

Analiza zagrożenia metanowego w ścianie G-6 w pokładzie 412łg+łd i 412 łg w KWK „A” – studium przypadku

The analysis of methane hazard in the G-6 longwall of coal seam 412 (top layer + lower layer) at the “A” Coal Mine – case study



*Dr hab. inż. Henryk Badura,
prof. nzw. w Pol. Śl. *)*



*Mgr inż. Damian Araszczuk **)*

Treść: Artykuł napisano na podstawie danych pomiarowych stężenia metanu na wylocie z rejonu ściany, strumienia objętości powietrza na wylocie z rejonu wentylacyjnego ściany, strumienia objętości metanu ujętego systemem odmetanowania oraz notowań przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu w rejonie ściany. Omówiono warunki naturalne panujące w rejonie ściany i stosowane sposoby przewietrzania. Obliczono metanowość całkowitą oraz wentylacyjną rejonu ściany i przeanalizowano ich zmiany. Przebadano zmiany strumienia objętości metanu ujętego systemem odmetanowania. Omówiono statystykę miejsc i częstości występowania przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu i porównano ryzyko wybuchu metanu dla zastosowanych sposobów przewietrzania na „Y” i „U”.

Abstract: This paper was written on the basis of measurement data concerning methane concentration at the outlet of the longwall area, the air flow at the outlet of the longwall ventilation area, the flow rate of methane encompassed in methane drainage system, and permissible concentration of methane in the longwall area exceedance ratings. The paper discusses natural conditions in the longwall area and its ventilation systems. The total methane bearing capacity and methane content in the ventilation air were calculated and their changes analyzed. The changes in rate of methane flow through its drainage system were analyzed as well. Finally, the exceedances of methane concentration and the risk of methane explosion for “Y” and “U” ventilation systems were examined.

Słowa kluczowe:

zagrożenie metanowe, metanowość, stężenie metanu, sposoby przewietrzania

Key words:

methane hazard, methane content, methane concentration, ventilation systems

1. Wstęp

Ściana G-6 w pokładzie 412 łg+łd w KWK „A” (rys. 1) prowadzona była w warunkach specjalnych, z powodu zaliczenia pokładu 412 łg+łg do IV kategorii zagrożenia metanowego, zaliczenia pokładu do zagrożonych wyrzutami gazów i skał, a także z uwagi na prowadzenie poniżej poziomu udostępnienia (Projekt 2014). Przedstawiona w artykule analiza obejmuje okres od 03.03. 2014 r. do 04.03.2015 r., co stanowi 367 dni.

Długość ściany G-6 wahała się od 183 m do 185,5 m, a jej wybieg wynosił około 600 m. Wysokość ściany zmieniała się od 3,15 m do 3,4 m, nachylenie podłużne ściany zawierało się w granicach od 7° do 14°, a nachylenie poprzeczne w granicach od 2° do 7°.

Likwidację przestrzeni wyeksploatowanej prowadzono poprzez zawał skał stropowych. W zasięgu strefy zawału znajdował się pozabilansowy pokład 411/3 o grubości od 0,44 m do 0,99 m, stwarzający zagrożenie powstania pożaru endogenicznego w zrobach ściany. Na wybiegu ściany wystąpiły uskoki, co zmuszało do pozostawiania warstw węglowych o niewielkiej powierzchni na spągu i pod stropem, które podwyższały stopień zagrożenia pożarami.

Prognozowana maksymalna metanowość całkowita ściany G-6 wynosiła dla wydobywania 2500 t/dobę do 48 m³CH₄/min (Projekt 2014).

2. Przewietrzanie ściany

Ściana G-6 w pokładzie 412łg+łd, w trakcie eksploatacji początkowego odcinka wybiegu, w okresie od 03.03.2014 do 05.10.2014 (217 dni), była przewietrzana w sposób „Y”

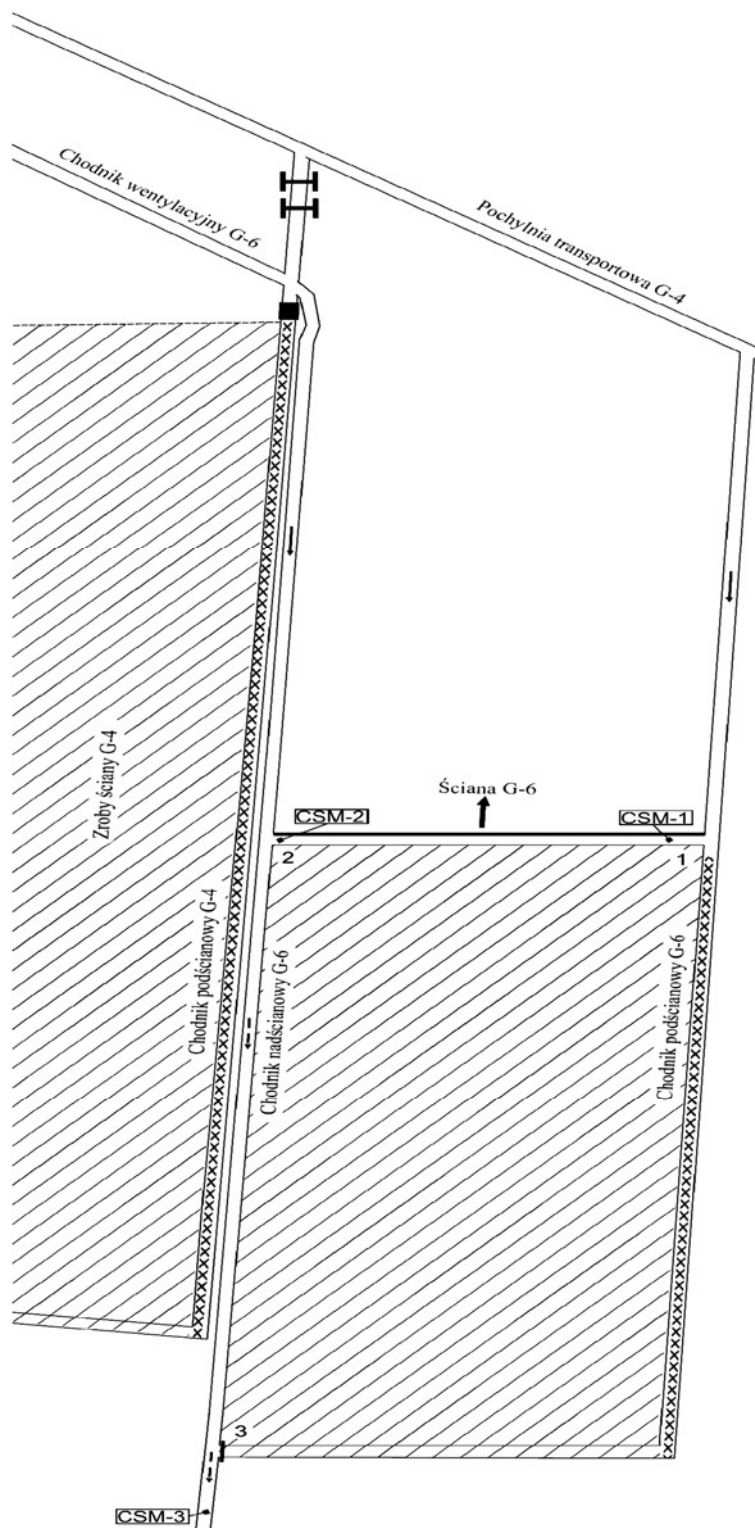
*) Politechnika Śląska, Gliwice, **) Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Jastrzębie

(rys.1), zaś w okresie od 06.10.2014 do 04.03.2015 r. (150 dni) przewietrzanie prowadzono w sposób „U” (rys. 2). Sposób przewietrzania ma istotny wpływ na koszty eksploatacji oraz bezpieczeństwo eksploatacji, szczególnie w warunkach zagrożenia metanowego i pożarowego, o czym traktuje bogata literatura (Frycz, Szlązak 1978, Musioł 2000, Strumiński 1987, Sułkowski, Nguyen Huyen Dieu 1994, Szlązak, Szlązak 2001, Szlązak, Szlązak 2013, Waclawik i in. 2000, Sułkowski, Musioł 2007).

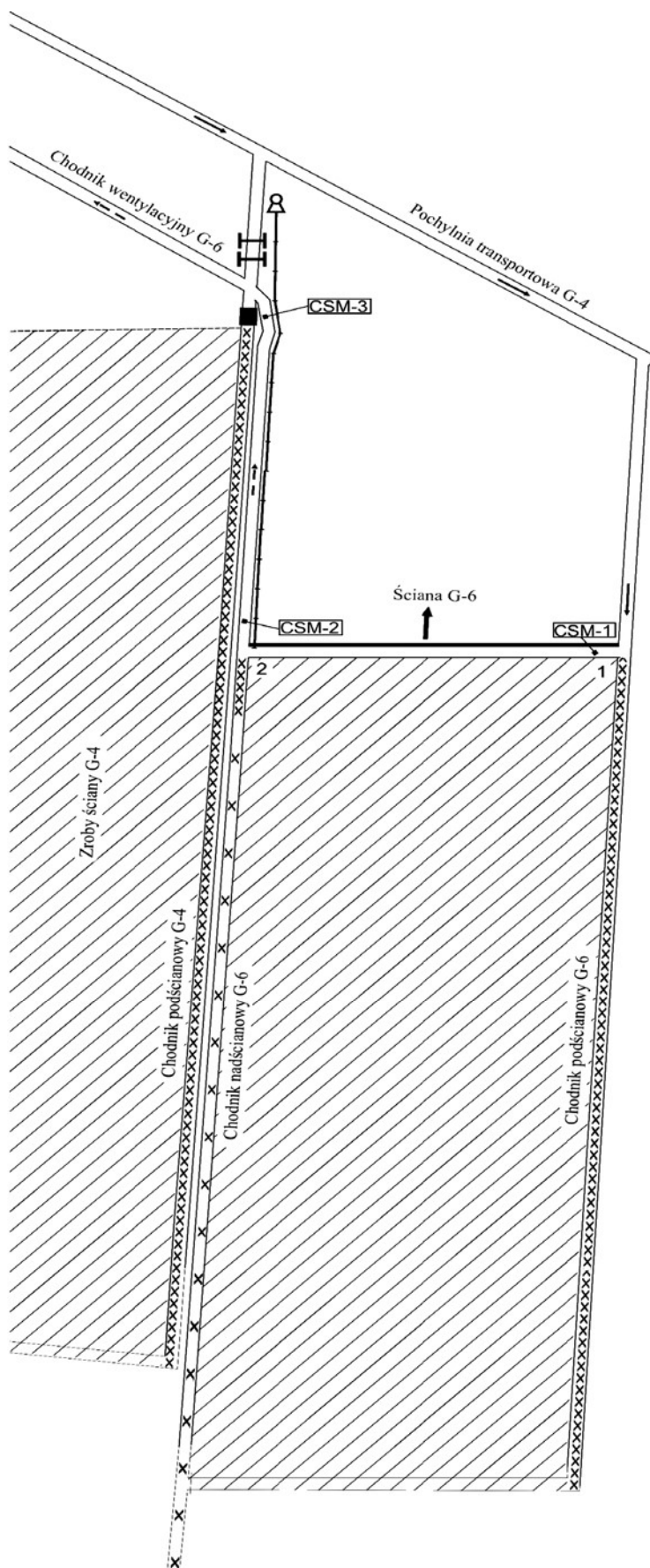
Występowanie metanu w atmosferze kopalnianej stwarza ryzyko:

- wybuchu metanu,
- zapalenia metanu na skutek powstania iskier w trakcie robót eksploatacyjnych i pomocniczych,
- wystąpienia atmosfery z niedoborem tlenu.

Dlatego, w celu zapewnienia bezpieczeństwa w trakcie eksploatacji górniczej, istnieje konieczność stałej kontroli stężenia metanu w atmosferze kopalnianej. Dopuszczalna zawartość metanu jest uzależniona od miejsca w wyro-



Rys. 1. Schemat ściany G-6 w okresie przewietrzania w sposób „Y”
Fig. 1. Scheme of G-6 longwall during ventilation in the “Y” system



Rys. 2. Schemat ściany G-6 w okresie przewietrzania w sposób „U”
 Fig. 2. Scheme of G-6 longwall during ventilation in the “U” system

biskach należących do rejonu ściany. Przepisy górnicze ([Rozporządzenie 2010](#)) wymagają stosowania minimum trzech czujników stężenia metanu. Pierwszy z nich powinien być umieszczony w ścianie, do 10 m od strony wyrobiska korytarzowego doprowadzającego powietrze do ściany (rys. 1 i 2, czujnik CSM-1). Stężenie metanu w miejscu umieszczenia tego czujnika nie może przekroczyć 1%.

Położenie drugiego czujnika jest uzależnione od stosowanego sposobu przewietrzania rejonu ściany. W przypadku stosowania sposobu przewietrzania „U” drugi czujnik umieszcza się w wyrobisku korytarzowym odprowadzającym powietrze ze ściany, w odległości do 10 m od czoła ściany (rys. 2, czujnik CSM-2). W przypadku stosowania sposobu przewietrzania „Y” czujnik znajduje się w ścianie, w odległości 2 m od wyrobiska odprowadzającego powietrze zużyte ze ściany (rys. 1, czujnik CSM-2). Maksymalne dopuszczalne stężenie metanu w miejscu lokalizacji drugiego czujnika wynosi 2%.

Obydwa czujniki (CSM-1 i CSM-2) posiadają funkcję wyłączenia dopływu energii elektrycznej do urządzeń i maszyn w ścianie, w wyrobisku korytarzowym odprowadzającym powietrze zużyte oraz w wyrobisku doprowadzającym powietrze do ściany, na odcinku minimum 10 m od czoła ściany.

Trzeci czujnik powinien znajdować się na wylocie z rejonu wentylacyjnego ściany, a dopuszczalne stężenie metanu wynosi 1,5% (rys 1 i 2, czujnik CSM-3). Obecnie, w ramach tzw. dobrych praktyk, stosuje się większą liczbę czujników posiadających funkcję wyłączenia energii elektrycznej. Dodatkowe czujniki są umieszczone najczęściej w ścianie oraz w wyrobisku odprowadzającym powietrze ze ściany.

W okresie przewietrzania w sposób „Y” (rys. 1) strumień objętości powietrza świeżego 1700 m³/min dopływał do ściany z pochylni transportowej G-4 chodnikiem podścianowym G-6. Po przewietrzeniu ściany, strumień objętości powietrza zużytego łączył się w chodniku nadścianowym G-6 z doświeżającym strumieniem objętości powietrza 700 m³/min. Strumień objętości powietrza zużytego 2400 m³/min był odprowadzany chodnikiem nadścianowym G-6 do dalszych wyrobisk powietrza zużytego. Chodnik nadścianowy G-6

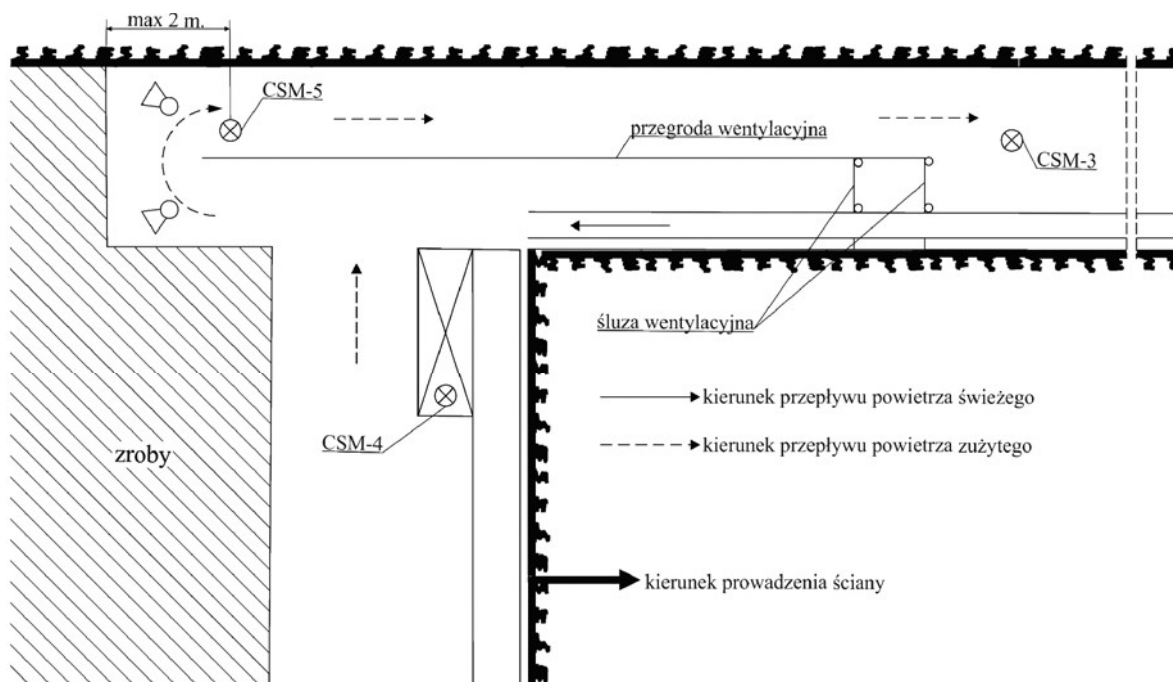
był oddzielony od zrobów zlikwidowanej ściany sąsiedniej G-4 płotem węglowym, co ułatwiało utrzymanie chodnika nadścianowego G-6.

Sposób przewietrzania „U” (rys. 2) zapewnia najmniejsze przepływy powietrza przez zrobry, co ogranicza ryzyko powstania pożaru endogenicznego. Jednak jego stosowanie może wiązać się z występowaniem wysokich stężeń metanu w wylotowej części ściany. Stwarza to duże ryzyko wybuchu lub zapalenia metanu. Zmniejszenie ryzyka metanowego osiągnięto stosując pomocnicze urządzenia wentylacji na skrzyżowaniu ściany G-6 z chodnikiem nadścianowym G-6 (rys.3).

Powietrze świeże było doprowadzane do ściany G-6 chodnikiem podścianowym G-6. Powietrze zużyte ze ściany, na jej skrzyżowaniu z chodnikiem nadścianowym G-6, łączyło się ze strumieniem powietrza doświeżającego, dostarczanego lutniociągami z wentylatorem umieszczonym w chodniku G-4, za tamami wentylacyjnymi rozdzielającymi prąd powietrza świeżego od zużytego (rys. 2). Zamontowana na skrzyżowaniu przegroda wentylacyjna wymuszała przepływ powietrza w kierunku zrobów, dzięki czemu odsuwno strefę wysokiego stężenia metanu do zrobów. Całkowity prąd powietrza zużytego był odprowadzany chodnikiem nadścianowym G-6 do chodnika wentylacyjnego G-6. Przepływ powietrza w chodniku nadścianowym G-6 odbywał się zatem w stronę przeciwną niż w trakcie przewietrzania w sposób „Y”.

W okresie przewietrzania ściany w sposób „U” do ściany dopływało około 1700 m³/min powietrza. W pierwszym dniu przewietrzania w sposób „U” doświeżanie w chodniku nadścianowym G-6 było nieczynne. W następnych sześciu dniach strumień objętości powietrza doświeżającego wynosił 200 m³/min, a w dalszym okresie eksploatacji 500 m³/min. Strumień objętości powietrza zużytego wynosił zatem 1700 m³/min w pierwszym dniu po zmianie sposobu przewietrzania, 1900 m³/min w dniach od drugiego do siódmego oraz około 2200 m³/min w dalszym okresie.

Głównym celem niniejszego artykułu jest określenie wpływu zmiany sposobu przewietrzania z „Y” na „U” na zagrożenie metanowe w rejonie ściany G-6.



Rys. 3. Pomocnicze urządzenia wentylacyjne na skrzyżowaniu ściany G-6 z chodnikiem nadścianowym G-6
Fig. 3. Auxiliary means of ventilation at the junction of the G-6 longwall with the G-6 return airway

3. Metanowość ściany G-6

Metanowość wentylacyjną ściany G-6 obliczono na podstawie pomiarów ciągłych stężenia metanu na wylocie z rejonu wentylacyjnego oraz strumienia objętości powietrza na wylocie z rejonu wentylacyjnego. Natomiast strumień objętości metanu ujęty systemem odmetanowania określono na podstawie pomiarów wykonanych w rejonowej instalacji odmetanowania. Obliczenie średnich wartości stężenia metanu na wylocie z rejonu wentylacyjnego w poszczególnych dobach wykonano za pomocą programu PROGNET, opracowanego w Instytucie Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej (Badura 2013).

Metanowość wentylacyjna ściany G-6 zmieniała się wraz z postępem eksploatacji. Na rysunku 4 przedstawiono kształtowanie się metanowości wentylacyjnej i całkowitej (absolutnej) w poszczególnych dniach eksploatacji. Przewietrzanie w sposób „Y” prowadzono do 217 dnia eksploatacji, natomiast w dalszym ciągu eksploatacji ściana była przewietrzana w sposób „U”.

W początkowym okresie eksploatacji metanowość wentylacyjna wzrastała od około $5,0 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $41,5 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ w 74 dniu eksploatacji. Metanowość całkowita wzrastała w tym okresie od $5,4 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $58,4 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Wzrost ten został spowodowany rozwojem strefy odprężonej oraz zwiększaniem wydobywania.

Strumień objętości metanu ujmowanego systemem odmetanowania w omawianym okresie wzrastał od $0,4 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $16,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ (rys. 5). W omawianym okresie zmiany strumienia objętości metanu ujętego systemem odmetanowania są bardzo zbliżone do zmian metanowości wentylacyjnej.

Przedział czasu od 75 do 157 dnia eksploatacji to okres względnej stabilizacji średniej metanowości wentylacyjnej na poziomie $31,7 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, a średniej metanowości całkowitej na poziomie $49,7 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ (rys. 4). Przedział zmian metanowości wentylacyjnej zawierał się w granicach od $23,5 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $42,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, a metanowości całkowitej w granicach od $41,1 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $61,1 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Duże wahania metanowości w okresach tygodniowych spowodowane były przede wszystkim nierównomiernym wydobywaniem w dni robocze oraz brakiem wydobywania w soboty i niedziele.

Wahania strumienia objętości metanu ujętego systemem odmetanowania są w omawianym okresie niewielkie i zawie-

rają się w granicach od $15,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $18,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, a jego wartość średnia wynosiła $17,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

Pomiędzy 158 dniem a 185 dniem eksploatacji wystąpiło duże obniżenie wydobywania, co spowodowało spadek średniej metanowości wentylacyjnej do $24,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ oraz całkowitej do $42,1 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Przedział zmienności metanowości wentylacyjnej był ograniczony wartościami $17,5 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ i $41,8 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, a metanowości całkowitej wartościami $34,5 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ i $59,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

Ujęcie metanu w badanym okresie wahało się w granicach od $16,6 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $17,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, a wartość średnia wynosiła $17,2 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

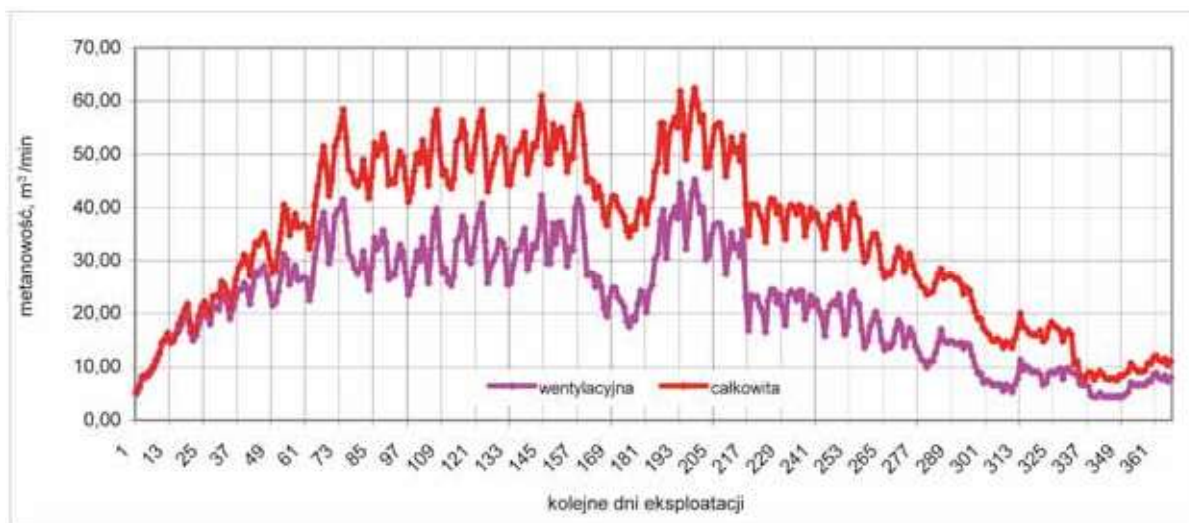
W okresie od 186 do 217 dnia eksploatacji wydobywanie wzrastało do wartości sprzed spadku, co spowodowało podwyższenie średniej metanowości wentylacyjnej do $35,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ oraz średniej metanowości całkowitej do $53,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Minimalna wartość metanowości wentylacyjnej w tym okresie wynosiła $23,0 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, a maksymalna $45,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Metanowość całkowita zawierała się w granicach od $40,7 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $62,4 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

Strumień objętości metanu ujęty systemem odmetanowania w okresie od 186 do 217 dnia eksploatacji wahał się w granicach od $16,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ do $18,8 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, przy czym wartość średnia wynosiła $17,4 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

W 218 dniu eksploatacji dokonano zmiany sposobu wentylacji z „Y” na „U”.

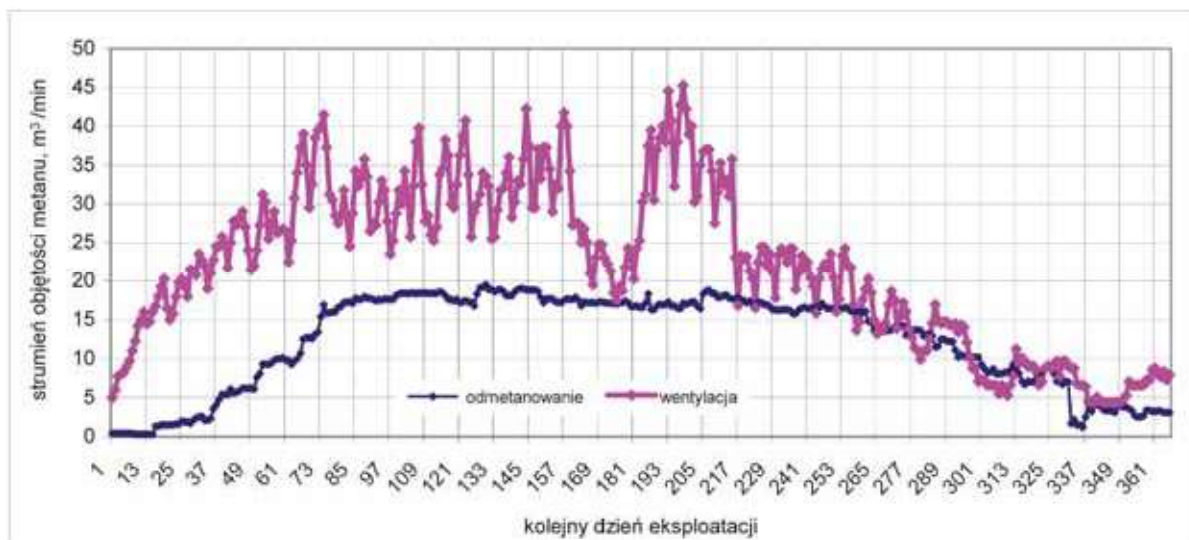
Wraz ze zmianą wentylacji rejonu ściany zmniejszyła się metanowość wentylacyjna i całkowita. Aby wyrazić liczbowo zaistniałe zmiany obliczono średnie wartości metanowości wentylacyjnej i całkowitej na podstawie pomiarów z 7 dni przed zmianą i 7 dni po zmianie wentylacji. Metanowość wentylacyjna przed zmianą wynosiła $31,7 \text{ m}^3/\text{min}$, a metanowość całkowita $44,1 \text{ m}^3/\text{min}$. Po zmianie wentylacji metanowość wentylacyjna wynosiła $20,6 \text{ m}^3/\text{min}$, a metanowość całkowita $37,3 \text{ m}^3/\text{min}$. Nie zanotowano większych zmian w strumieniu objętości metanu ujętym systemem odmetanowania. Średnie tego strumienia obliczone na podstawie pomiarów z 7 dni przed i 7 dni po zmianie wentylacji wynosiły odpowiednio $17,9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ i $17,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Różnica tych wartości wynosi $0,6 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, co stanowi około 3% w stosunku do ujęcia metanu przed zmianą wentylacji.

Średnie wydobywanie wynosiło przed zmianą sposobu wentylacji $1526 \text{ Mg}/\text{dobę}$ a po zmianie $1401 \text{ Mg}/\text{dobę}$. Różnica



Rys. 4. Kształtowanie się metanowości całkowitej i wentylacyjnej w całym okresie eksploatacji pokładu 412g+ld 412 lg ścianą G-6

Fig. 4. Process of changes of total and ventilation methane content in the whole period of extraction in coal seam no. 412 (tot layer+lower layer) with the longwall G-6



Rys. 5. Kształtowanie się metanowości wentylacyjnej i metanowości układu odmetanowania w całym okresie eksploatacji pokładu 412lg+ld 412 lg ścianą G-6

Fig. 5. Process of changes in ventilation methane content and methane capture efficiency in the whole period of extraction in coal seam no. 412 (tot layer+lower layer) with the longwall G-6

między powyższymi wartościami wynosi 125 Mg/dobę, co stanowi 0,1% wydobywania sprzed zmiany wentylacji.

Na dużą zmianę metanowości wentylacyjnej o 11,1 m³/min (czyli o 35%) i całkowitej o 6,8 m³/min (czyli o 15,4%), wobec małej zmiany wydobywania mogły wpłynąć w głównej mierze dwa czynniki: spadek metanonośności oraz zmiana sposobu wentylacji. Ponieważ zmiana metanowości wentylacyjnej i całkowitej nastąpiła skokowo, można sądzić, że główną przyczyną jest drugi z wymienionych czynników.

W okresie przewietrzania w sposób „Y” zrobki poddane były oddziaływaniu dużej różnicy ciśnień, wynikającej ze spadku potencjałów aerodynamicznych na drogach przepływu powietrza. Po wyeksploatowaniu pewnego odcinka wybiegu ściany, największa różnica ciśnień występowała pomiędzy punktem zrobów na wlocie do ściany a punktem zrobów najbardziej oddalonym od ściany, przylegającym do chodnika nadścianowego G-6, odprowadzającego powietrze zużyte. W całej lub prawie w całej objętości zrobów występowało podciśnienie (w stosunku do ciśnienia w ścianie), co sprzyjało przepływowi powietrza przez zrobki i wypływowi metanu do chodnika nadścianowego. Stężenie metanu w znacznym obszarze zrobów było niskie. Stwierdzenie powyższe zostało także potwierdzone w pracy (Szlązak, Szlązak 2001).

Zmiana sposobu przewietrzania z „Y” na „U” zmieniła rozkład ciśnienia wewnątrz zrobów. Przepływ mieszaniny powietrzno-metanowej w zrobach był spowodowany różnicą potencjałów aerodynamicznych na wlocie i wylocie ściany. Sposób przewietrzania „U” sprawił, że w dużej części zrobów panowało nadciśnienie w stosunku do ciśnienia powietrza w ścianie i nastąpiło zwiększenie ilości metanu w zrobach w stosunku do występującej w czasie przewietrzania w sposób „Y”. Skutkowało to podwyższeniem stężenia metanu w zrobach (Szlązak, Szlązak 2001).

W dalszym okresie eksploatacji wzrostowi kumulacji metanu w zrobach sprzyjało także powiększanie się zrobów wraz z postępem ściany, a zatem i przestrzeni kumulacji metanu. Efektem tych zmian było obniżenie metanowości wentylacyjnej rejonu ściany w stosunku do metanowości w trakcie przewietrzania w sposób „Y”.

W okresie od 218 do 257 dnia eksploatacji metanowość wentylacyjna wahała się w granicach od 16,5 m³CH₄/min

do 24,4 m³CH₄/min, metanowość całkowita w granicach od 33,5 m³CH₄/min do 41,6 m³CH₄/min. Strumień objętości metanu ujętego systemem odmetanowania wahał się w granicach od 17,9 m³CH₄/min do 16,1 m³CH₄/min. Średnia wartość metanowości wentylacyjnej w tym okresie wynosiła 21,5 m³CH₄/min, całkowitej 38,1 m³CH₄/min, a ujęcie metanu systemem odmetanowania wynosiło 16,6 m³CH₄/min.

W dalszym okresie eksploatacji od 258 do 295 dnia eksploatacji, średnia metanowość wentylacyjna zmalała do 14,8 m³CH₄/min, przy czym granice zmienności wynosiły 9,9 m³CH₄/min i 20,2 m³CH₄/min, a średnia metanowość całkowita zmalała do 28,2 m³CH₄/min, przy czym przedział zmian posiadał granice od 23,5 m³CH₄/min do 35,0 m³CH₄/min. Średni strumień objętości metanu ujęty systemem odmetanowania wynosił 13,5 m³CH₄/min i zmieniał się w granicach od 10,2 m³CH₄/min do 16,1 m³CH₄/min.

Średnia wartość wydobywania w omawianym okresie utrzymywała się na prawie takim samym poziomie jak w okresie poprzednim. Należy zatem sądzić, że obniżenie metanowości wentylacyjnej, całkowitej i strumieniem objętości metanu ujętego systemem odmetanowania było spowodowane obniżeniem metanonośności złoża.

Dalszy okres eksploatacji ścianą, od 296 do 367 dnia, charakteryzował się bardzo dużą zmiennością wydobywania dobowego. W tym czasie wystąpiło kilka dłuższych przerw w wydobywaniu (od 3 dni do 18 dni), a od 350 dnia do końca okresu eksploatacji prowadzono prace przygotowania ściany do likwidacji, co wiąże się ze znacznym obniżeniem wydobywania. W okresie tym średnia metanowość wentylacyjna spadła do około 8,5 m³CH₄/min, a metanowość całkowita do około 10,0 m³CH₄/min. Spadek metanowości był spowodowany zarówno spadkiem wydobywania, jak i metanonośności pokładu.

Wystąpił także zauważalny spadek strumienia objętości metanu ujętego systemem odmetanowania z czasem eksploatacji od 17,9 m³CH₄/min do 3,1 m³CH₄/min w ostatnim dniu eksploatacji, przy czym najniższa wartość odmetanowania, wynosząca 1,2 m³CH₄/min, została zanotowana w 337 dniu eksploatacji.

4. Analiza ryzyka metanowego w ścianie G-6

Jednym z najczęściej używanych wskaźników zagrożenia metanowego są przekroczenia dopuszczalnych stężeń metanu. Przekroczenie dopuszczalnego stężenia jest szczególnie groźne w miejscach, w których występuje duże prawdopodobieństwo zaistnienia inicjału wybuchu.

Cały okres eksploatacji ścianą G-6 wyniósł 367 dni, w tym 234 dni robocze, przy czym sposób przewietrzania „Y” stosowano w ciągu 217 dni, w tym 150 roboczych, a sposób przewietrzania „U” w ciągu 150 dni, w tym 84 roboczych.

W rejonie ściany G-6, w całym okresie eksploatacji ścianą zanotowano 271 przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu, przy czym w okresie przewietrzania w sposób „Y” – 159 przekroczeń, a w okresie przewietrzania w sposób „U” – 112 przekroczeń.

W trakcie przewietrzania w sposób „Y” najwięcej przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu miało miejsce na wylocie z rejonu wentylacyjnego ściany (110 przypadków). Było to wynikiem migracji dużego strumienia objętości metanu ze zrobów do chodnika nadścianowego G-6.

Na wylocie ze ściany, 2 metry przed skrzyżowaniem ściany z chodnikiem nadścianowym G-6, zanotowano 44 przypadki przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu. Liczba ta stanowi około 27% powstałych przekroczeń stężenia metanu w okresie przewietrzania w sposób „Y”.

Pozostałe przekroczenia stężenia metanu (5 przypadków) spowodowane były przekroczeniem stężenia na wlocie do ściany (2 przypadki) oraz w pobliżu tamy izolującej zroby sąsiedniej, zlikwidowanej ściany (3 przypadki).

Przekroczenia stężenia metanu na wylocie ze ściany zostały wywołane urabianiem węgla lub urabianiem połączonym z nagłymi odprężeniami calizny w pobliżu kombajnu.

W trakcie przewietrzania rejonu ściany w sposób „U” najwięcej, bo aż 68 przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu zanotowano nad napędem pomocniczym przenośnika ścianowego (CSM-4 na rys. 3). Stanowi to około 61% całej liczby przekroczeń powstałych w czasie przewietrzania w układzie „U”.

Drugim miejscem pod względem liczby przekroczeń, w okresie stosowania sposobu przewietrzania „U”, było miejsce zabudowy czujnika metanometrycznego w chodniku nadścianowym za przegrodą wentylacyjną, w odległości do 2 m od linii likwidacji chodnika (CSM-5 na rys. 3). Stwierdzono tam 35 przypadków przekroczenia stężenia metanu, co stanowi około 31% całkowitej liczby przekroczeń w czasie przewietrzania w sposób „U”.

W okresie stosowania sposobu przewietrzania „U” najliczniejszymi przyczynami przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu nad napędem pomocniczym przenośnika ścianowego były: przebudowa, uszkodzenia i awarie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych (24 przypadki) oraz przesuwanie sekcji obudowy w wylotowej części ściany (26 przypadków).

Zdaniem autorów artykułu, profilaktyka metanowa w trakcie przebudowy pomocniczych urządzeń wentylacji, bądź w okresie ich uszkodzenia lub awarii powinna polegać na zatrzymaniu urabiania w ścianie do czasu zakończenia prac związanych z doprowadzeniem tych urządzeń do właściwego stanu.

W okresie normalnej eksploatacji, pomocnicze urządzenia wentylacji powinny być w takim stanie, aby strefa podwyższonego stężenia metanu została możliwie jak najdalej przesunięta w kierunku zrobów. Taki stan można osiągnąć przez utrzymanie jak najlepszej przegrody wentylacyjnej.

Z powyższej analizy wynika, że najbardziej niebezpiecznym miejscem pod względem możliwości powstania wybuchu metanu, w całym okresie eksploatacji, niezależnie

od stosowanego układu przewietrzania, była część ściany w rejonie skrzyżowania z chodnikiem nadścianowym G-6. W tym miejscu występuje największe prawdopodobieństwo koincydencji wybuchowej mieszaniny metanu i źródła inicjału (np. iskier w trakcie urabiania kombajnem, iskier pochodzących od nierównomiernej współpracy łańcucha zgrzeblowego przenośnika z gwiazdą napędową na stacji zwrotnej).

Niższe zagrożenie wybuchem niż w wylotowej części ściany występowało w pobliżu miejsca likwidacji chodnika, za przegrodą wentylacyjną, gdyż zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia wybuchowego stężenia metanu jak i inicjału wybuchu było mniejsze niż w wylotowej części ściany.

Na wylocie z rejonu wentylacyjnego, zarówno w przypadku stosowania przewietrzania w sposób „Y” jak i „U”, wystąpienie inicjału wybuchu było bardzo małe, a zatem i zagrożenie wybuchem metanu było znacznie niższe niż w przypadku wylotowej części ściany.

Aby porównać poziom zagrożenia metanowego, obliczono częstość występowania przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu w dni robocze w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym. Dla sposobu przewietrzania „Y” częstość ta wynosiła nieco ponad 0,29 przekroczenia na dzień roboczy, natomiast dla sposobu przewietrzania „U” wynosiła ona 1,23 przekroczenia na dzień roboczy, co dowodzi, że zagrożenie metanowe w omawianym rejonie było znacznie większe w trakcie przewietrzania w sposób „U”.

Analizując występowanie przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu, zbadano także relacje pomiędzy liczbą przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu a średnią metanowością wentylacyjną w określonym dniu.

Stwierdzono, że istniała graniczna metanowość wentylacyjna, poniżej której nie występowały przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu. W okresie przewietrzania rejonu ściany w sposób „Y” metanowość ta wynosiła 33,5 m³CH₄/min, a w okresie przewietrzania w sposób „U” – 12,5 m³CH₄/min. Oznacza to, że sposób przewietrzania „U” stwarzał warunki do powstania przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu dla niższych metanowości wentylacyjnych rejonu ściany niż sposób przewietrzania „Y”. Przekroczenie tych granicznych wartości metanowości wentylacyjnej nie było warunkiem wystarczającym do wystąpienia przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu, czyli, jeżeli metanowość była wyższa od odpowiedniej wartości granicznej, to nie zawsze wystąpiło przekroczenie dopuszczalnego stężenia metanu.

5. Stwierdzenia i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. W związku z prognozowaną wysoką metanowością całkowitą ściany G-6 w pokładzie 412 łg+łd i 412 łg (do 48 m³CH₄/min dla wydobywania 2500 Mg/dobę) zaprojektowano sposób „Y” przewietrzania ściany.
2. W trakcie eksploatacji średnia metanowość całkowita ściany rosła do 74 dnia eksploatacji ścianą. W 74 dniu osiągnęła ona wartość 58,4 m³CH₄/min, a metanowość wentylacyjna 41,5 m³CH₄/min. Strumień objętości metanu ujęty systemem odmetanowania wzrastał – osiągnął 16,9 m³CH₄/min. Wzrost omawianych parametrów w początkowym okresie eksploatacji był spowodowany przede wszystkim rozwojem strefy odprężonej nad i pod wyeksploatowaną częścią pokładu, a tym samym z powiększaniem się strefy desorpcji metanu.
3. W okresie od 75 do 157 dnia eksploatacji nastąpiła pewna stabilizacja średniej metanowości wentylacyjnej ściany na poziomie 31,7 m³CH₄/min i metanowości całkowitej

- na poziomie 59,7 m³CH₄/min. Stabilizację metanowości można tłumaczyć niewielkimi zmianami wielkości strefy desorpcji i metanonośności warstw w tej strefie oraz stabilizacją wartości średniej wydobywania. Jednocześnie występowały silne wahania metanowości w okresach tygodniowych. Metanowość całkowita wahała się w granicach od 41,1 m³CH₄/min do 61,1 m³CH₄/min, a metanowość wentylacyjna w przedziale od 23,5 m³CH₄/min do 42,3 m³CH₄/min. Wahania te były spowodowane dość dużymi różnicami wydobywania pomiędzy poszczególnymi dniami i występowaniem dwóch dni wolnych w tygodniu.
4. W dniach od 158 do 185 dnia eksploatacji wystąpił okres silnego obniżenia metanowości całkowitej i wentylacyjnej, co było najprawdopodobniej spowodowane dużym obniżeniem średniej wartości wydobywania. Metanowość całkowita wahała się w granicach od 34,5 m³CH₄/min do 59,3 m³CH₄/min, a wentylacyjna od 17,5 m³CH₄/min do 41,8 m³CH₄/min. Wartość średnia metanowości całkowitej wynosiła 42,1 m³CH₄/min, a metanowości wentylacyjnej 24,9 m³CH₄/min.
 5. Okres eksploatacji od 186 do 217 dnia eksploatacji charakteryzował się ponownym wzrostem metanowości całkowitej i wentylacyjnej. I tak metanowość całkowita zawierała się w granicach od 40,7 m³CH₄/min do 62,4 m³CH₄/min (wartość średnia 53,3 m³CH₄/min), a wentylacyjna od 23,0 m³CH₄/min do 45,3 m³CH₄/min (wartość średnia 35,9 m³CH₄/min). Parametry te są zbliżone do parametrów z okresu od 75 do 157 dnia eksploatacji. Najprawdopodobniej przyczyną takiego stanu rzeczy był powrót wydobywania na poziom z okresu od 75 do 157 dnia eksploatacji.
 6. W 218 dniu eksploatacji zmieniono sposób przewietrzania rejonu ściany z „Y” na „U”. Jednocześnie wystąpiło obniżenie metanowości wentylacyjnej o 35,0% i całkowitej o 15,4%, przy prawie niezmiennym ujęciu metanu. Przyczynami tego zjawiska mogły być: obniżenie wydobywania, zmniejszanie się metanonośności pokładu i warstw otaczających oraz zmiana sposobu wentylacji. Przeprowadzona analiza pozwala wyciągnąć wniosek, że główną przyczyną była zmiana sposobu wentylacji.
 7. W okresie od 218 do 257 dnia eksploatacji metanowość całkowita wahała się od 23,5 m³CH₄/min do 35,0 m³CH₄/min, a wentylacyjna od 9,9 m³CH₄/min do 20,2 m³CH₄/min.
 8. W okresie następującym po 257 dniu eksploatacji następowało systematyczne obniżenie metanowości ściany. Było to spowodowane spadkiem metanonośności pokładu eksploatowanego i górotworu otaczającego ten pokład, a w końcowym etapie eksploatacji również znacznym zmniejszeniem wydobywania. W ostatnim dniu eksploatacji metanowość całkowita wynosiła 10,0 m³CH₄/min a wentylacyjna 8,5 m³CH₄/min.
 9. Strumień objętości metanu ujęty systemem odmetanowania do 74 dnia eksploatacji ścianą stopniowo rósł, aby w 74 dniu osiągnąć wartość 16,9 m³CH₄/min. W dalszym okresie strumień ten stabilizuje się, wahać się w granicach od 15,5 m³CH₄/min do 18,3 m³CH₄/min. Od dnia wprowadzenia zmiany sposobu wentylacji z „Y” na „U” ujęcie metanu systematycznie malało, aby w ostatnim dniu osiągnąć wartość 3,1 m³CH₄/min.
 10. W całym okresie eksploatacji wystąpiło w rejonie ściany G-6 271 przypadków przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu, przy czym 159 z nich wystąpiło w okresie przewietrzania w sposób „Y”, a 122 w okresie przewietrzania w sposób „U”.
 11. W okresie stosowania sposobu przewietrzania „Y” najwięcej, 110 przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu, miało miejsce na wylocie z rejonu wentylacyjnego. Czujnik na wylocie ze ściany, zlokalizowany w odległości 2 m od chodnika nadścianowego, stwierdził w tym okresie 44 przypadki stężenia metanu 2% i wyższego.
 12. W okresie stosowania wentylacji w sposób „U” największą liczbę przekroczeń dopuszczalnego stężenia metanu zanotowano w rejonie skrzyżowania ściany G-6 z chodnikiem nadścianowym G-6, przy czym 68 przypadków zanotowano nad napędem pomocniczym przenośnika ścianowego, a 35 przypadków w chodniku nadścianowym, w odległości do 2 m od czoła likwidacji chodnika.
 13. Sposób przewietrzania „Y” stosowano w ciągu 217 dni, w tym 150 dni roboczych, a sposób „U” w ciągu 150 dni, w tym 84 dni roboczych. W okresie przewietrzania w sposób „Y” przekroczenia dopuszczalnej wartości stężenia metanu wystąpiły z średnią częstością nieco ponad 0,29 przekroczenia na dzień roboczy, natomiast w okresie przewietrzania w sposób „U” częstość ta wynosiła 1,23 przekroczenia na dzień roboczy. Fakt ten oznacza, że sposób przewietrzania „U” słabiej przeciwdziałał zagrożeniu metanowemu niż sposób przewietrzania „Y”.
 14. Stwierdzono, że zarówno w okresie przewietrzania w sposób „Y”, jak i „U” występowała graniczna metanowość wentylacyjna, poniżej której nie zanotowano przekroczeń stężenia metanu. Dla sposobu „Y” wartość tej metanowości wynosiła 33,5 m³CH₄/min, a dla sposobu „U” – 12,54 m³CH₄/min. Nie we wszystkich dniach, w których występowała metanowość większa od granicznej zanotowano przekroczenie dopuszczalnego stężenia metanu.
 15. Analiza przyczyn wystąpienia przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu na wylocie ze ściany wykazała, że główną ich przyczyną, w okresie przewietrzania w sposób „Y”, było urabianie kombajnem w wylotowej części ściany lub urabianie i nagłe odprężenia calizny. Natomiast głównymi przyczynami występowania przekroczeń metanu w okresie stosowania sposobu wentylacji „U” były: przebudowa, uszkodzenia i awarie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych oraz przesuwanie sekcji obudowy w wylotowej części ściany.

Literatura

- BADURA H. 2013 - Metody prognoz krótkoterminowych stężenia metanu na wylotach z rejonów ścian zawałowych w kopalniach węgla kamiennego. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice.
- FRYCZ A., SZLAZAK J. 1978 - Wentylacyjne sposoby zwalczania zagrożenia metanowego. „Bezpieczeństwo i Higiena Pracy” nr 1.
- MUSIOŁ D. 2000 - Analiza układów przewietrzania rejonów ścian w podziemnych wentylacyjnych w aspekcie zagrożenia metanowego, pożarowego i termicznego. „Wiadomości Górnicze” nr 6.
- Projekt techniczny eksploatacji ścianą G-6 pokładu 412 łg+łd i 412 łg w KWK „A” - 2014.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. nr 139 poz. 1169 wraz z późniejszymi zmianami).
- STRUMIŃSKI A. 1987 - Zwalczanie pożarów podziemnych w kopalniach. Wydawnictwo PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Wrocław.
- SULKOWSKI J., MUSIOŁ D. 2007 - Wpływ roczniki pokładu na zwalczanie zagrożeń pożarowych, metanowych i klimatycznych w ścianach. GIG. Górnictwo i Środowisko. Katowice.
- SULKOWSKI J., NGUYEN HUYEN DIEU 1944 - Lokalizacja stref o wybuchowej koncentracji metanu w zrobach ściany zawałowej przewietrzanej przekątnie. Konferencja Nauk.-Techn. nt.: Zagrożenie metanowe w górnictwie. Ustroń, luty 1994.

SZŁĄZAK J., SZŁĄZAK N. 2001 - Filtracja powietrza w zrobach ścian zawałowych. „Górnictwo”. R. 25, z. 4.

SZŁĄZAK N., SZŁĄZAK J. 2013 - Wentylacja wyrobisk ścianowych w kopalniach węgla kamiennego, w warunkach zagrożenia metanowego i pożarowego. „Górnictwo i Geologia”, t. 8, z. 2.

WACŁAWIK J., CYGANKIEWICZ J., BRANNY M. 2000 - Niektóre zagadnienia pożarów endogenicznych. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, nr 2. Wyd. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków.

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016
Artykuł akceptowano do druku 5.03.2017

***Zwiększajmy prenumeratę
najstarszego – czołowego miesięcznika
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa!***

Liczba zamawianych egzemplarzy określa zaangażowanie jednostki
gospodarczej w procesie podnoszenia kwalifikacji swoich kadr!

Zapraszamy do publikacji artykułów w wersji angielskojęzycznej