

Rejestracje rozkładu stężenia metanu na skrzyżowaniu wylotu ściany z chodnikiem nadścianowym

STANISŁAW WASILEWSKI

Instytut Mechaniki Górniczej PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

Streszczenie

Praktyka górnicza oraz wyniki badań pokazują, że dla przewietrzania ścian sposobem na „U” po caliznie węglowej występuje migracja metanu ze zrobów do likwidowanej części chodnika wentylacyjnego, co ma istotny wpływ na zagrożenia metanowe. Wcześniejsze badania prowadzono dla rozpoznania dopływu metanu do ściany w czasie urabiania kombajnem. Obecnie jest to próba oszacowania dopływu metanu z odkrytej calizny, a przede wszystkim ze zrobów ściany przy braku urabiania i pracy maszyn.

Praktyka pokazuje, że w przypadku przewietrzania ściany sposobem na U po caliznie węglowej powietrze ucieka do zrobów w początkowym odcinku ściany, aby wypływać w jej końcowym biegu wynosząc gazy zrobowe, w tym metan, do ściany oraz do skrzyżowania ściany z likwidowanym chodnikiem wentylacyjnym.

W artykule przedstawiono eksperyment badawczy, w którym zastosowano bezprzewodowe czujniki metanu nie skrepowane liniami pomiarowymi. Taka instalacja umożliwiła rejestrację stężenia metanu dla dowolnego rozłożenia czujników metanu na końcu ściany i na skrzyżowaniu wylotu ściany z chodnikiem nadścianowym. Uzyskane wyniki rejestracji mają istotne wartości poznawcze dostarczając potrzebnych danych do weryfikacji i walidacji badań modelowych.

Słowa kluczowe: wentylacja kopalń, zagrożenie metanowe, monitorowanie stężenia metanu

1. Wprowadzenie

W polskim górnictwie węgla kamiennego zasady stosowania metanometrii automatycznej określa rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [Rozporządzenie MG, 2002]. Rozdział 2 działu 5 ww. rozporządzenia precyzuje wymagania odnośnie rozmieszczenia czujników, progów zadziałania czujników oraz czas reakcji systemu. Stosowane obecnie w kopalniach systemy metanometrii automatycznej spełniają wszystkie wymagania określone ww. rozporządzeniu w zakresie kontroli zagrożenia metanowego i zabezpieczenia stref wyrobisk, w których znajdują się ludzie i pracują maszyny.

Rozkład stężenia metanu w kanale ściany oraz miejscach szczególnie zagrożonych był przedmiotem zarówno licznych badań eksperymentalnych „in-situ” jak i modelowania numerycznego [Krawczyk i Wasilewski, 2009, 2016; Kumar, 2016].

Praktyka i zdarzenia pokazują przypadki kiedy kontrola metanu i zabezpieczeń mogły okazać się nieskuteczne. Dotyczy to min. ściany wydobywczej gdzie czujniki zgodnie z przepisami kontrolują stężenie metanu na wlocie i wylocie ze ściany. Badania prowadzone dla rozpoznania dopływu metanu do ściany w czasie urabiania kombajnem, pokazały zmiany stężenia metanu w różnych przekrojach ściany (Dziurzyński i in., 2019). Długość obecnie eksploatowanych ścian oraz występujące zaburzenia geologiczne w przestrzeni ściany a także możliwość nagłych wpływów metanu ze strefy zrobowej za obudową (na skutek zawału stropu, wstrząsów, ruchu obudowy) stwarzają dodatkowe zagrożenia. W tej sytuacji wiele kopalń stosuje dodatkowe czujniki zlokalizowane w kanale ściany. Jest oczywiste, że w przypadku niebezpiecznych wzrostów stężenia metanu w ścianie, zainstalowane tam urządzenia (np. maszyny urabiające) będą pracować w atmosferze wybuchowej dopóki stężenie metanu w otoczeniu czujnika nie wzrośnie do poziomu, przy którym czujnik włączony do systemu metanometrii nie wyłączy energii elektrycznej w ścianie i wyrobiskach przyległych.

Uwzględniając wnioski po katastrofach, w których dochodziło do wybuchu metanu przy sprawnie działającej metanometrii, wielokrotnie wskazano na potrzebę dodatkowej kontroli oraz monitorowania stężenia metanu wzdłuż ściany min. w przestrzeni pod przenośnikiem ścianowym oraz w wybranych miejscach, gdzie można się spodziewać emisji metanu zza sekcji obudowy oraz ze strefy zawалу. Właśnie te dodatkowe miejsca możliwego wypływu i gromadzenia się metanu były przedmiotem badań w zadaniu 8 projektu strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach” [Raport, 2014]. W szczególności dokonano rejestracji stężenia metanu na skrzyżowaniu ściany i chodnika nadścianowego. W tym celu wykorzystano możliwości rozszerzonego systemu gazometrii obejmującego standardowe czujniki metanu kopalnianego systemu, które uzupełniono pomiarami za pomocą bezprzewodowych czujników metanu z transmisją radiową.

2. Kontrola zawartości metanu w powietrzu za pomocą urządzeń metanometrii automatycznej w myśl obowiązujących przepisów

System metanometrii automatycznej jest istotny w zwalczaniu zagrożenia metanowego. Podstawowymi elementami tego systemu są czujniki metanowe budowane w miejscach określonych przez przepisy, jak również w oparciu o ustalenia Kierownika działu wentylacji. Zgodnie z wyżej wymienionymi obowiązującymi przepisami, wymagana jest zabudowa czujników metanometrii automatycznej w następujących miejscach:

- Metanomierze kontrolujące zawartość metanu w prądzie powietrza wypływającego ze ściany zabudowuje się pod stropem:
 - w wyrobisku przyścianowym, w odległości nieprzekraczającej 10 m od wylotu ze ściany, jeżeli na wylocie nie łączą się prądy powietrza,
 - w ścianie, w odległości 2 m od wyrobiska przyścianowego, jeżeli na wylocie łączą się prądy powietrza,
- Metanomierz kontrolujący zawartość metanu w prądzie powietrza dopływającym do ściany zabudowuje się pod stropem w ścianie, w odległości nie większej niż 10 m od wyrobiska przyścianowego,
- Ponadto przy stosowaniu pomocniczych urządzeń wentylacyjnych do zwalczania zagrożenia metanowego w strefie skrzyżowania ściany z wyrobiskiem przyścianowym należy stosować dodatkowe czujniki metanometrii automatycznej, których rozmieszczenie powinno być dostosowane do lokalnych warunków zagrożenia metanowego. Lokalizacja tych czujników powinna:
 - wynikać z bieżącej oceny stanu zagrożenia metanowego i pomiarów wentylacyjnych,
 - zapewniać odpowiednią kontrolę potencjalnych miejsc możliwych wypływów i nagromadzeń metanu,
 - uwzględniać przemieszczanie się metanu z prądem przepływającego powietrza.

Czujniki nie mogą być umieszczone w bezpośrednim zasięgu intensywnych strumieni powietrza, wypływających z lutniociągów, strumienic, a także nieszczelności w przegrodach wentylacyjnych.

Zawartość metanu w powietrzu w poszczególnych wyrobiskach eksploatacyjnych za pomocą metanometrii automatycznej jest określona:

- w wyrobisku przyścianowym z prądem powietrza świeżego (w tym także w wyrobisku z prądem doświeżającym prąd powietrza wypływający ze ściany), nie może być większa niż 1% CH₄,
- w ścianie, na odcinku do 10 m od wlotu powietrza świeżego nie może być większa niż 1% CH₄,
- w ścianie, na jej pozostałej długości nie może być większa niż 2% CH₄,
- w wyrobiskach odprowadzających zużyte powietrze ze ściany, na odcinku od wylotu ściany do skrzyżowania z najbliższym czynnym wentylacyjnie wyrobiskiem, nie może być większa niż 2% CH₄,
- jeżeli wyrobisko przyścianowe z prądem powietrza zużytego odprowadzanego ze ściany łączy się bezpośrednio z grupowym prądem powietrza zużytego, to w tym wyrobisku nie może być większa niż 1,5% CH₄,
- na wylocie z rejonu wentylacyjnego, to znaczy w wyrobisku z rejonowym prądem powietrza zużytego, w odległości 10 m przed skrzyżowaniem z grupowym prądem powietrza zużytego, nie może być większa niż 1,5% CH₄,
- w innych wyrobiskach rejonu wentylacyjnego w prądach powietrza zużytego nie może być większa niż 2% CH₄.

3. Czujnik metanu z radiową transmisją danych

Zakres pomiarowy

Radiowy czujnik metanu [Raport, 2014] mierzy stężenie metanu w zakresie od 0 do 100% CH_4 . Pomiar metanu zapewnia czujnik katalityczny, w zakresie stężeń metanu do 5% CH_4 zintegrowany z czujnikiem termokonduktometrycznym, uruchamianym w zakresie powyżej 5% CH_4 . Czujnik jest zasilany lokalnie z zasilacza akumulatorowego zawierającego akumulatory litowo-jonowe spełniające wymagania Ex. Autonomię zasilania wraz z procedurami kalibracyjnymi producent określił na co najmniej 7 dni [Raport, 2014].

Czas odpowiedzi

Czas odpowiedzi radiowego czujnika metanu w systemie określany czasem osiągnięcia 50% i 90% wartości końcowej po skokowym wzroście stężenia metanu wg normy PN-EN 60079-29-1, są nie większe niż, odpowiednio: 10s i 30s.

Dokładność wskazań i regulacje nastaw

System wykrywa stężenie metanu z dokładnością nie gorszą niż:

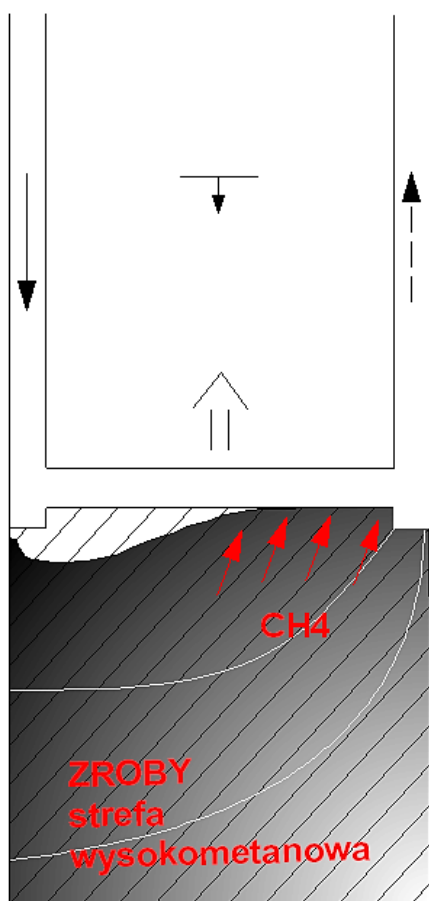
- $\pm 0,1\%$ metanu w zakresie do 2% CH_4 ,
- $\pm 5\%$ wskazań w zakresie do 5% CH_4 ,
- $\pm 3\%$ metanu lub $\pm 5\%$ wskazań w zakresie (5 do 100)% CH_4 .

[Raport, 2014].



4. Kontrola zawartości metanu na wylocie ze ściany przewietrzanej sposobem na „U”

W przypadku przewietrzania ścian sposobem na „U” po całiznie węglowej, przekrój wyrobiska, którym odprowadzane jest powietrze ze ściany w bezpośrednim jej sąsiedztwie oraz ilość metanu odprowadzana wentylacyjnie mają zasadniczy wpływ na rozkład stężeń metanu w tym wyrobisku [Dziurzyński, 2010; Krause, 2019]. Migracja gazów zrobowych, do chodnika likwidacyjnego, w ścianach przewietrzanych sposobem na „U” ma zasadnicze znaczenie dla stanu zagrożenia metanowego na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem wentylacyjnym. Wzrost zagrożenia metanowego w górnym odcinku ściany, za sekcjami obudowy zmechanizowanej obserwuje się w ścianach o dużej metanowości bezwzględnej, gdzie wentylacyjnie odprowadza się powyżej 10 m^3/min metanu.



Teoretyczny rozkład strefy wysokometanowej w zrobach dla ściany poprzecznej po wzniosie przewietrzanej na „U po całiznie” [Raport, 2014]

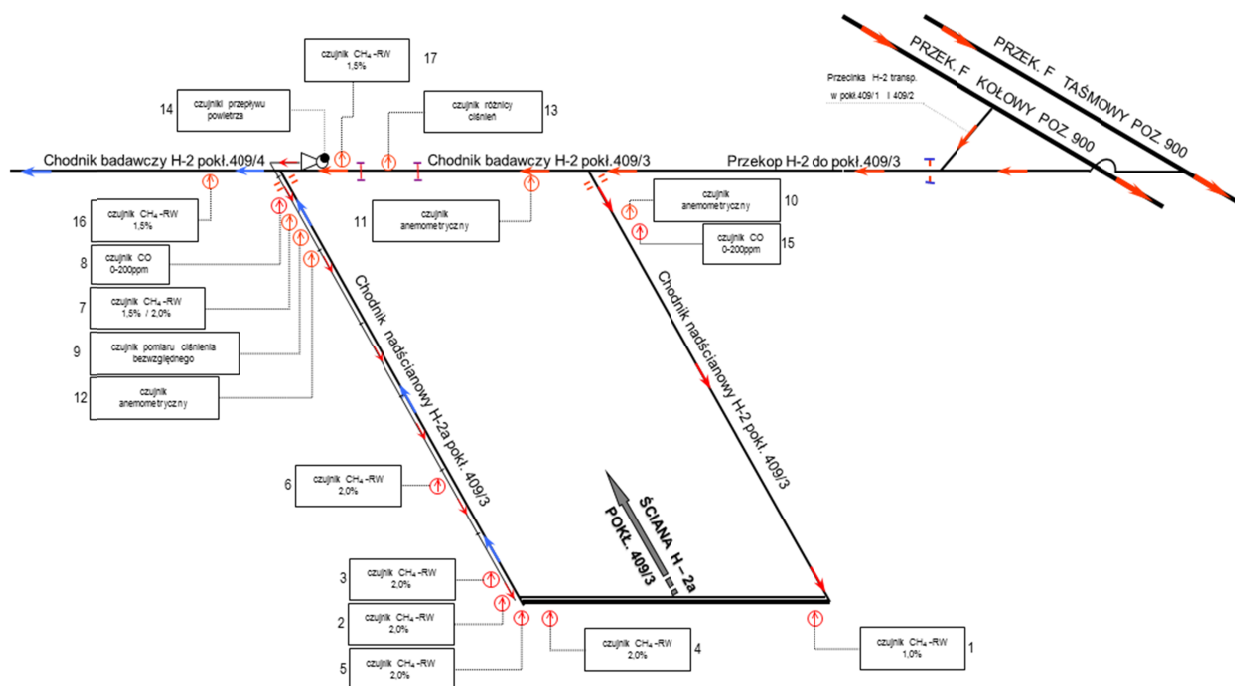
Według literatury oraz wyników prac naukowo-badawczych [Dziurzyński, 2010; Krause, 2019], na kształtowanie się zagrożenia metanowego w chodniku wentylacyjnym, w rejonie skrzyżowania ze ścianą przewietrzanej sposobem na „U” po caliznie węglowej w znacznym stopniu wpływają takie czynniki, jak:

- przekrój chodnika wentylacyjnego i ściany w rejonie skrzyżowania,
- metanowość wentylacyjna rejonu ściany,
- metanowość zrobów ściany oraz ich nachylenie,
- zmiana wydatku powietrza doprowadzonego do ściany,
- konfiguracja oraz rozmieszczenie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych,
- sprawność działania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych,
- rodzaj rabujących się skał stropowych oraz sposób doszczelnienia zrobów.

W ścianach przewietrzanych sposobem na „U”, w przypadku gdy zawał za sekcjami nie jest równomierny (warstwy stropowe zbudowane są z piaskowca) i zawał nie jest szczelny obserwuje się nagłe wypływy metanu zrobowego. Przy nagłym zawale skał stropowych, w górnym odcinku ściany dochodzi do nagłych wypływów metanu. Powyższe zjawiska są niebezpieczne, a jeśli w ścianie nie ma zabudowanego metanomierza, zjawiska te nie są monitorowane.

4.1. Obiekt obserwacji

Rejestracje stężenia metanu prowadzono w ścianie H-2a w pokładzie 409/3, która była jedną z najbardziej zagrożonych w JSW S.A. Dla niewielkiego wydobywania, 1000 t/dobę, metanowość bezwzględna przekraczała $30 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{min}$ [Raport, 2014]. Silnie nasycony metanem pokład 409/3 w którym stwierdzono metanonośność powyżej $11 \text{ m}^3 \text{CH}_4/t_{\text{CSW}}$ był również zagrożony wyrzutami metanu i skał. Sposób rozmieszczenia czujników metanometrii automatycznej i pomocniczych urządzeń wentylacyjnych w ścianie H-2a w pokładzie 409/3, pokazano na schemacie (Rys. 1). W ścianie H-2a w pokładzie 409/3, przewietrzanej sposobem na „U”, o wysokim zagrożeniu metanowym, zabezpieczenie metanometryczne realizowano dużą liczbą czujników metanu oraz dodatkowymi urządzeniami na wylocie ściany i skrzyżowaniu z chodnikiem nadścianowym (Rys. 2).

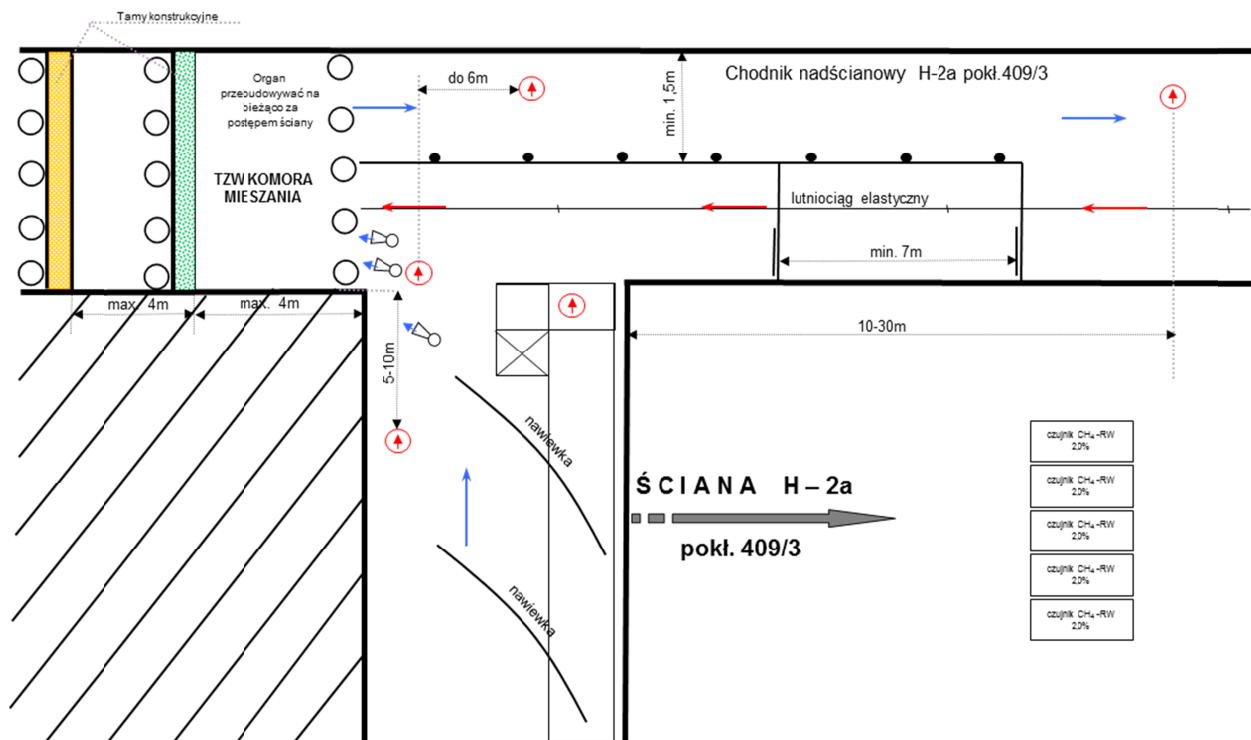


Rys. 1. Schemat lokalizacji czujników metanometrii automatycznej w ścianie H-2a pokł. 409/3 [Raport, 2014]

4.2. Schemat zabezpieczeń metanometrycznych i telemetrycznych w ścianie H-2a pokł. 409/3 (wg projektu technicznego [Raport, 2014])

1. **Czujnik CH₄ – RW próg 1,0%** zabudowany (nie niżej niż 10 cm) pod stropem sekcji w ścianie H-2a w pokładzie 409/3 w odległości nie większej niż 10 m od chodnika nadścianowego H-2 w pokładzie 409/3, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne w:
 - chodniku nadścianowym H-2 pokł.409/3 na odcinku co najmniej 10m od wlotu do ściany H-2a w pokładzie 409/3,
 - ścianie H-2a w pokładzie 409/3,
 - chodniku nadścianowym H-2a w pokładzie 409/3.
2. **Czujnik CH₄ – RW próg 2,0%** zabudowany pod stropem (nie niżej niż 10 cm) na wylocie ze ściany H-2a w pokładzie 409/3 od strony zawалу, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne jak w pkt 1.
3. **Czujnik CH₄ – RW próg 2,0%** zabudowany pod stropem (nie niżej niż 10 cm) w chodniku nadścianowym H-2a w pokładzie 409/3 za przegrodą wentylacyjną w odległości do 6 m od czujnika nr 2, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne jak w pkt 1.
– szczegółowy
4. **Czujnik CH₄ – RW próg 2,0%** zabudowany (nie niżej niż 10 cm) pod stropem sekcji od strony zawalu w ścianie H-2a w pokładzie 409/3 w odległości 5-10 m od chodnika nadścianowego H-2a w pokładzie 409/3, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne jak w pkt. 1.
5. **Czujnik CH₄ – RW próg 2,0%** zabudowany pod stropem (nie niżej niż 10 cm) nad napędem PZS w ścianie H-2a w pokładzie 409/3, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne jak w pkt 1.
6. **Czujnik CH₄ – RW próg 2,0%** zabudowany pod stropem (nie niżej niż 10 cm) w chodniku nadścianowym H-2a w pokładzie 409/3 w odległości 10-30 m od wylotu ze ściany H-2a w pokładzie 409/3, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne jak w punkcie 1.
7. **Czujnik CH₄ – RW** zabudowany pod stropem (nie niżej niż 10 cm) w chodniku nadścianowym H-2a w pokładzie 409/3 w odległości 10-15 m przed skrzyżowaniem z chodnikiem badawczym H-2 w pokładzie 409/4:
 - **próg 1 1,5%** – sygnalizuje przekroczenie 1,5% CH₄ w dyspozytorni metanometrii,
 - **próg 2 2,0%** – po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne jak w pkt. 1 oraz w chodniku badawczym H-2 pokł.409/4 od skrzyżowania z chodnikiem nadścianowym H-2a w pokładzie 409/3 do czujnika CH₄ pkt.16.
8. **Czujnik CH₄ – RW próg 1,5%** zabudowany (nie niżej niż 10 cm) pod stropem w chodniku badawczym H-2 w pokładzie 409/4 w odległości 10-15 m za skrzyżowaniem z chodnikiem nadścianowym H-2a w pokładzie 409/3, który po przekroczeniu progu wyłącza urządzenia elektryczne w:
 - chodniku badawczym H-2 w pokładzie 409/4 od miejsca zabudowy czujnika CH₄ pkt 16 w kierunku pochylni H-2 w pokładzie 409/4,
 - pochylni H-2 w pokładzie 409/4,
 - przecince do pochylni H-2 w pokładzie 409/4,
 - przekopie H – kołowym poziom 900 od skrzyżowania z przecinką do pochylni H-2 w pokładzie 409/4 do czujnika CH₄ zabudowanego w przekopie H – kołowym poz.900 w odległości 10-15 m za skrzyżowaniem z przecinką do przekopu H – kołowego poz.900.
 - chodniku wentylacyjnym H-1 w pokładzie 409/4,
 - pochylni H-1 w pokładzie 409/4,
 - przecince z pochylni H-1 w pokładzie 409/4 do przekopu H-taśmowego poz.900,
 - przekopie H-taśmowym poziom 900 od skrzyżowania z przecinką z pochylni H-1 w pokładzie 409/4 do przekopu H-taśmowego poziom 900 do czujnika CH₄ zbudowanego w przekopie H-taśmowym poz.900 w odległości 10-15 m za skrzyżowaniem z przecinką z pochylni H-1 w pokładzie 409/4 do przekopu H-taśmowego poziom 900,
 - przecince do przekopu H-kołowego poziom 900.
9. **Czujnik CH₄ – RW próg 1,5%** zabudowany pod stropem (nie niżej niż 10 cm) w chodniku badawczym H-2 w pokładzie 409/3 przed wentylatorem, który po przekroczeniu progu wyłącza wentylator.

Jak wynika z powyższego schematu zabezpieczeń metanometrycznych [Raport, 2014], w rejonie ściany H-2a w pokładzie 409/3 zabudowano dodatkowo, poza czujnikami wymaganymi obowiązującymi przepisami, cztery metanomierze.



Rys. 2. Schemat lokalizacji czujników metanometrii automatycznej i urządzeń pomocniczych w ścianie H-2a pokł. 409/3 [Raport, 2014]

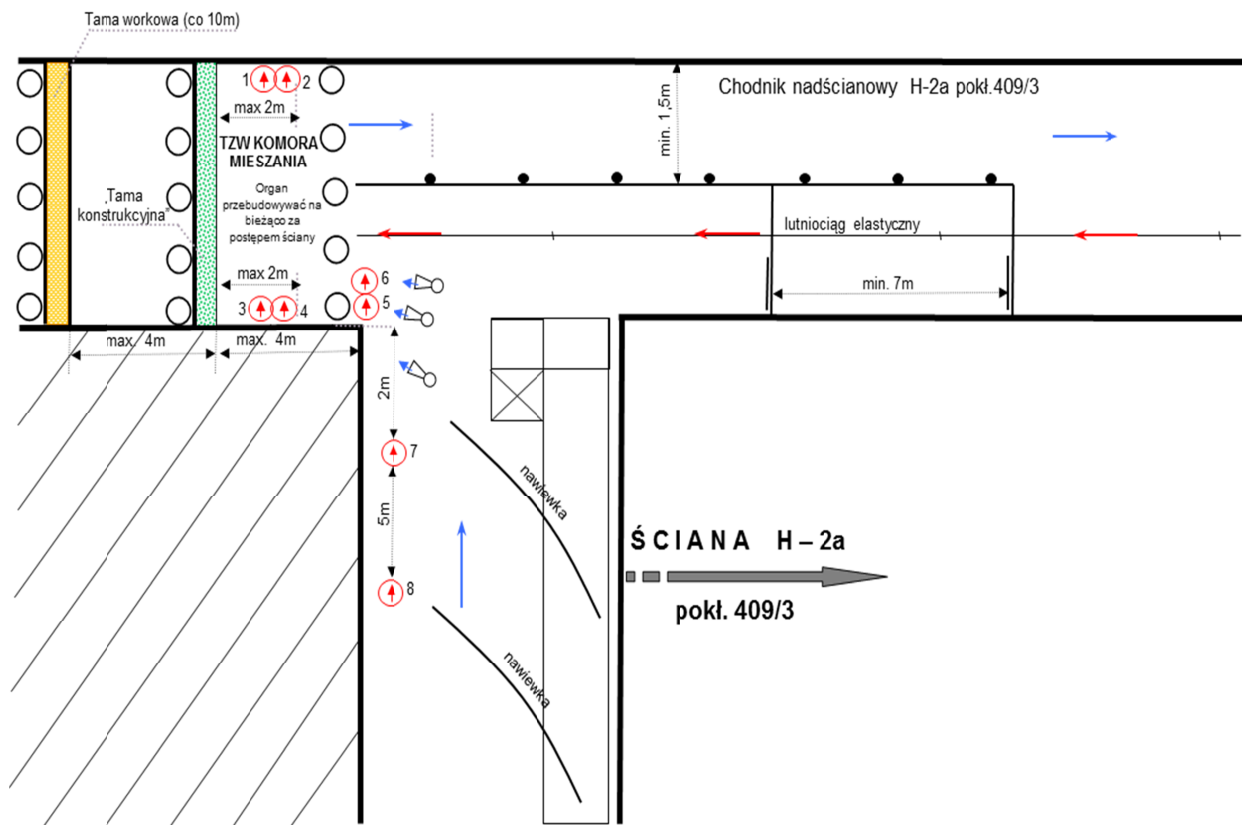
5. Rozszerzony o czujniki radiowe, system zabezpieczeń metanometrycznych w ścianie H-2a

Przykład ściany H-2a w pokładzie 409/3 uznano za na tyle interesujący, że w uzgodnieniu z kopalnią Borynia-Zofiówka-Jastrzębie Ruch Zofiówka dokonano zabudowy radiowych czujników metanu [Raport, 2014] w celu obserwacji wpływów metanu w tej ścianie. Czujniki zlokalizowane zostały na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem wentylacyjnym w części likwidowanej tego chodnika. Wybrano miejsca najbardziej narażone na wypływy metanu ze zrobów w warunkach przewietrzania ściany H-2a pokład 409/3 w układzie na U po caliznie węglowej. W tym celu został wykorzystany rozszerzony schemat zabezpieczeń metanometrycznych z zastosowaniem metanomierzy radiowych, który uwzględnił sześć czujników w chodniku nadścianowym (odprowadzającym powietrze zużyte ze ściany) oraz dwa czujniki w sekcjach obudowy zmechanizowanej w ścianie (Rys. 3 i 4). Wskazania tych czujników były rejestrowane w dyspozytorni.

5.1. Rozszerzony o metanomierze bezprzewodowe schemat zabezpieczeń metanometrycznych w ścianie H-2a pokł. 409/3

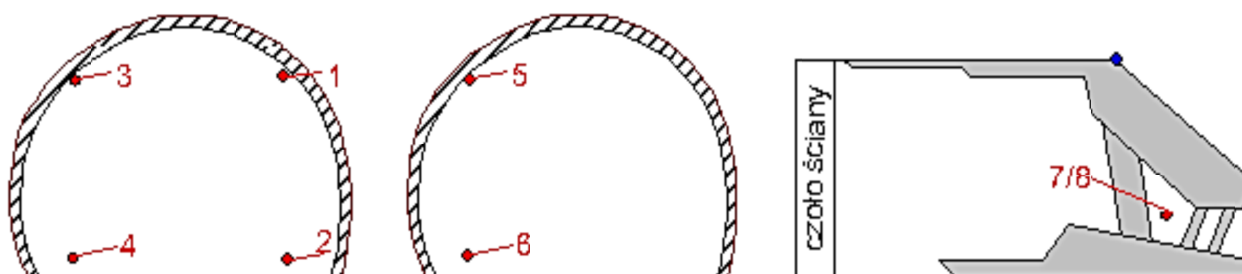
1. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany pod stropem w chodniku nadścianowym H-2a pokł.409/3 przy ociosie przeciwnym w odległości nie większej niż 2 m od tamy konstrukcyjnej.
2. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany na spągu w chodniku nadścianowym H-2a pokł.409/3 przy ociosie przeciwnym w odległości nie większej niż 2 m od tamy konstrukcyjnej.
3. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany pod stropem w chodniku nadścianowym H-2a pokł.409/3 przy ociosie odzawałowym w odległości nie większej niż 2 m od tamy konstrukcyjnej.
4. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany na spągu w chodniku nadścianowym H-2a pokł.409/3 przy ociosie odzawałowym w odległości nie większej niż 2 m od tamy konstrukcyjnej.

5. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany pod stropem w chodniku nadścianowym H-2a pokł.409/3 na linii zawału (linii organu) przy ociosie odzawałowym.
6. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany na spągu w chodniku nadścianowym H-2a pokł.409/3 na linii zawału (linii organu) przy ociosie odzawałowym.
7. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany w ścianie H-2a pokł.409/3 w części odzawałowej ściany jak najbliższej przestrzeni zrobów w odległości 2 m od chodnika nadścianowego H-2a pokł.409/3.
8. Czujnik radiowy CR-1 – CH₄ zabudowany w ścianie H-2a pokł.409/3 w części odzawałowej ściany jak najbliższej przestrzeni zrobów w odległości 5 m przed czujnikiem pkt 7.



Rys. 3. Lokalizację czujników radiowych w końcówce ściany i na skrzyżowaniu [Raport, 2014]

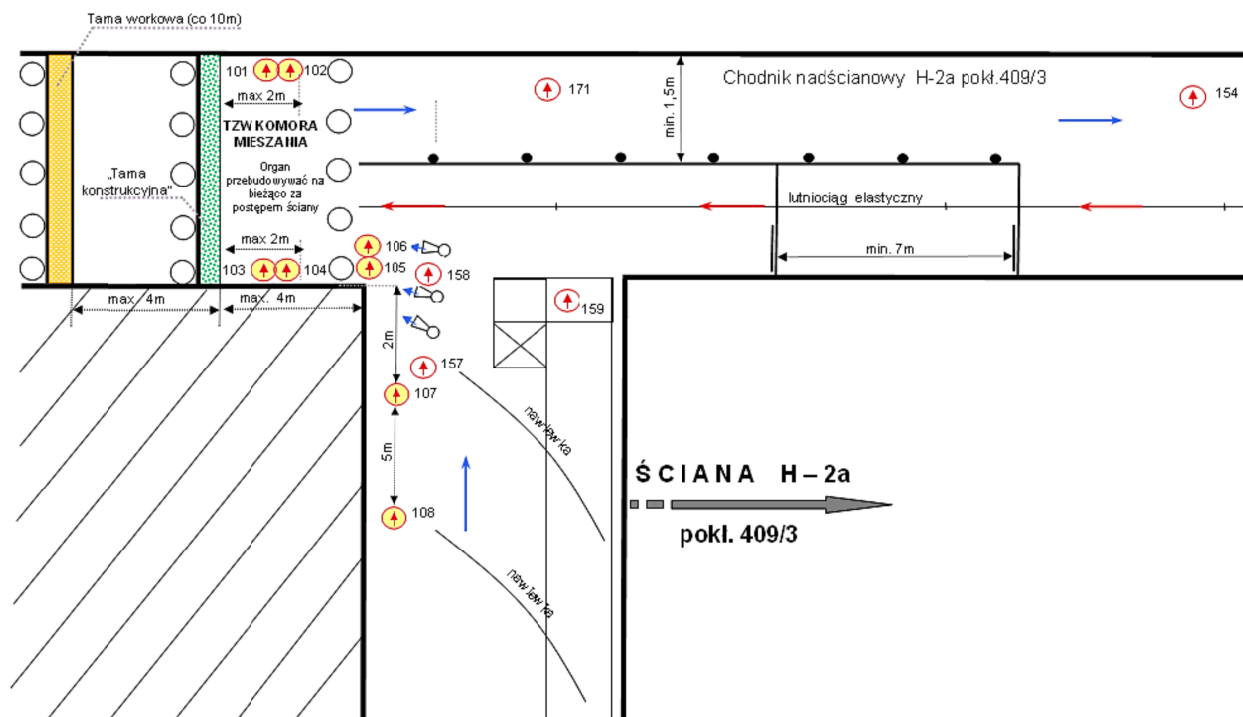
Na rysunku 4 pokazano szczegółowo w jaki sposób umieszczono radiowe czujniki metanu w



Rys. 4. Lokalizacja czujników radiowych w końcówce ściany i na skrzyżowaniu [Raport, 2014]

Po włączeniu radiowych czujników metanu do kopalnianego systemu metanometrii automatycznej uzyskano rozszerzony system kontroli i zabezpieczeń metanometrycznych w ścianie H-2a pokł. 409/3 (Rys. 5).

Numeracja radiowych czujników metanu rozmieszczonych jak na rysunku 5 odpowiadała kanałom pomiarowym w systemie rejestracji stężenia metanu na powierzchni (Tab. 1).



Rys. 5. Lokalizacja czujników rozszerzonego systemu w końcówce ściany i na skrzyżowaniu [Raport, 2014]

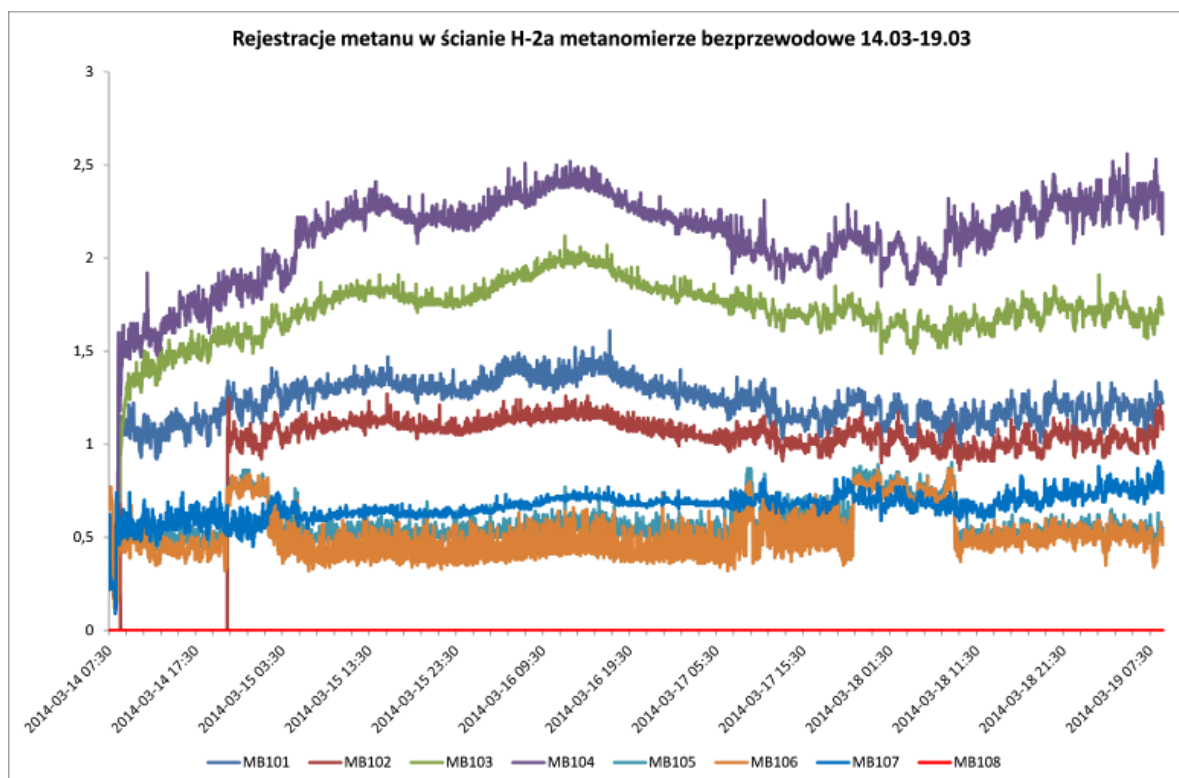
Tab. 1. Numery kanałów pomiarowych w systemie rejestracji stężenia metanu

Numer czujnika	Numer kanału
1	M101
2	M102
3	M103
4	M104
5	M105
6	M106
7	M107
8	M108

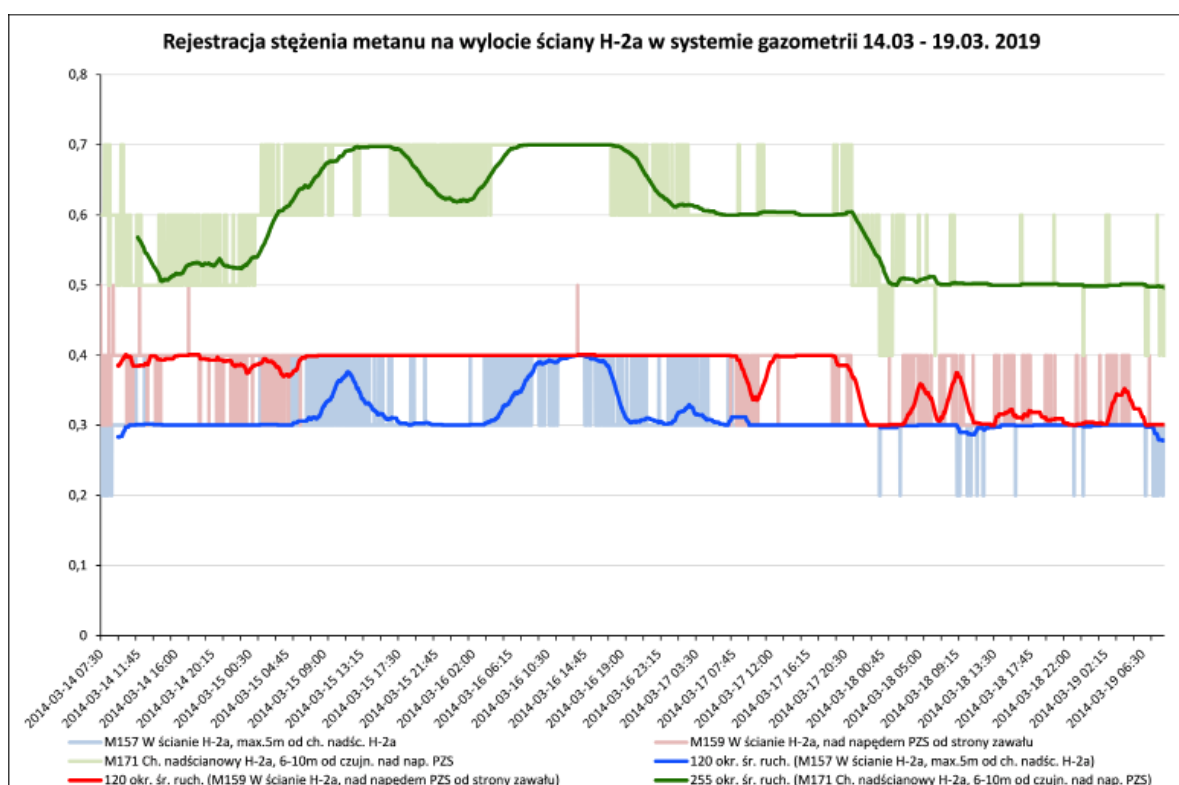
5.2. Rejestracje parametrów powietrza w rozszerzonym systemie zabezpieczeń metanometrycznych w ścianie H-2a pokł. 409/3

Naturalnym źródłem wysokich koncentracji metanu w sąsiedztwie wyrobisk ścianowych są przestrzenie poeksploatacyjne (zrobry). Rozkład stężeń metanu w zrobach nie ulega istotnym zmianom przy stałym dopływie metanu z górotworu do zrobów i braku zaburzeń wentylacyjnych w ich otoczeniu. Do niebezpiecznych wpływów metanu ze zrobów do wyrobisk górniczych mające bezpośredni kontakt ze zrobami może dojść najczęściej w wyniku [Dziurzyński, 2010; Krause 2,019; Raport, 2014]:

- zmiany rozkładu potencjałów aerodynamicznych wokół zrobów wywołanych np. regulacją sieci wentylacyjnej, zmianą oporów aerodynamicznych dróg wentylacyjnych, zmianą punktu pracy wentylatora głównego przewietrzania,
- przechodzenia skał stropowych w zawał,
- spadku ciśnienia barometrycznego,
- awarii systemu odmetanowania,
- awarii pomocniczych urządzeń wentylacyjnych dla zwalczania zagrożenia metanowego lub zmianie parametrów pracy wentylatora pomocniczego.

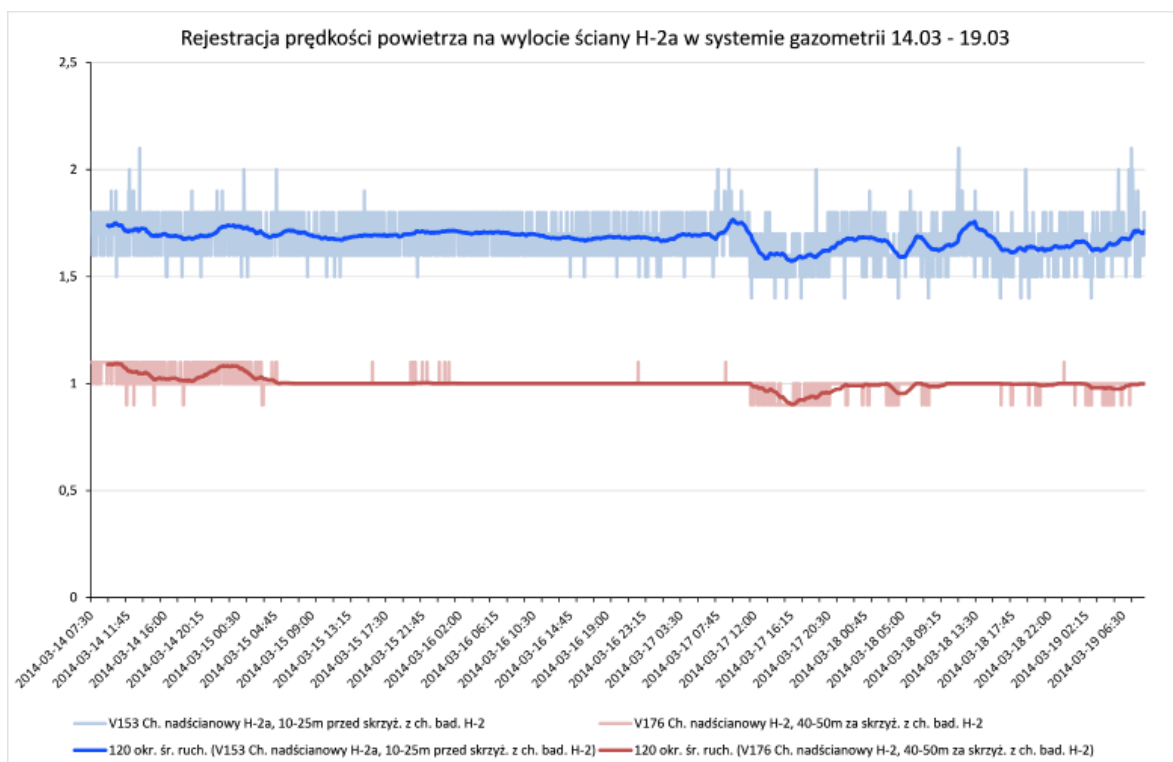


Rys. 6. Przebiegi stężenia metanu zarejestrowane przez czujniki radiowe

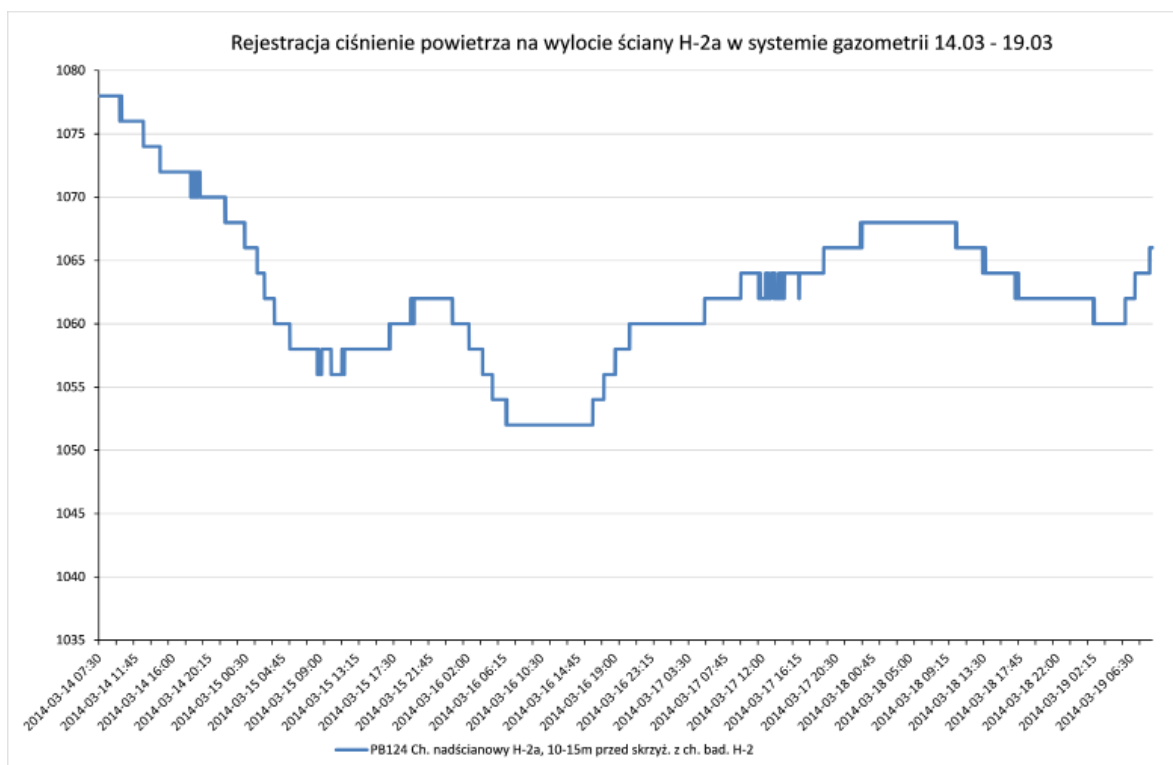


Rys. 7. Przebiegi stężenia metanu zarejestrowane przez metanomierze w systemie gazometrii

Zabudowa metanomierzy radiowych, w praktyce górniczej, może mieć wiele zastosowań w wyrobiskach dołowych kopalni węgla kamiennego. Metanomierze radiowe, mogą być budowane w trudno dostępnych miejscach, gdzie wykorzystanie przewodowych linii telekomunikacyjnych do urządzeń byłoby trudne do wykonania i utrzymania, np. w wyrobiskach ścianowych jak w przykładzie H-2a.



Rys. 8. Przebiegi prędkości powietrza zarejestrowane w systemie gazometrii



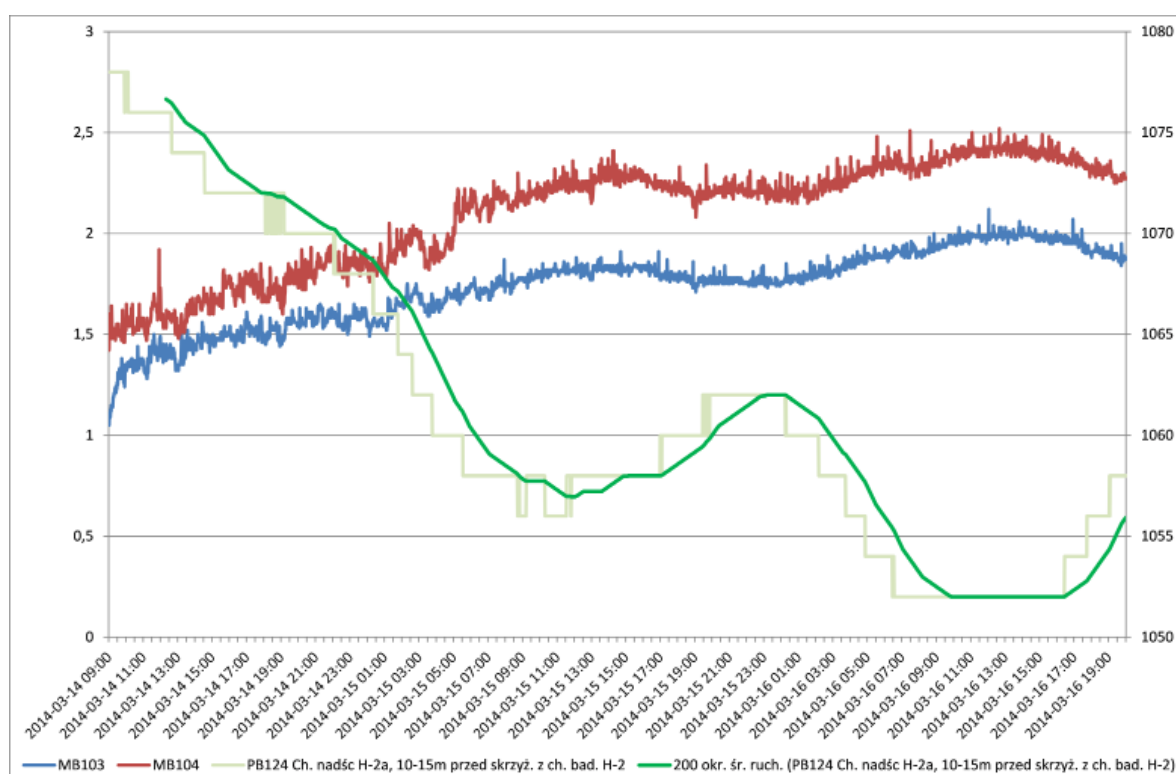
Rys. 9. Przebieg ciśnienia barometrycznego zarejestrowany w systemie gazometrii

Doświadczenia praktyczne pokazują, że miejsca te zależą również od sposobu przewietrzania wyrobiska. Dla układu przewietrzania ścian w systemie na U po całiznie, są to [Raport, 2014]:

- skrzyżowanie ściany z chodnikiem odprowadzającym powietrze zużyte (z tzw. chodnikiem wentylacyjnym) oraz 20 metrowy odcinek wyrobiska ścianowego obejmujący jego wylot (zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza) oraz ostatnie sekcje obudowy zmechanizowanej w ścianie,

- przy braku pomocniczych urządzeń wentylacyjnych ocios przeciwległy wylotowi ze ściany tzw. ocios górny,
- przy zastosowaniu zbyt szczelnej izolacji zrobów w części likwidowanej chodnika wentylacyjnego końcowy odcinek ściany.

W przedstawionym przykładzie rejestracji parametrów powietrza w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym (w części likwidowanej tego chodnika) zarejestrowano zmiany stężenia metanu nawet do 2,5%CH₄ (Rys. 6) pomimo stabilnych warunków przewietrzania oraz braku wydobywania i ruchu maszyn. Należy zauważyć, że metanomierze kopalnianego systemu gazometrii nie wskazywały (Rys. 7) w tym czasie zmian i przekroczeń wartości krytycznych. Nie zarejestrowano również zmian prędkości powietrza (Rys. 8). Zarejestrowane przez czujniki radiowe w rejonie skrzyżowania ściany z likwidowanym chodnikiem wentylacyjnym zmiany stężenia metanu przy ociosie w części od zrobów to prawdopodobnie efekt wypływu metanu ze zrobów w wyniku zniżki ciśnienia barometrycznego (Rys. 9). Porównanie rejestracji stężenia metanu dla czujników M103 i M104 zawieszonych na ociosie od strony zawалу w likwidowanej części chodnika wentylacyjnego potwierdza, że wysoki poziom, stężenie metanu może być efektem migracji metanu wraz z gazami zrobowymi. Równocześnie można przyjąć, że wzrost stężenia metanu w dniach 14.03-16.03 (Rys. 10), to efekt wyraźnego spadku ciśnienia barometrycznego w tym czasie.



Rys. 10. Przebieg stężenia metanu w likwidowanej części chodnika wentylacyjnego na tle spadku ciśnienia barometrycznego

6. Podsumowanie

Przedstawię wyniki badań są próbą rozpoznania kolejnego źródła dopływu metanu do rejonu ściany stanowiącego istotną część gazów zrobowych.

W roku 2018 prowadzono analizy dla rozpoznania źródła w postaci dopływu metanu do ściany w czasie urabiania kombajnem [Dziurzyński i in., 2019]. Obecnie przedmiotem badań był dopływ metanu do rejonu ściany przy braku urabiania i pracy maszyn. Można uznać że jest to próba oszacowania tła dopływu metanu z odkrytej calizny, a przede wszystkim ze zrobów ściany. Dotychczasowe badania oraz praktyka pokazują, że w przypadku przewietrzania ściany sposobem na U po caliznie węglowej powietrze ucieka do zrobów w początkowym odcinku ściany, aby wypływać w końcowym jej biegu oraz do naroża, skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym wynosząc gazy zrobowe, w tym metan.

W eksperymencie badawczym [Raport, 2014] wykorzystano metanomierze bezprzewodowe, które nie skrzepowane liniami pomiarowymi pozwoliły na swobodne ich rozmieszczenie oraz zarejestrowanie stężenia metanu w końcowym biegu ściany oraz na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem wentylacyjnym w przypadku wstrzymanej pracy maszyn.

Uzyskane wyniki rejestracji potwierdzają wcześniejsze obserwacje i stanowią interesujące dane, które mają wartości poznawcze oraz mogą być wykorzystane do weryfikacji i walidacji badań modelowych.

Prezentowane wyniki badań opracowano w ramach prac statutowych IMG PAN w roku 2019 w temacie pt. *Aspekty środowiskowe i bezpieczeństwa prowadzenia prac podziemnych*, finansowanych przez MNiSW.

Literatura

- Dziurzyński W. (red.), 2010: *Model bezpiecznej eksploatacji górniczej w warunkach kumulacji i koincydencji zagrożeń wentylacyjnych, metanowych i pożarowych*. Monografia, Kraków 2010, str. 227.
- Dziurzyński W., Krach A., Pałka T., Wasilewski St., 2019: *Wpływ urabiania kombajnem na warunki przewietrzania w ścianie wydobywczej*. Archives of Mining Sciences, Seria: Monografia, nr 19, pod redakcją W. Dziurzyńskiego, pp. 283-296,
- Krauze E., 2019: *Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla kamiennego*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 181.
- Krawczyk J., Wasilewski S., 2009: *Migration of methane into longwall and tailgate crossing*. Proceedings of the 9th International Ventilation Congress, New Delhi, India. pp. 483-494.
- Krawczyk J., Wasilewski S., 2013: *Simulation and monitoring of methane concentration transients in longwall region – a progress report*. Proceedings 35th International Conference of Safety in Mines Research Institutes ICSMRI 2013, London, 15-17 October 2013, pp. 193-202.
- Kumar P., 2016: *Computational Simulations of Methane Layering and Dispersion of Methane in Underground Coal Mines*. The Thesis Submitted for Award of Ph.D Degree, Indian School of Mines, Dhanbad-826004, Jharkhand, India.
- Raport końcowy, 2013: Raport końcowy Projektu strategicznego, Zadania 3, pt. *Opracowanie zasad pomiarów i badań parametrów powietrza kopalnianego dla oceny zagrożenia metanowego i pożarowego w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny*. IMG PAN, Kraków, czerwiec 2013.
- Raport końcowy 2014: Raport końcowy Zadania 8, pt. *Opracowanie systemu gazometrycznego powodującego natychmiastowe wyłączenie energii zasilającej maszyny i urządzenia w przypadku nagłego wypływu metanu ze zrobów do wyrobisk eksploatacyjnych*. Projektu strategicznego pt. "Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach". GIG, Katowice, grudzień 2014.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku, w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dziennik Ustaw 02.139.1169).

Registrations of methane concentration distribution at the crossing of the longwall outlet with the tailgate

Abstract

Mining practice and research results show that for longwalls with the "U" type ventilation system and variant with airflow along the solid coal, methane migration from goaf to the liquidated part of the tailgate has a significant impact on methane hazards. Earlier studies were conducted to identify the methane inflow to the longwall during mining with a shearer. Currently, it is an attempt to estimate the inflow of methane during stoppage of mining and machine operation. Then remaining emission sources are mainly all the longwall goaf and a smaller amount comes from the coal face.

Practice shows that in the case of such ventilation arrangement, the air leaks from longwall into the goaf in the initial section of the longwall and flows back into the longwall close to the end, carrying the goaf gases, including methane, to the longwall and to the crossing of the longwall outlet with the tailgate.

The paper presents a research experiment in which wireless methane sensors were used. Due to the lack of cumbersome wires they could be freely distributed in the final sections of the longwall and at the crossing of the longwall outlet with the tailgate. The registration results obtained have significant cognitive values, providing the necessary data for verification and validation of model research.

Keywords: mine ventilation, methane hazard, methane concentration monitoring