ściany został zaprojektowany tak, by ujmował minimum $5,5 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{min}$, przy wydobywaniu dobowym wynoszącym 3000 Mg.

Dodatkowo stosowane były środki mające na celu zwalczanie iskier powstałych podczas urabiania węgla, a mogących spowodować zapalenie i/lub wybuch metanu. W tym celu obudowa ścianowa wyposażona została w układ hydrauliczny przeznaczony do zraszania sekwencyjnego.

W celu usuwania miejscowego nagromadzenia metanu pod przenośnikiem taśmowym stosowano pomocnicze urządzenia wentylacyjne, zasilane sprężonym powietrzem. Urządzenia te powodowały stały nadmuch sprężonego powietrza i pracowały w czasie ruchu przenośnika. Pomiar stężenia metanu pod przenośnikiem wykonywano za pomocą przewodu wprowadzanego pod gwiazdę wysypową i zwrotną przenośnika ścianowego, wzdłuż trasy przenośnika (w odległości nie większej niż co 15 sekcji, ze szczególnym uwzględnieniem wylotowego odcinka ściany) oraz w miejscach występowania zaburzeń geologicznych.

4. Podsumowanie

Bezpieczna eksploatacja górnicza, szczególnie w obszarach, w których występują zagrożenia naturalne, uwarunkowana jest prowadzeniem skutecznej i prawidłowo dobranej do poziomu występujących zagrożeń profilaktyki. Profilaktyka ta głównie opiera się na wczesnej identyfikacji zagrożeń i ich zwalczaniu.

Działania profilaktyczne należą do zadań bardzo trudnych, zarówno pod względem organizacyjnym, jak i technicznym. Wymagają sporo nakładów finansowych oraz są niebezpieczne. Sytuacja dodatkowo się komplikuje w przypadkach, gdy w danym obszarze eksploatacyjnym występuje więcej niż jedno zagrożenie. Wielość jednocześnie występujących zagrożeń, określana jako zagrożenia skojarzone, znacznie utrudnia proces działań profilakty-

czynnych. Powoduje, iż wszelkie działania muszą być prowadzone bardzo skrupulatnie, zgodnie z procedurami przez osoby o bardzo wysokich kwalifikacjach i dużym doświadczeniu praktycznym.

Bardzo pomocne w zakresie skuteczności działań profilaktycznych są wszelkiego typu środki techniczne, które wykorzystuje się do monitorowania stanu atmosfery czy też górotworu.

W przypadku występowania skojarzonych zagrożeń wentylacyjnych to właśnie czujniki do pomiaru parametrów przepływającego przez wyrobiska powietrza stanowią podstawowe źródło informacji na temat występujących zagrożeń. Ich sprawność i skuteczność działania gwarantuje pełny monitoring zmiany parametrów krytycznych, zarówno ze względu na zagrożenie metanowe (stężenie metanu), jak i na zagrożenie pożarami endogenicznymi (stężenie tlenu węgla).

Przedstawiony w artykule materiał pokazuje, jak wiele pracy i zaangażowania odpowiednich służb oraz zaawansowanych środków technicznych wymaga prowadzenie skutecznej działalności profilaktycznej w przypadku występowania wentylacyjnych zagrożeń skojarzonych (zagrożenia pożarami endogenicznymi i metanowe).

Przedstawiony w artykule przykład powinien stać się źródłem wartościowych informacji na temat prowadzenia skutecznych działań profilaktycznych w przypadku wystąpienia wentylacyjnych zagrożeń skojarzonych. Działania takie są niezbędne w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy załogi oraz ciągłości pracy przedsiębiorstwa.

Bibliografia

1. Brodny J., Tutak M.: Determination of the zone endangered by methane explosion in goaf with caving of longwalls ventilated on "Y" system. "Management Systems in Production Engineering", No. 4, 2016. s. 247-251.
2. Buchwald P.: Określenie podstawowego kryterium i parametrów oceny skuteczności zastosowania azotu w prewencji pożarów endogenicznych w przestrzeniach otamowanych. „Kwartalnik Górnictwo i Geologia”, t. 4, z. 3, 2009, s. 31-39.
3. Jiang S.H.G., Zhang R.W., Chen K.Y.: Determination of spontaneous combustion three – zone by measuring gas consistency and temperature in goaf. "Journal of China University Mining Technology", Vol. 18, Iss. 1, 1998.
4. Kabiesz J.: Geneza i istota zagrożeń skojarzonych. XXXIV Dni Techniki ROP' 2008. Seminarium zagrożenia skojarzone – teoria i praktyka. Rybnik 2008.
5. Kabiesz J.: Możliwość wykorzystania metod eksperckich dla oceny stanu zagrożeń górniczych. „Materiały Konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej”, Szczyrk 2005.
6. Kabiesz J.: Współwystępowanie i wzajemne oddziaływanie naturalnych zagrożeń górniczych. Prace Naukowe GIG, s. Górnictwo i Środowisko, nr 1, 2002, s. 35-53.

7. Kozłowski B.: Zagrożenie wyrzutami gazów i skał w górnictwie węglowym. PWN, Warszawa-Kraków 1980.
8. Liu C., Li S., Qiao Q., Wang J., Pan Z.: Management of spontaneous combustion in coal mine waste tips in China. *Water, Air and Soil Pollution*, 1998, p. 441-444.
9. Pindór T., Preisner L. (red): Zagrożenia naturalne i techniczne a zarządzanie ryzykiem w górnictwie węgla kamiennego. AGH, Kraków 2009.
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Dz.U. Nr 139 z 2002 r., poz. 1169 z późn. zm.
11. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie. WUG, Katowice 2006-2016.
12. Strumiński A., Madeja-Strumińska B.: Ocena możliwości wybuchu lub zapalenia gazów w zrobach ścian zawałowych. „Kwartalnik Górnictwo i Geologia”, t. 8, z. 3, 2013, s. 115-126.
13. Szlązak J.: Wpływ zagrożeń naturalnych na bezpieczeństwo pracy w kopalniach. „Kwartalnik Górnictwo i Geologia”, t. 8, z. 1, 2013, s. 113-123.
14. Trenczek S.: Ocena zagrożenia pożarami endogenicznymi pokładów węgla kamiennego i sposoby jego zapobiegania. Politechnika Śląska, Gliwice 2010.
15. Tutak M.: Wpływ systemu przewietrzania ściany na zagrożenie pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych. Rozprawa doktorska. Gliwice 2016 (praca niepublikowana).