



## Monitorowanie zakłóceń parametrów powietrza w systemach dyspozytorskiego nadzoru powstałych w wyniku krótkiego spięcia

### Monitoring of air parameters disturbances in dispatching systems caused by short circuit

Prof. dr hab. inż. Stanisław Wasilewski<sup>\*)</sup>

**Treść:** Systemy monitorowania dostarczają dużej liczby danych o zjawiskach zachodzących w sieci wentylacyjnej kopalni. Obserwacja zmian parametrów powietrza w czasie zaburzeń naturalnych i technologicznych stanowi cenny materiał poznawczy dla badań stanów nieustalonych parametrów powietrza bez konieczności prowadzenia drogich eksperymentów. Przedmiotem artykułu są zaburzenia w sieci wentylacyjnej, a w szczególności w rejonie ścian eksploatacyjnych, wywołane krótkimi spięciami na tamach w tych rejonach. Takie zaburzenia mogą mieć gwałtowny charakter, a jeśli rejon jest wrażliwy na nie, to w konsekwencji może nastąpić zarówno zaburzenie prędkości powietrza, ale często również znaczne zaburzenie stężenia metanu w powietrzu obiegowym. Praktyka pokazuje, że świadomość inżynierów wentylacji o zagrożeniach wynikających z tych zakłóceń rośnie i kopalnie coraz częściej w dokumentacjach technicznych przewietrzania rejonów eksploatacyjnych, wprowadzają liczne zabezpieczenia przed ich skutkami. W artykule zostaną pokazane przykłady rejestracji zakłóceń parametrów powietrza w rejonach ścian eksploatacyjnych powstałych w wyniku krótkich spięć na tamach.

**Abstract:** Monitoring systems provide a large amount of data on the phenomena occurring in the mine ventilation network. Observation of changes in air parameters during natural and technological disturbances constitutes a valuable cognitive material for the study of transient states of air parameters without the necessity of conducting expensive experiments. Disturbances in the ventilation system are the subject matter of this paper, and especially in the area of active longwalls caused by short circuits at the air stoppings in those areas. Such disturbances can have a violent character and, provided the area is sensitive to them, the disorders in air velocity can occur, often with significant disturbances in concentration of methane in the recirculated air as a consequence of such disturbances. Practice shows that awareness of ventilation engineers about the danger of these disturbances is growing and mines are increasingly introducing numerous safeguards against the consequences of such disturbances in their technical documentation of ventilation in the operational areas. This paper presents the examples of recording the air parameters disturbances in the areas of operating longwalls caused by short circuits in the air stoppings.

#### Słowa kluczowe:

aerologia górnicza, monitorowanie parametrów powietrza, systemy gazometrii automatycznej w kopalniach, zaburzenia warunków przewietrzania

#### Key words:

mining aerology, monitoring of air parameters, automatic gasometry systems in the mines, disturbances in ventilation conditions

### 1. Wprowadzenie

Istotnym elementem kontroli wentylacji kopalni węgla kamiennego jest zapewnienie stabilnych warunków przewietrzania rejonów ścian eksploatacyjnych. Liczne badania i praktyka ostatnich lat pokazują, że bardzo niebezpieczne są stany nieustalone rozkładu ciśnień wokół i wewnątrz zrobów wywołane zaburzeniami wentylacyjnymi, np. przez krótkie spięcie lub zmianę ciśnienia barometrycznego, które mogą powodować niekontrolowane migracje gazów w zrobach oraz prowadzić do sytuacji niebezpiecznych.

Systemy monitorowania zagrożeń gazowych, z szeroko rozbudowanymi funkcjami zabezpieczeń, stosowane po-

wszechnie przez kopalnie węgla, oprócz nadzoru i kontroli parametrów powietrza z sygnalizacją stanów awaryjnych i alarmowych, stanowią również źródło danych o parametrach powietrza w podziemnych wyrobiskach kopalni. Systemy zabezpieczeń gazometrycznych są projektowane przez kopalnie z zachowaniem obowiązujących przepisów, ale zwykle pod kątem normalnej eksploatacji, kiedy zmiany parametrów podlegają wolnym zmianom. Katastrofom i wypadkom w podziemnych wyrobiskach kopalń towarzyszą stany nieustalone o dużej dynamice (ich przebieg jest bardzo gwałtowny), które mogą być obecnie rejestrowane dzięki nowoczesnym systemom gazometrii automatycznej stosowanym coraz powszechniej w kopalniach. Praktyka pokazuje, że konfiguracja systemu zabezpieczeń gazometrycznych ma często znaczenie dla skuteczności zabezpieczeń, ale także dla odtwarzania przebiegu i okoliczności zdarzeń i katastrof.

<sup>\*)</sup> Instytut Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie

Początkowo zaburzenia, szczególnie te o dużej dynamice, nie były rejestrowane w systemach kontroli i monitorowaniu wentylacji, gdyż rejestracje z cyklem 4-minutowym mogły pominąć te krótkotrwałe zaburzenia parametrów powietrza. Jednak rozwój systemów gazometrii, a w szczególności krótki czas rejestracji pozwala obecnie „zauważyć” tego typu zaburzenia.

Szczególnie niebezpieczne, z uwagi na szybkie zmiany warunków przewietrzania, są zaburzenia wywołane krótkimi spięciami na tamach. Kopalnie stosują obecnie zabezpieczenia na tamach niewaligicznych dla stabilności przewietrzania, które nie pozwalają na równoczesne otwarcie tam w układzie służy, ponadto zabudowują czujniki analogowe różnicy ciśnień na tamach, które sygnalizują i rejestrują takie zaburzenia w dyspozytorni. Ponadto w ramach zabezpieczeń metanometrycznych kopalnie stosują układy natychmiastowego wyłączania energii elektrycznej w rejonie ściany w przypadku wzrostu stężenia metanu powyżej wartości krytycznej.

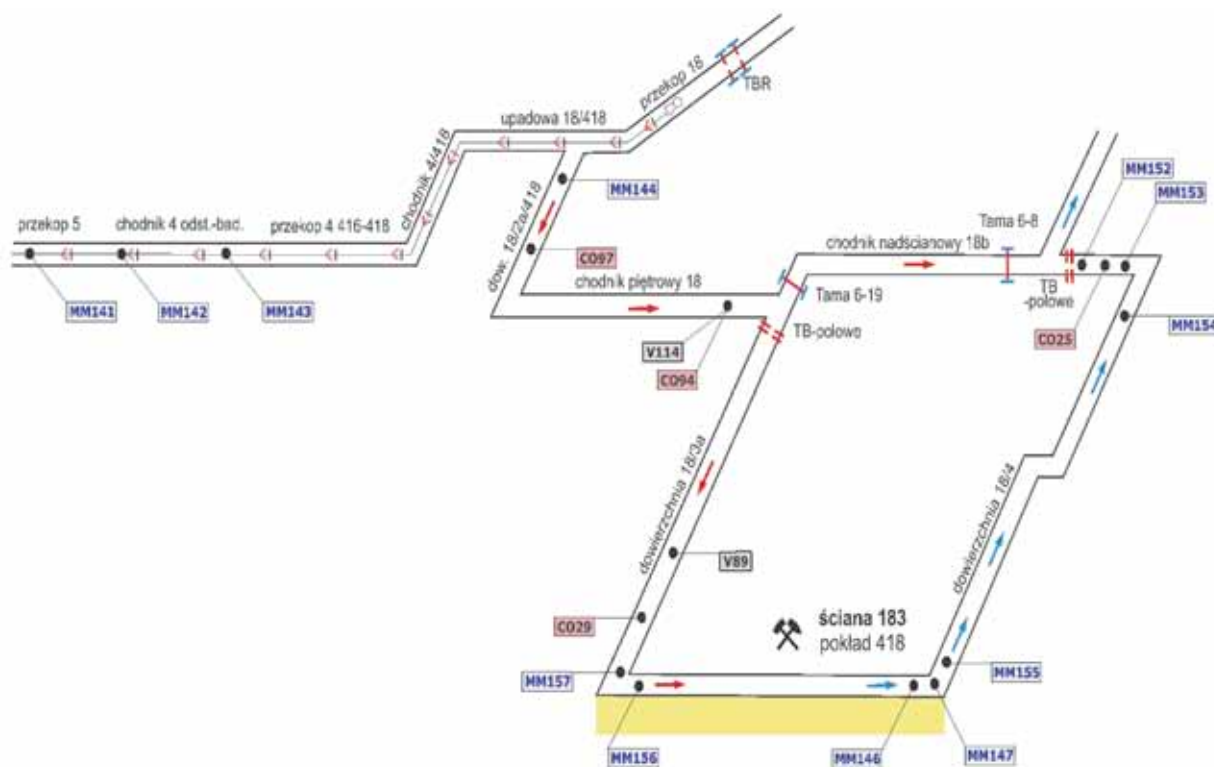
W artykule zostaną pokazane trzy przypadki zaburzenia typu „krótkie spięcie” wraz z ich skutkami w postaci spadku prędkości przepływu powietrza i wzrostu stężenia metanu w rejonie ściany. Dwa z tych przykładów są wynikiem badań i analiz przeprowadzonych w ramach działań komisji po zapaleniach i wybuchach metanu. Trzeci przykład pokazuje jak kontrolę zaburzeń parametrów powietrza realizują obecnie nowoczesne systemy zabezpieczeń gazometrycznych. W podsumowaniu analizy przypadków zostaną zaproponowane dodatkowe zabezpieczenia przed skutkami krótkich spięć w oparciu już o pierwsze symptomy (spadek ciśnienia na tamach), a nie dopiero na ostateczny skutek, czyli wzrost stężenia metanu. Zebrany materiał stanowi obszerną bazę danych oraz cenny materiał poznawczy dla analizy przypadków i badania zaburzeń oraz prowadzenia badań modelowych metodami symulacji komputerowych.

## 2. Rejestracja zaburzeń warunków przewietrzania ściany 183 pokład 418 poziom 790 m w wyniku krótkiego spięcia w systemie gazometrii automatycznej (Raport WUG, 2007)

Ściana 183 w kopalni P eksploatowana była w pokładzie 418 na poziomie 790 m. Pokład 418 zaliczany był do III stopnia zagrożenia tapaniami, II kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia pyłowego oraz I stopnia zagrożenia wodnego.

Ściana 183 o długości około 276 m i wybiegu 825 m wybierana była na wysokość 2,0,2,7 m systemem ścianowym poprzecznym z zawałem skał stropowych, została uruchomiona w maju 2007. W przyjętym systemie przewietrzania, powietrze do ściany 183 w pokładzie 418 doprowadzane było z poziomu 790 m, przekopami w kierunku dowerzchni 18/2a w pokładzie 418, a dalej (rys. 1) chodnikiem piętrowym 18 i dowerzchnią 18/3a w pokładzie 418. Zużyte powietrze odprowadzane było dowerzchnią 18/4 w pokładzie 418, chodnikiem nadścianowym 18b w pokładzie 418, a dalej przekopami do szybu „Lech II” na poziom 664 m. Średni dobowy postęp ściany w okresie rozruchu ograniczono do 2.0 m/d, przy minimalnej ilości powietrza przepływającego przez ścianę, w ilości 500 m<sup>3</sup>/min, co miało zapewnić prędkość powietrza w ścianie przekraczającą 1.0 m/s.

Metanowość rzeczywista nie przekroczyła 5 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/min, jednak przy wysokiej liczbie przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu na wlocie do ściany (1% CH<sub>4</sub>). Uznano, że przyczyną tego stanu było niwelacyjne usytuowanie zrobów ściany 183 po wzniosie w kierunku do skrzyżowania z dowerzchnią 18/3a, co przy niewielkim wydatku powietrza płynącego przez ścianę, powodowało migrację gazów zrobowych wraz z metanem po wzniosie zrobów w wyniku oddziaływania depresji naturalnej.



Rys. 1. Schemat przewietrzania i rozmieszczenia czujników w rejonie ściany 183 pokład 418  
Fig. 1. Diagram of ventilation and location of sensors in the area of longwall 18, seam no. 418

W celu zwalczania zagrożenia metanowego w rejonie skrzyżowania ściany 183 z dowieznią 18/3a w pokładzie 418 (wlot do ściany) utrzymywana była końcówka lutniociągu z lutni elastycznej tłoczącego powietrza w rejon skrzyżowania oraz strumienice. W rejonie skrzyżowania ściany 183 z dowieznią 18/4 w pokładzie 418 utrzymywano pomocnicze urządzenia wentylacyjne w postaci przegrody wentylacyjnej oraz strumienice.

Nadzór dyspozytorski w zakresie gazometrii automatycznej w kopalni „Pokój” wykorzystywał obok systemu metanometrii (CMC- 3M +SEMP) o działaniu ciągłym i czasie rejestracji 10 sekund, system cykliczny CTT-63Up o czasie działania i rejestracji 4 minuty oraz system KSP-1 o czasie działania i rejestracji 50 sekund. Wszystkie te systemy były włączone do systemu wspomaganego dyspozytorskiego SWmP, który prowadził zintegrowaną archiwizację sygnałów analogowych oraz danych o stanie pracy urządzeń.

Pomimo prowadzenia eksploatacji ściany 183 pokład 418 z zachowaniem wszelkich rygorów, w dniu 28 lipca 2007 około godziny 5:41 w czasie wykonywania robót strzałowych nastąpiło zapalenie metanu, w wyniku którego czterech górników uległo poparzeniu.

W okresie obserwacji poprzedzającym zdarzenie zarejestrowano wiele zaburzeń warunków przewietrzania, w postaci krótkich spięć, powodujących kilku czy kilkunastominutowe zaburzenia przepływu powietrza, a w konsekwencji znaczne wzrosty stężenia metanu na wlocie i w początkowym odcinku ściany, które rejestrowały metanomierze MM157 i MM156.

Niestety system monitorowania prędkości powietrza (anemometria automatyczna) przyjęty w kopalni „Pokój” oparty był na cyklicznych pomiarach z okresem 4-minutowym, który nie pozwalał na obserwację i rejestrację chwilowych krótkotrwałych zaburzeń przepływu powietrza w ścianie, które mogły mieć istotny wpływ na chwilowe zaburzenia stężenia

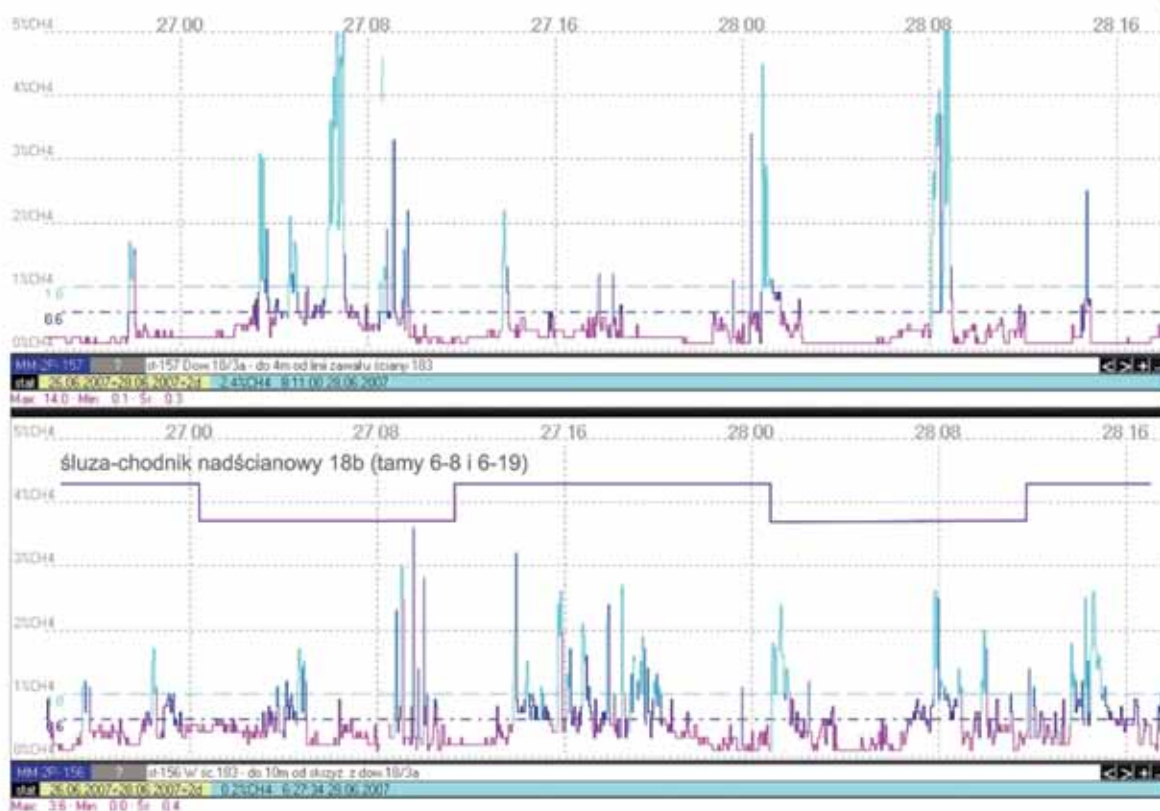
metanu. Fakt ten utrudnił również analizę i poszukiwanie przyczyn krótkotrwałych gwałtownych wzrostów stężenia metanu na wlocie do ściany (MM 156 i MM 157). W tej sytuacji pomocnym w odtworzeniu zaburzeń przepływu powietrza w rejonie i w ścianie była analiza otwarcia/zamknięcia tam (śluz) zabudowanych w chodniku nadścianowym 18b (rys. 1), które równocześnie otwarte tworzyły krótkie spięcia wentylacyjne w rejonie ściany 183.

Należy stwierdzić, że w miesiącu czerwcu były cztery takie okresy, kiedy zarejestrowano wiele krótkich spięć dla ściany 183 (chodnik nadścianowy 18b), nawet ponad 100 w ciągu doby, a niektóre z nich trwały nawet kilka godzin. Jest oczywiste, że te krótkie spięcia, stanowiące zaburzenia przewietrzania ściany 183, miały również wpływ na zaburzenia stężenia metanu (rys. 2).

W dniu 15 czerwca w okresie od 19:47 do 20:12 w systemie nadzoru dyspozytorskiego zarejestrowano (rys. 3) krótkie spięcie na tamach tam 6\_8 i 6\_19 w chodniku nadścianowym 18b i wówczas prędkość powietrza rejestrowana przez anemometr V89 zmieniła się od wartości 0,8 m/s do 0,3 m/s i z powrotem do 0,7 m/s. W czasie tego zaburzenia wystąpił wzrost stężenia metanu na wlocie do ściany na metanomierzu MM 156 do wartości 4,1% CH<sub>4</sub>.

Porównując okresy krótkich spięć na śluzie w chodniku nadścianowym 18b z zapisami stężenia metanu na wlocie do ściany (MM 156 i MM 157), należy stwierdzić, że właśnie w czasie tych zaburzeń rejestrowano wzrosty wskazań na metanomierzu MM 156 nawet do 3,6% CH<sub>4</sub>. Podobnie gwałtowne wzrosty stężenia metanu nawet do 14% CH<sub>4</sub> rejestrował metanomierz MM 157.

Wykorzystując rejestracje stanu otwarcia/zamknięcia tam 6\_8 i 6\_19 zabudowanych w formie śluz w chodniku nadścianowym 18b, określono okresy czasu kiedy, obie tamy w śluzie były otwarte, co stanowiło krótkie spięcia dla ściany



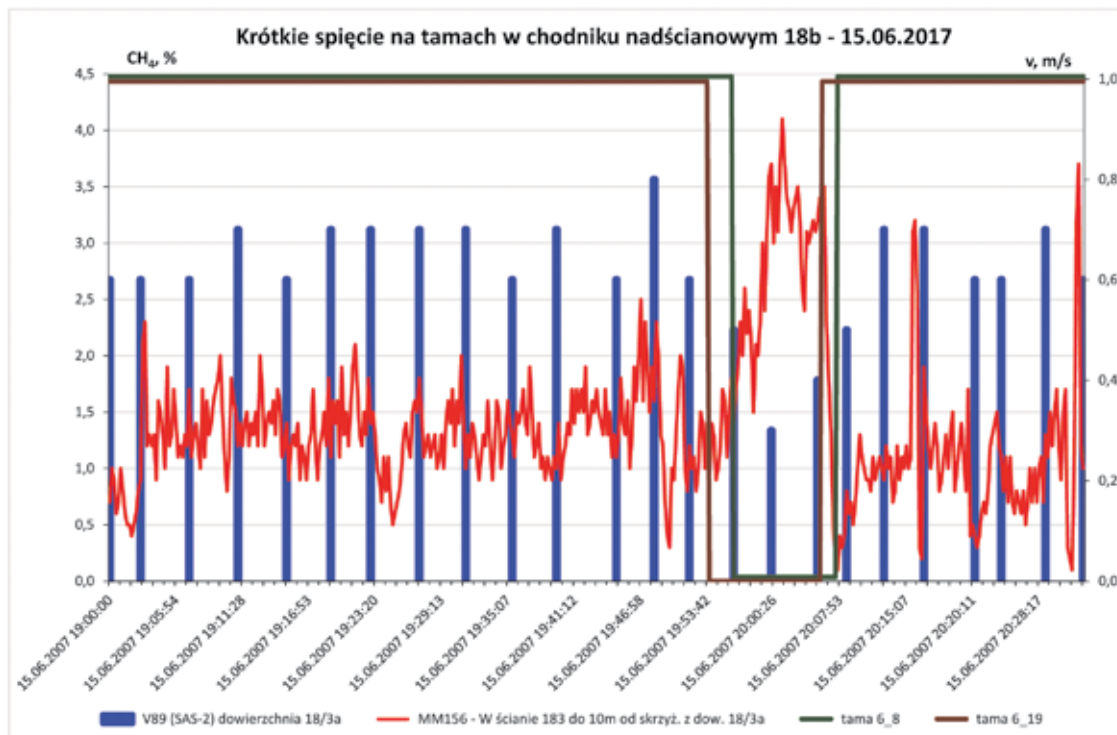
Rys. 2. Raport graficzny stężenia metanu MM157, MM156 w okresie krótkich spięć

Fig. 2. Graphical report of concentration of methane MM157, MM156 during short circuits

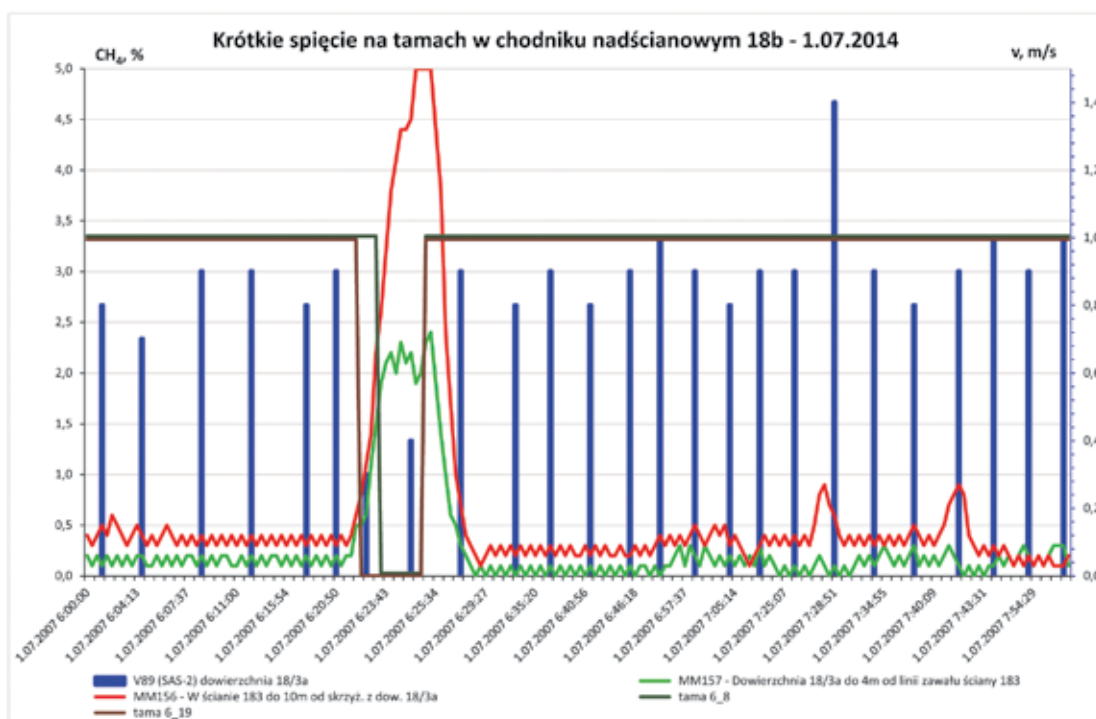
183 pokł. 418. Szczegółowa analiza czasu wystąpienia oraz trwania krótkich spięć na tamach w chodniku nadścianowym 18b oraz ich wpływu na zaburzenia prędkości powietrza i stężenia metanu w ścianie 183 pozwoliła jednoznacznie wskazać ich bezpośredni związek, co pokazano na rysunkach 3 i 4.

Natomiast 1 lipca około godz. 6:25-6:29, w wyniku krótkiego spięcia na tych tamach w chodniku nadścianowym 18b prę-

kość powietrza na wlocie do ściany 183 zarejestrowana przez anemometr V89 (rys. 4) zmniejszyła się chwilowo od wartości 0,9 m/s do 0,3 m/s i z powrotem do wartości 0,9 m/s. Z kolei to zaburzenie prędkości powietrza było przyczyną gwałtownych wzrostów stężenia metanu na metanomierzu MM 156 do 5%  $\text{CH}_4$  i MM 157 do 2,3%  $\text{CH}_4$ .



Rys. 3. Zmiany prędkości powietrza i stężenia metanu MM156 w okresie krótkich spięć  
Fig. 3. Changes in air velocity and concentration of methane MM156 during short circuits



Rys. 4. Zmiany prędkości powietrza i stężenia metanu MM157, MM156 w okresie krótkich spięć  
Fig. 4. Changes in air velocity and concentration of methane MM157, MM156 during short circuits

## 2.1. Wnioski z analizy

- Przyjęty system zabezpieczeń gazometrycznych w kopalni nie był adekwatny do gwałtownych zmian parametrów powietrza w rejonie ściany 183, w pokładzie 418. Chwilowe i szybkie zmiany parametrów powietrza wskazały na potrzebę zastosowania rozwiązań o działaniu ciągłym i czasach rejestracji zdarzeń co 2 sekundy, w szczególności w zakresie przepływu powietrza i stężenia metanu.
- Gwałtowne wzrosty stężenia metanu na wlocie do ściany mogły być spowodowane:
  - zbyt małą prędkością (wydatkiem) powietrza przewietrzającego ścianę (ok. 500 m<sup>3</sup>/min), a w przypadku krótkich spięć nawet 300 m<sup>3</sup>/min,
  - niestabilnym przewietrzaniem ściany 183 pokł. 418 w wyniku krótkich spięć wentylacyjnych oraz zniżek barometrycznych,
  - niwelacyjnym usytuowaniem zrobów ściany 183 po wzniosie w kierunku do skrzyżowania z dowerzchnią 18/3a (wlotu ściany).
- Zaproponowano wykonanie schematu potencjalnego ściany 183 pokł. 418, co pozwoliłoby na oszacowanie wpływu zaburzeń wentylacyjnych na chwilowe zmiany stężeń metanu.

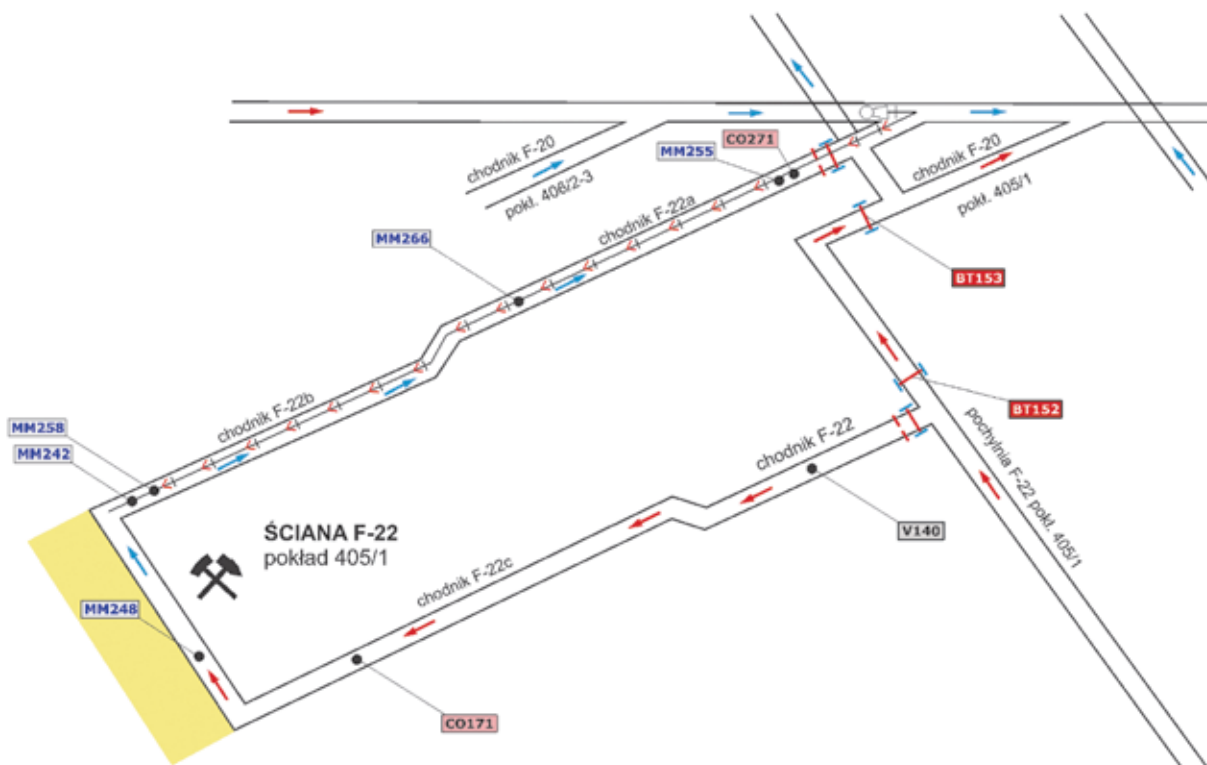
## 3. Zaburzenie warunków przewietrzania w wyniku krótkiego spięcia zarejestrowane w systemie nadzoru dyspozytorskiego, w ścianie F-22 pokład 405/1 w kopalni B (Raport WUG, 2009)

Ściana F-22 eksploatowana była w pokładzie 405/1Hg, o miąższości od 3,8 do 5,2 m, który był słabo skłonny do samozapalenia (II grupa samozapalności). Ściana została

uruchomiona w 2008 roku i była prowadzona w warunkach III kategorii zagrożenia metanowego, klasy „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, I stopnia zagrożenia wodnego, systemem podłużnym z zawalem stropu oraz była przewietrzana systemem na „U” wzdłuż calizny węglowej.

Powietrze do ściany w ilości około 1500 m<sup>3</sup>/min doprowadzane było z poziomu 950 m i odprowadzane na poziom 713 m (rys. 5). Dodatkowo w przekopie taśmowym II wschodnim, na zachód od chodnika F-22a, zabudowany był wentylator WLE-1003B z lutniami  $\Phi 1000$  mm, którym tłoczono powietrze na skrzyżowanie ściany F-22 z chodnikiem F-22b. W odległości około 200 m od ściany F-22 zabudowana była chłodnica powietrza urządzenia chłodzącego typu DV-290. Chodniki przyścianowe były likwidowane poprzez wykonywanie tam odgradzających, w postaci tam deskowych, obitych płótnem wentylacyjnym i uszczelnianych pianką izolacyjną.

Przyjęty system zabezpieczeń metanometrycznych dla ściany F-22 pokł. 405/1 obejmował metanomierze w ścianie, wyłączające energię elektryczną w ścianie i wyrobiskach przyległych w momencie przekroczenia wartości krytycznych określonych przepisami tj. 1,0% CH<sub>4</sub> na wlocie do ściany (MM248), a w końcówce ściany 1,8% CH<sub>4</sub> (MM242 i MM258), co stanowiło wartość poniżej określonej przepisami granicy 2,0% CH<sub>4</sub>. Ponadto system zabezpieczał urządzenia elektryczne w chodniku F-22a, wyłączając napięcie w przypadku stężenia metanu przekraczającego 1,5% CH<sub>4</sub> (MM266). Niestety przyjęty w kopalni system monitorowania prędkości powietrza oparty na cyklicznych pomiarach z okresem 4-minutowym (anemometr V140 włączony do systemu przez centralę analogową CMM-20m), nie pozwalał na rejestrację chwilowych i krótkotrwałych zaburzeń przepływu powietrza doprowadzanego do ściany, które mogły mieć istotny wpływ na chwilowe zaburzenia stężenia metanu.



Rys. 5. Schemat przewietrzania i rozmieszczenia czujników w rejonie ściany F-22 pokład 405/1

Fig. 5. Diagram of ventilation and location of sensors in the area of longwall F-22, seam no. 405/1

W dniu 4.06.2008 o godzinie 22.38 w rejonie ściany F-22, nastąpiło zapalenie i wybuch metanu. W zagrożonym rejonie znajdowało się 36 pracowników z których 23 uległo wypadkom, w tym 6 - ze skutkiem śmiertelnym, 5 - wypadkom ciężkim i 12 - wypadkom lekkim.

W ramach badań Komisji powołanej przez Prezesa WUG w celu zbadania przyczyn i okoliczności zdarzenia wykonano analizę przebiegu zmian parametrów powietrza rejestrowanych przez czujniki systemu gazometrii automatycznej w rejonie ściany F-22 pokład 405/1 (rys. 5) przed i w czasie zdarzenia. Dokonano szczegółowej analizy zapisów sygnałów pomiarowych i komunikatów w systemach gazometrii automatycznej i dyspozytorskiego nadzoru SW $\mu$ P-3 i ZEFIR NT, które rejestrowały parametry powietrza oraz stan pracy urządzeń wentylacyjnych w rejonie ściany F-22 i w chodnikach przyległych. Przeszukiwano archiwa systemów min. pod kątem zarejestrowanych zaburzeń wentylacyjnych i ich ewentualnego związku z powstałym zdarzeniem. W okresie poprzedzającym zdarzenie systemy rejestrowały zaburzenia parametrów przewietrzania min. w wyniku krótkich spięć na tamach, to jednak były one na tyle wcześnie przed zdarzeniem, że Komisja nie znalazła ich bezpośredniego związku przyczynowego z tym zdarzeniem.

### 3.1. Krótkie spięcie wentylacyjne w rejonie ściany F-22 pokład 405/1

W okresie poprzedzającym zdarzenie, tj. około pół godziny przed zapaleniem i wybuchem metanu, w rejonie ściany F-22 nastąpiło krótkie spięcie w wyniku równoczesnego otwarcia tamy BT153 w chodniku F-20 pokład 405/1 w godzinach od 21:22:55 do 22:06:15 oraz tamy BT152 w pochylni F-22 pokład 405/1 w godzinach 22:03:44 do 22:05:12 (rys. 6). Oznaczało to, że przez około 1,5 minuty obie tamy były otwarte.

Efektom krótkiego spięcia, anemometr V140 w chodniku F-22 na wlocie do rejonu ściany F-22 (rys. 1) zarejestrował

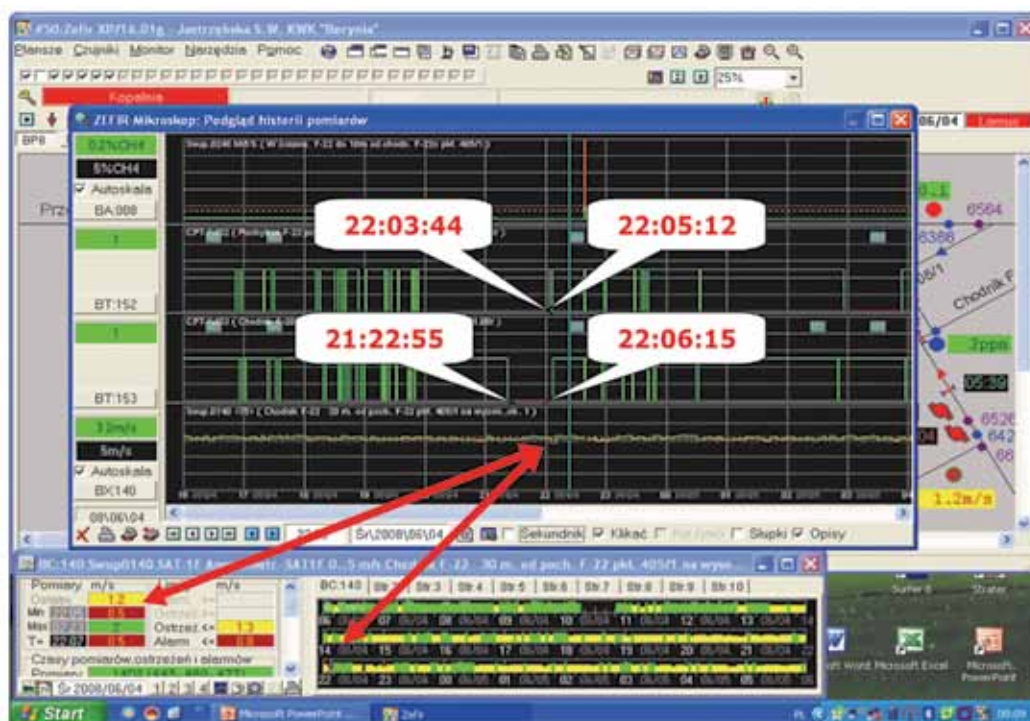
zmniejszenie prędkości powietrza z 1,2m/s, w normalnym stanie przewietrzania, do wartości 0,5m/s, który w kolejnym pomiarze, tj. po czterech minutach (rys. 7) powrócił do stanu 1,5m/s. Niestety, nie można było stwierdzić jak długo trwał zakłócenie prędkości powietrza oraz jak szybko zmieniała się prędkość powietrza, z uwagi na włączenie anemometru V140, do systemu CMM-20m z pomiarem i rejestracją co 4 minuty.

W wyniku krótkiego spięcia nastąpiło zakłócenie stanu przewietrzania w rejonie ściany F-22 pokład 405/1, które oprócz zmiany prędkości powietrza spowodowało również chwilowy wzrost stężenia metanu o około 0,3% CH<sub>4</sub> zarejestrowany na czujniku M242 na wylocie ze ściany F-22 nad napędem przez ponad 2 minuty oraz na metanomierzu M258 w chodniku F-22b za przegrodą wzrost o 0,2% CH<sub>4</sub> (rys. 7). Wzrost ten został również zarejestrowany po około 2 minutach na czujniku M266 zabudowanym w chodniku F-22b przed transformatorem, tzn. w odległości ponad 200 metrów od ściany.

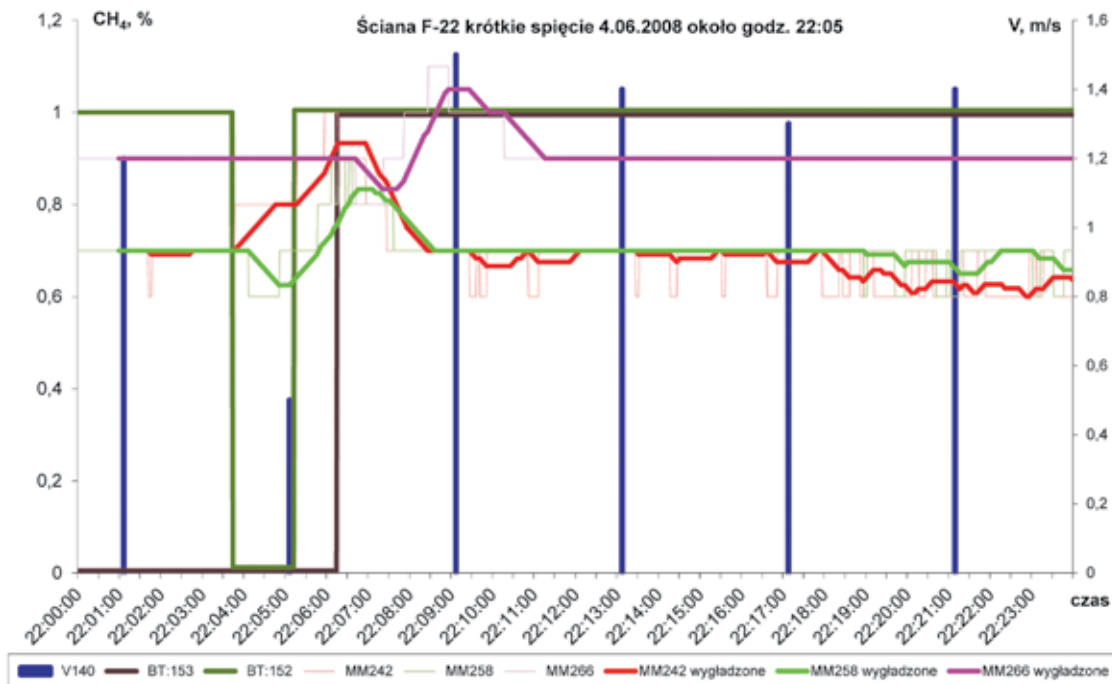
Przedstawiony przykład pokazał, że przyjęty system zabezpieczeń gazometrycznych w zakresie monitorowania prędkości powietrza w rejonie ściany F-22, nie uwzględniał właściwie zmian parametrów powietrza w czasie krótkiego spięcia. Jednym z zaleceń Komisji badającej przyczyny i okoliczności zdarzenia, było wskazanie kopalni na konieczność zastosowania w przyszłych zabezpieczeniach gazometrycznych, w zakresie pomiaru i rejestracji prędkości powietrza, rozwiązań o działaniu ciągłym i czasach rejestracji zdarzeń co 2 sekundy.

### 4. Reakcja sytemu zabezpieczeń gazometrycznych na krótkie spięcie w rejonie ściany G-6 w pokładzie 412lg+ld i 412lg w kopalni Z (Raport PS9, 2015)

Ściana G-6 eksploatowana była w pokładzie 412lg+ld i 412lg o miąższości 2,83÷3,40 m, średnio 3,1 m i nachyleniu 6÷16°/NEE÷NE. Długość ściany wynosiła około 183 – 185,5 m i wybiegu ok. 600m, a planowanym postępie dobowym



Rys. 6. Zapis krótkiego spięcia w systemie ZEFIR  
Fig. 6. Record of short circuit in the ZEFIR system



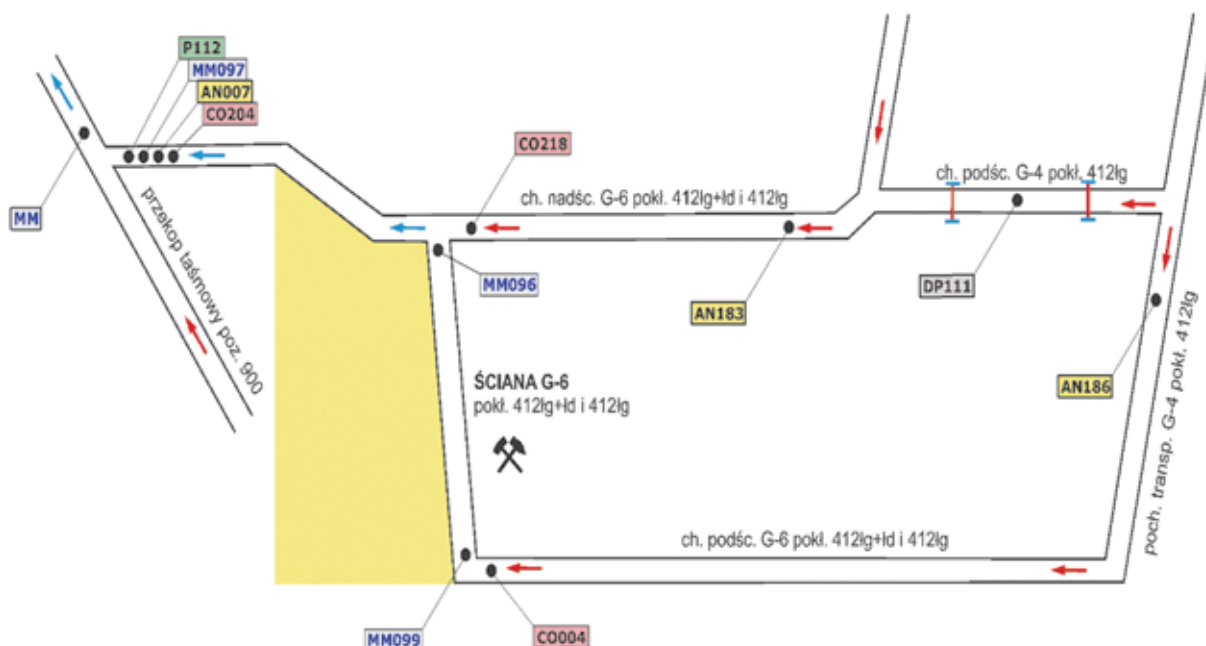
Rys. 7. Zmiany stężenia metanu w rejonie ściany F-22 w wyniku krótkiego spięcia  
 Fig. 7. Changes in the concentration of methane in the area of longwall F-22 as a result of a short circuit

~3,15 m/d, przy wydobywaniu ~2500 t/d. Ściana G-6 była eksploatowana w IV kategorii zagrożenia metanowego, klasa B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, II grupa samozapalności, I stopień zagrożenie tapaniami, a temperatura górotworu wynosiła 36÷41°C.

Ściana przewietrzana była systemem na Y, a powietrze do ściany G-6 doprowadzane było z przekopu F kołowego i F taśmowego poziom 900, chodnikiem transportowym G-2, pochylnią transportową G-4, a dalej chodnikiem podścianowym G-6 w pokładzie 412lg+1d i 412lg, w ilości 1800 m<sup>3</sup>/min przez ścianę jako prąd zasadniczy oraz 700 m<sup>3</sup>/min jako doświe-

żanie chodnikiem nadścianowym G-6 w pokładzie 412lg+1d i 412lg. Powietrze ze ściany G-6 odprowadzane chodnikiem nadścianowym G-6 w pokładzie 412lg+1d i 412lg do przekopu H taśmowego poz. 900. Schemat przewietrzania ściany G-6 pokład 412lg+1d i 412lg pokazano na rysunku 8.

Przyjęty system zabezpieczeń metanometrycznych dla ściany G-6 pokł. 412lg+1d i 412lg obejmował metanomierze (rys. 8) w ścianie, które wyłączały energię elektryczną w ścianie i wyrobiskach przyległych w momencie przekroczenia wartości krytycznych określonych przepisami, tj. 1,0% CH<sub>4</sub>, dla metanomierza MM099 zabudowanego w ścianie G-6



Rys. 8. Schemat przewietrzania i rozmieszczenia czujników w rejonie ściany G-6 pokład 412lg+1d  
 Fig. 8. Diagram of ventilation and location of sensors in the area of longwall G-6, seam no. 412lg+1d

w odległości nie większej niż 10 m od chodnika podścianowego G-6, a w końcówce ściany 2,0%  $\text{CH}_4$ , dla metanomierza MM096 zabudowanego w ścianie G-6 w odległości 2 m przed skrzyżowaniem z chodnikiem nadścianowym G-6. Ponadto metanomierz MM097 zabudowany w chodniku nadścianowym G-6 w pokładzie 412lg+1d i 412lg w odległości 10-15 m przed skrzyżowaniem z przekopem H taśmowym poz. 900, który przy przekroczeniu progu 1,5%  $\text{CH}_4$  sygnalizował przekroczenie w dyspozytorni metanometrii, a po przekroczeniu progu 2,0%  $\text{CH}_4$  wyłączał urządzenia elektryczne w ścianie i wyrobiskach przyległych oraz w przekopie H taśmowym poz. 900 od skrzyżowania z chodnikiem nadścianowym G-6.

Dla ściany G-6 pokł. 412lg+1d i 412lg przyjęto również rozbudowany system monitorowania i kontroli prędkości powietrza (anemometria automatyczna) z automatycznym wyłączaniem energii elektrycznej w ścianie i wyrobiskach przyległych, przez trzy anemometry (rys. 8):

- anemometr AN186, kontrolujący prąd zasadniczy do ściany G-6, zabudowany w pochylni transportowej G-4 w pokładzie 412lg, w odległości 25-50 m za skrzyżowaniem z chodnikiem podścianowym G-4 w pokładzie 412lg,
- anemometr AN183, kontrolujący prąd doświeżający wylot ściany G-6, zabudowany w chodniku nadścianowym G-6, w odległości 30-60 m za skrzyżowaniem z chodnikiem podścianowym G-4 pokł.412lg,
- anemometr AN007, kontrolujący wylot z rejonu ściany G-6, zabudowany w chodniku nadścianowym G-6, w odległości 25-50 m przed skrzyżowaniem z przekopem H taśmowym poz. 900.

Progi alarmowe wyłączania energii elektrycznej w rejonie ściany G-6 dla minimalnej ilości powietrza były określone z częstotliwością 1 raz w miesiącu.

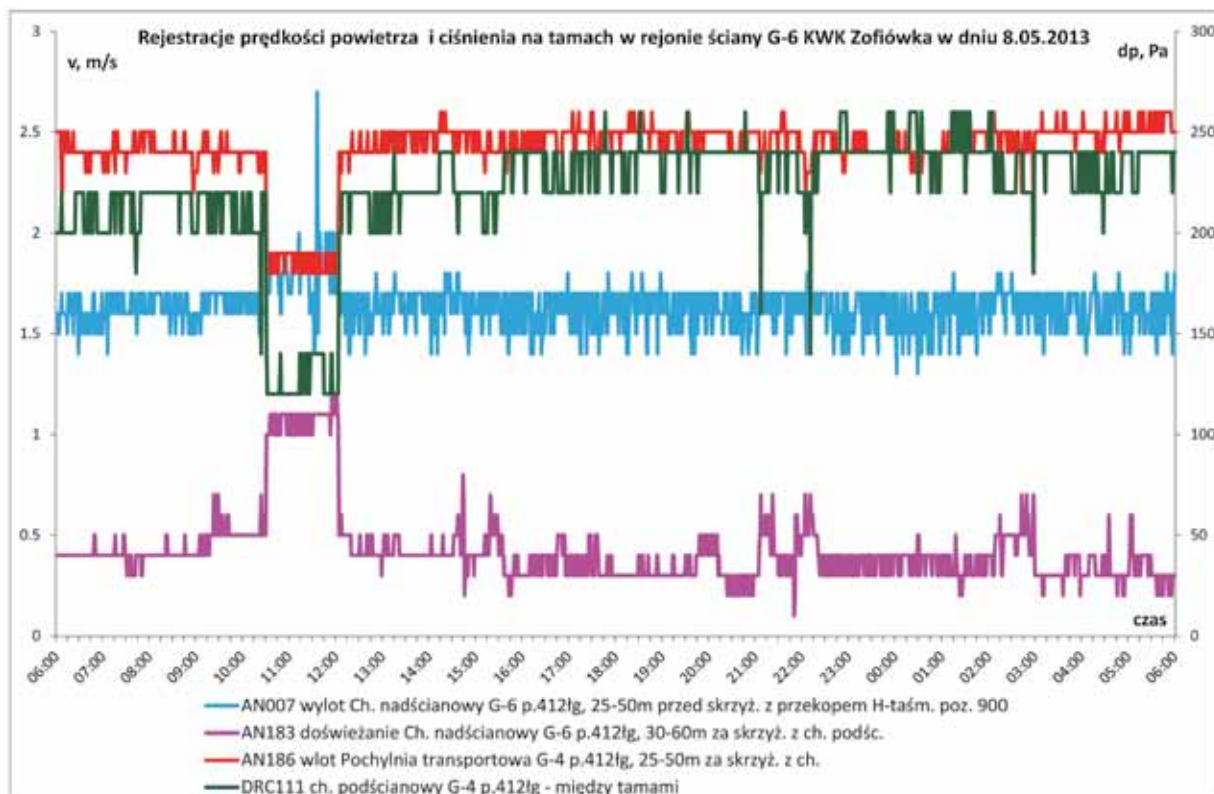
Kontrolą w systemie zabezpieczeń objęte były również tamy spięciowe (śluz), między którymi zabudowano czujnik różnicy ciśnień DP111, w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg (rys. 8). Równoczesne otwarcie tych tam (krótkie spięcie) mogło mieć istotny wpływ na chwilowe zaburzenia prędkości powietrza i stężenia metanu, stąd wskazania czujnika różnicy ciśnień między tamami były rejestrowane i sygnalizowane w dyspozytorni metanometrii.

Przykład ten wybrano, aby pokazać, jak dobrze skonfigurowany system zabezpieczeń z wykorzystaniem nowoczesnych rozwiązań może szybko reagować na krótkie spięcie w rejonie ściany.

W dniu 8.05.2014 roku na zmianie A około godziny 11:00, w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg (rys. 8), nastąpiło krótkie spięcie przez jednoczesne otwarcie tam, które w systemie gazometrii zarejestrował czujnik różnicy ciśnień na tamach (DP111) oraz wszystkie trzy anemometry AN186, AN183 oraz AN007, co pokazano na rysunku 9.

Przebiegi prędkości powietrza w rejonie ściany G-6 po krótkim spięciu (rys. 9) pokazały, że dla rejestracji z cyklem minutowym zarejestrowano równoczesną zmianę prędkości powietrza na wszystkich trzech anemometrach z otwarciem tam w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg, o godzinie 10:31 oraz zamknięciem tych tam o godzinie 12:04. Podobnie na podstawie przebiegów pokazanych na rysunku 10, można stwierdzić, że zmiany stężenia metanu w końcówce ściany MM096 były równoczesne ze zmianami prędkości powietrza.

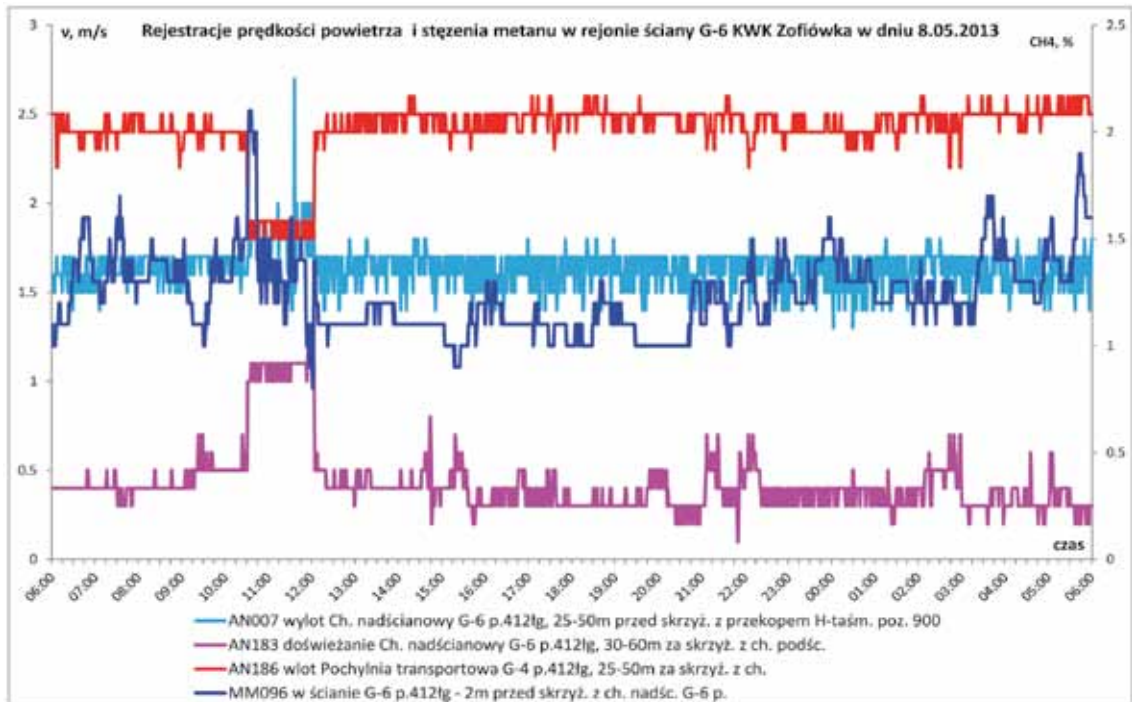
Dla lepszego pokazania szybkości i charakteru zmian parametrów powietrza zarejestrowanych, po krótkim spięciu na tamach w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg, wykorzystano rejestracje sekundowe parametrów powietrza w rejonie ściany G-6 (rys. 11 i 12).



Rys. 9. Zmiany różnicy ciśnień na tamach i prędkości powietrza w rejonie ściany G-6 w wyniku krótkiego spięcia na tamach w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg – rejestracja minuta

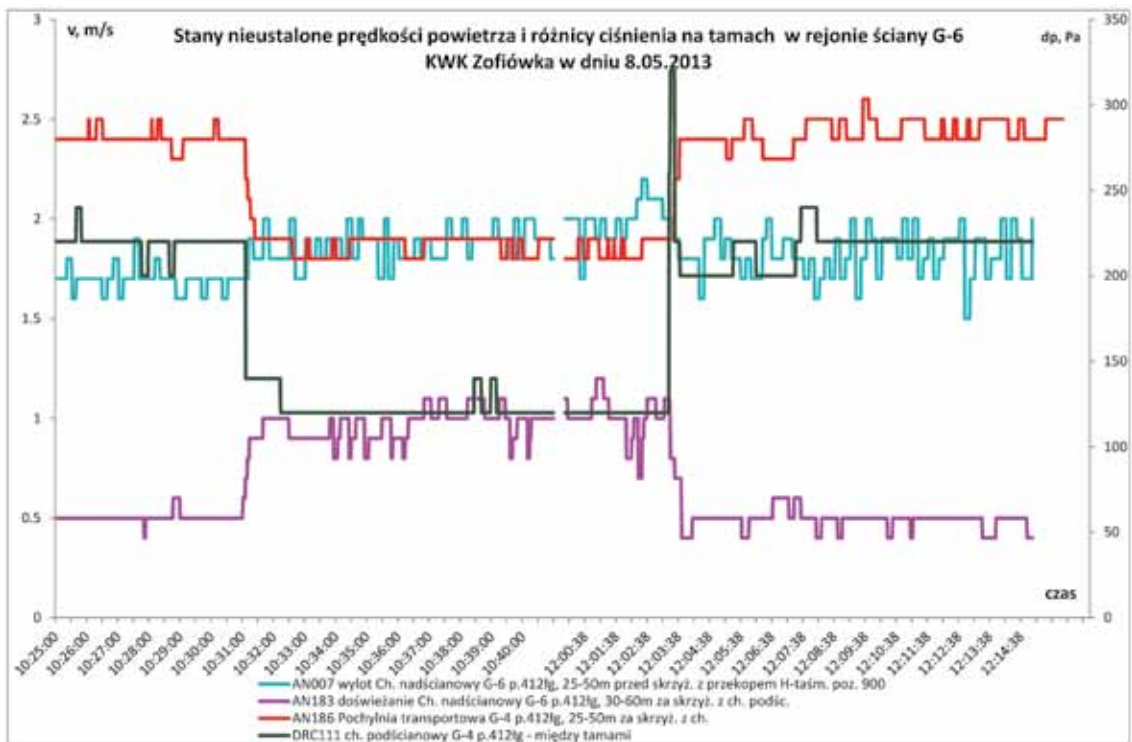
Fig. 9. Changes in pressure drop in air stoppings and air velocity in the area of longwall G-6 as a result of a short circuit in stoppings at the bottom gate G-4 and in seam no. 412lg - one minute recording





Rys. 10. Zmiany prędkości powietrza w rejonie i stężenia metanu w końcówce ściany G-6 w wyniku krótkiego spięcia na tamach w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg – rejestracja minutowa

Fig. 10. Changes in air velocity in the region and the concentration of methane at the end of longwall G-6 as a result of a short circuit in air stoppings at the bottom gate G-4 in seam no. 412lg - one minute recording



Rys. 11. Zmiany różnicy ciśnienia na tamach i prędkości powietrza w rejonie ściany G-6 w wyniku krótkiego spięcia na tamach w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg – rejestracja sekundowa

Fig. 11. Changes of pressure drop and air velocity in the area of longwall G-6 as a result of a short circuit in air stoppings at the bottom gate G-4 in seam no. 412lg - one second recording

Porównując zmiany prędkości powietrza rejestrowane przez trzy anemometry ze zmianą ciśnienia na tamach po otwarciu tam (rys.11), widać, że to nie są równoczesne i równie szybkie zmiany, a rejestracje prędkości powietrza, co jest naturalne, są jednak wolniejsze. Zdecydowanie wolniejsze (rys. 12) jest natomiast narastanie stężenia metanu w końcówce ściany MM096 (linia ciemnoniebieska), po zmniejszeniu prędkości powietrza w prądzie zasadniczym przewietrzającym ścianę AN186 (linia czerwona), w wyniku krótkiego spięcia, po otwarciu tam w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg. Po zamknięciu tam i wzroście prędkości powietrza przewietrzającego ścianę AN186, wzrost stężenia metanu MM096 jest wyraźnie szybszy i ma tendencję do przeregulowania z powolnym przejściem do wartości ustalonej.

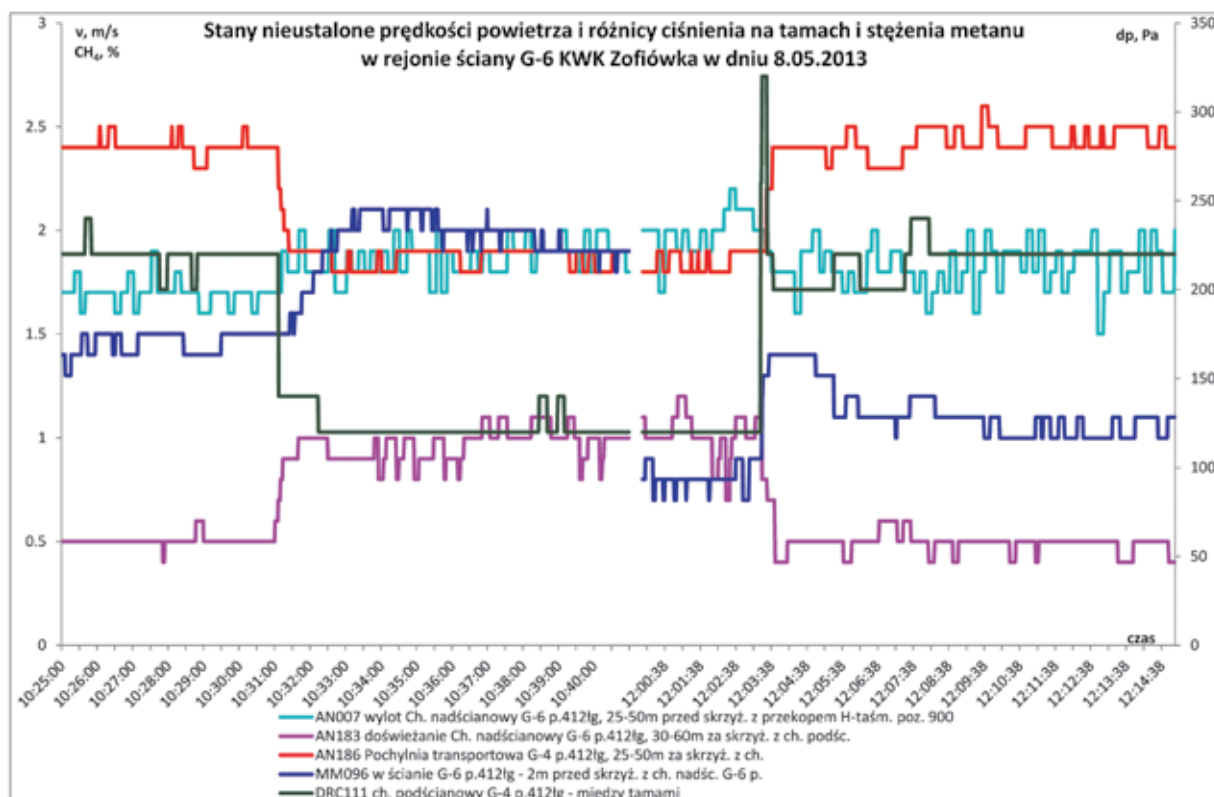
Porównując działanie zabezpieczeń przed gwałtownymi zaburzeniami warunków przewietrzań, w wyniku którego spięcie dla trzech wybranych przykładów widać wyraźnie jak rozwój systemów gazometrii automatycznej i skracanie czasu reakcji i rejestracji parametrów powietrza wpływa na efektywność zabezpieczeń gazometrycznych, szczególnie na gwałtowne zaburzenie warunków przewietrzania, np. w wyniku krótkich spięć.

Przedstawiony przykład krótkiego spięcia w rejonie ściany G-6, dzięki zastosowaniu do zabezpieczeń systemu o działaniu ciągłym i krótkim kilkusekundowym okresie rejestracji, dobrze pokazuje szybkość i charakter zmian parametrów powietrza (prędkości powietrza i stężenia metanu) w wyniku krótkiego spięcia na tamach. Jednak mimo tego nowoczesnego rozwiązania nie uniknięto wzrostu zagrożenia związanego ze wzrostem stężenia metanu w końcówce ściany do 2,1% CH<sub>4</sub>.

## 5. Podsumowanie

Zaburzenia w sieci wentylacyjnej, a w szczególności w rejonie ścian eksploatacyjnych, wywołane krótkimi spięciami na tamach mają gwałtowny charakter, a w ich konsekwencji następuje szybki spadek prędkości (ilości) powietrza przewietrzającego ścianę, a także wzrost stężenia metanu w powietrzu obiegowym w rejonie ściany. Praktyka pokazuje, że kopalnie coraz częściej w dokumentacjach technicznych wprowadzają liczne zabezpieczenia przed skutkami tych zaburzeń.

Przykład z rejestracją parametrów powietrza w rejonie ściany G-6 po krótkim spięciu dobrze oddaje szybkość i charakter zmian parametrów powietrza, pokazując równocześnie skutki tego zaburzenia w kolejności:



Rys. 12. Zmiany prędkości powietrza w rejonie i stężenia metanu w końcówce ściany G-6 w wyniku krótkiego spięcia na tamach w chodniku podścianowym G-4 w pokładzie 412lg – rejestracja sekundowa

Fig. 12. Changes in air velocity in the region and the concentration of methane at the end of longwall G-6 as a result of a short circuit in air stoppings at the bottom gate G-4 in seam no. 412lg - one second recording

Przyjęte systemy zabezpieczeń właściwie reagują automatycznym wyłączeniem energii elektrycznej na wzrost stężenia metanu ponad wartość krytyczną, a praktyka górnicza oraz przedstawione przykłady pokazują, że to jest już końcowy skutek krótkiego spięcia. Stąd proponuje się, aby w systemach zabezpieczeń metanometrycznych wyłączenia energii elektrycznej następowały automatycznie w pierwszej kolejności po spadku ciśnienia na tamach w wyniku otwarcia obu tam (krótkiego spięcia). Obecnie fakt ten jest jedynie rejestrowany i sygnalizowany w dyspozytorni. Równocześnie stan ten jako zagrożenie powinien być automatycznie sygnalizowany przy tamach, np. sygnałem dźwiękowym. Oczywiście wyłączenie energii elektrycznej po przekroczeniu krytycznej wartości stężenia metanu byłoby nadal obowiązujące, ale w tym wypadku stanowiłoby tzw. drugą linię obrony.

*Materiały zebrano i opracowano w ramach pracy statutowej IMG PAN pt. „Rozwój efektywnych narzędzi komputerowych do wariantowych symulacji procesu przewietrzania z dostępem do czujników systemu gazometrycznego kopalni”*

## Literatura

1. Analiza zagrożenia metanowego w ścianie 183, pokład 418, poziom 790 m w KWK Pokój na podstawie zapisów systemów gazometrii automatycznej. Raport Komisji Prezesa WUG powołanej w celu analizy przyczyn i okoliczności katastrofy w dniu 28.07.2007 w KW S.A. Oddział KWK „Pokój” w Rudzie Śląskiej. Katowice, sierpień 2007.
2. Analiza stanu i próba oceny zagrożenia oraz przebiegu zdarzenia w ścianie F-22 pokład 405/1 w kopalni „Borynia” na podstawie zapisów w systemach nadzoru dyspozytorskiego. Raport Komisji Prezesa WUG do zbadania przyczyn i okoliczności zapalenia i wybuchu metanu oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych dnia 4 czerwca 2008 r. w JSW S.A., KWK „Borynia” w Jastrzębiu Zdroju. Katowice, marzec 2009.
3. Raport PS9, projektu strategicznego „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”. Zadanie nr 9 pt. „Wyznaczenie współczynnika korekcyjności pomiędzy automatycznym pomiarem prędkości powietrza a uśrednioną wartością prędkości mierzoną anemometrem ręcznym”, nr umowy SP/K/9/208302/13 finansowanego przez NCBiR. Kraków, czerwiec 2015.