

Stan atmosfery w otamowanym polu pożarowym w świetle stosowanych metod pobierania próbek gazowych

WACŁAW TRUTWIN

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

Streszczenie

W pracy przedstawione są rozważania dotyczące określenia stanu atmosfery w otamowanym polu pożarowym na podstawie analizy próbek gazów pobieranych z zza tam izolacyjnych. W szczególności, chodzi o zagadnienie oszacowania opóźnienia czasowego między stanem atmosfery w ścianie a miejscem pobrania próbek. Odległości między wspomnianymi lokalizacjami są na ogół znaczne, które na ogół wyznaczone długością części chodników nadścianowych i podścianowych, zamkniętych w polu pożarowym (Rys. 1). Wielkość opóźnienia czasowego będzie oczywiście zależała od sposobu pobierania próbek gazowych, zza tamy izolacyjnej przy użyciu rurki pomiarowej, czy w tym celu wykorzystany zostanie nieczynny rurociąg technologiczny (podsadzkowy, odmetanowania, sprężonego powietrza itp.). Wykresy czasowe stężeń CH_4 , CO_2 , N_2 i O_2 (Rys. 2-5) z przykładowego pola pożarowego [2] pokazują zmiany w stanie atmosfery w otamowanym polu pożarowym, w szczególności trendy zmian poszczególnych gazów. Analiza wykresów punktowych (Rys. 6-7) odnośnie stężeń CH_4 , N_2 wyznaczonych z próbek gazów pobranych równocześnie przy użyciu rurociągów: podsadzkowego oraz zza tamy T-260, pokazała, że istnieje wyraźne i jednoznaczne opóźnienie czasowe wyników pomiarów prezentujących stan atmosfery w ścianie. Wielkość tego opóźnienia została wyznaczona przy użyciu wykresu przedstawionego na rys. 8.

Słowa kluczowe: wentylacja kopalń, otamowane pole pożarowe, metody pobierania próbek gazowych

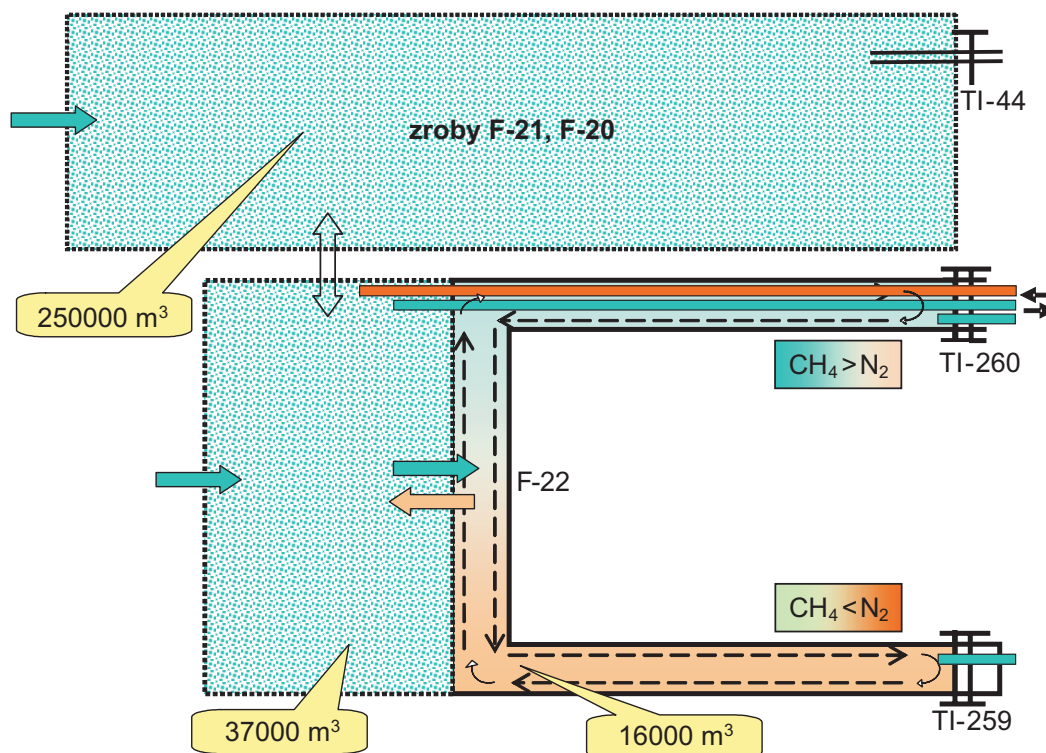
1. Wstęp

Celem pobieranych zza tam izolacyjnych prób gazowych, ich analizy, jest wyznaczenie stanu atmosfery w części kopalni, otamowanej z powodu pożaru lub innej przyczyny (Rys. 1). Okresowe pobieranie prób gazowych umożliwia monitorowanie procesu wygasania pożaru w otamowanej przestrzeni. Ponadto, ma na celu kontrolę stanu atmosfery przez aktywne stosowanie np. przez wtłaczania za tam izolacyjnych gazów inertnych (obojętnych), tłumiących proces palenia.

Zasadniczym problemem poza poprawnym pobieraniem prób zza tamy izolacyjnej jest interpretacja wyników pomiaru w odniesieniu do całości obszaru otamowanego.

Przestrzeń pustek otamowanych, które wypełnione są mieszaniną powietrza, gazów zrobowych i pożarowych składa się na ogół z wyrobisk i przyległych do nich zrobów. Między tą przestrzenią oraz górotworem, czynnymi wyrobiskami kopalni zachodzi wymiana masy wskutek emisji gazów (metanu i in.) i nieszczelności.

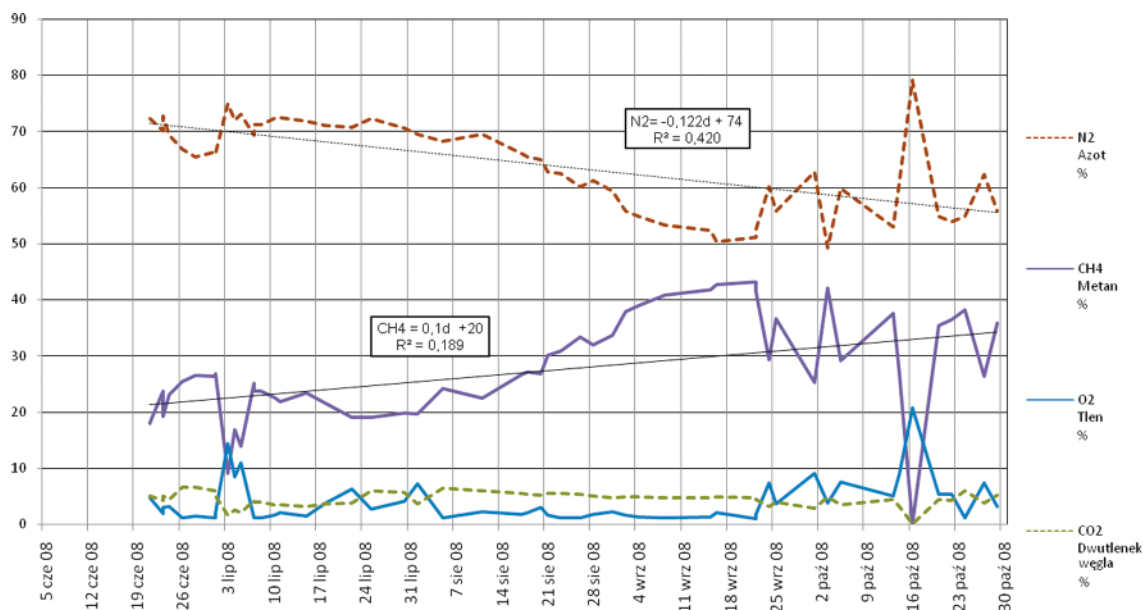
W przestrzeni otamowanego pola odbywa się samoczynne mieszanie się składników gazowych pochodzących z różnych źródeł. Mieszanie odbywa się wskutek dyfuzji oraz przepływu atmosfery (z udziałem turbulencji). Należy przyjąć, że mieszanie gazów wskutek dyfuzji jest małe w porównaniu z dyfuzją turbulentną. Badania [2] wykazały, że przepływy w otamowanym polu są znaczne i są spowodowane cyrkulacją, która powstaje wskutek czynników naturalnych, takich jak gradienty temperatury, ciśnienia i gęstości atmosfery. Oczywiście przepływy o tym charakterze w wyrobiskach różnią się od przepływów w zrobach (Rys. 1). Dynamika procesu mieszania się składników gazowych w otamowanym polu zależy zarówno od cyrkulacji jak i od objętości pustek. Należy zwrócić uwagę przy tym na zagadnienie spójności otamowanego pola w czasie jego obserwacji, gdyż stwierdzono przypadki podziału pola na dwie spójne przestrzeni, np. wskutek powstania syfonu przez dopływ wody kopalnianej w wyrobisku o zmiennym poziomie.



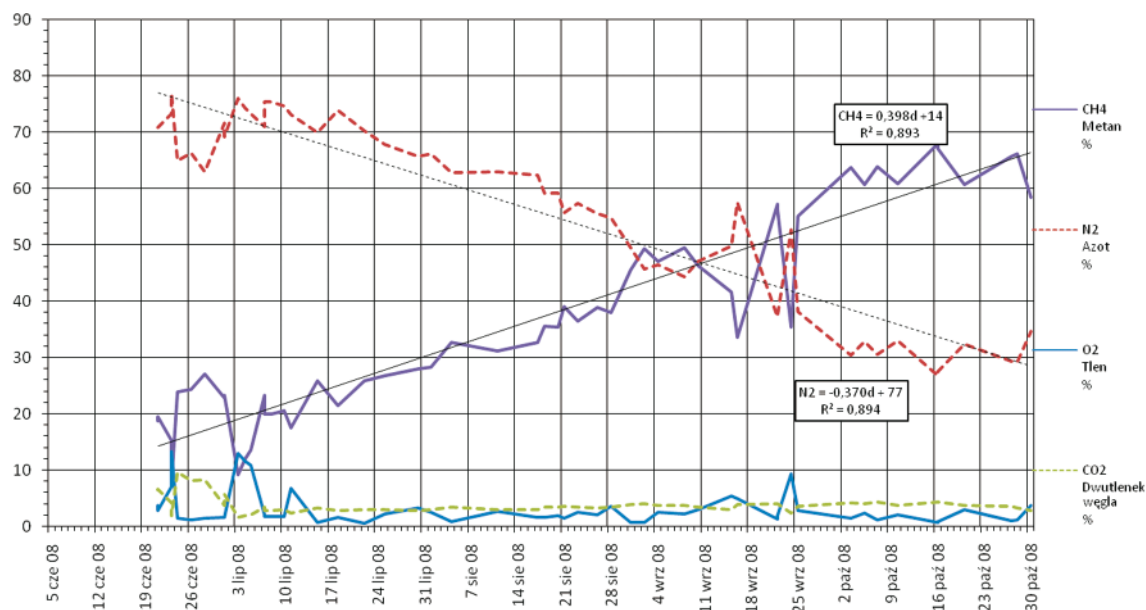
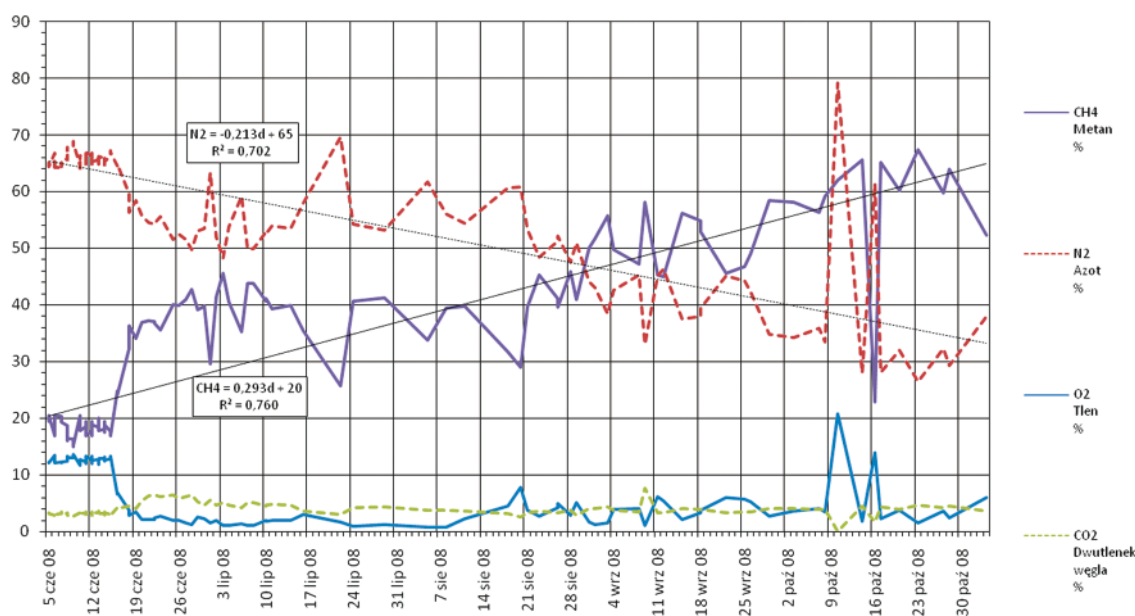
Rys. 1. Schemat rejonu ściany F-22 z zaznaczonymi pustkami, wymianą gazów między calizną, zrobami i otamowanymi wyrobiskami

W przypadku pożaru dokonuje się, przede wszystkim, analizy składników gazowych atmosfery, które określają jego stan w otamowanej przestrzeni. Śledząc także zmienne przebiegi stężeń metanu, azotu, tlenu i dwutlenku węgla, towarzyszące pożarowi, czy jego zwalczaniu, możemy wysnuć wiele wniosków, które dotyczą skuteczności np. inertyzacji, szczelności tam, czy spójności otamowanego pola itp.

Przytoczone niżej wykresy czasowe (Rys. 2-5) wspomnianych wyżej gazów wykonane zostały na podstawie analiz pobranych próbek zza tam TI-259, TI-260 oraz przez rurociągi: odmetanowania ZOK i podsadzkowy w polu pożarowym jak na rys. 1.



Rys. 2. Wykres czasowy stężeń CH₄, CO₂, N₂, O₂ za tamą T-1 (TI-259)

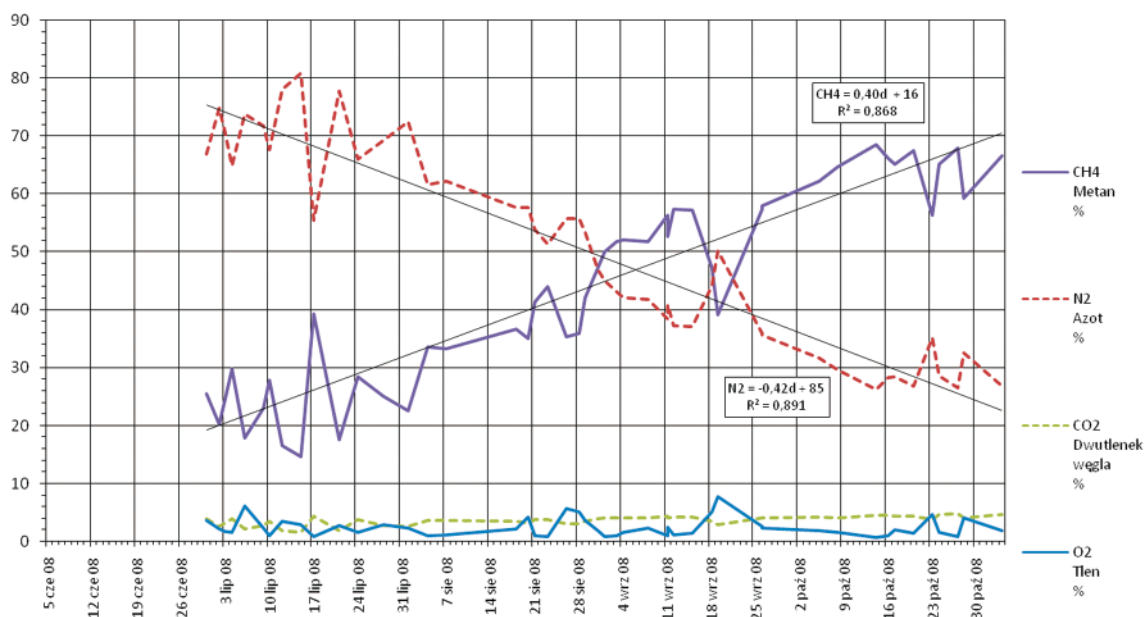
Rys. 3. Wykres czasowy stężeń CH₄, CO₂, N₂, O₂ za tamą T-2 (TI-260)Rys. 4. Wykres czasowy stężeń CH₄, CO₂, N₂, O₂ w atmosferze w rurociągu ZOK

We wszystkich czterech przypadkach tendencje zmian stężenia gazów w całym przedziale obserwacji są takie same, co świadczy o tym, że mamy do czynienia z transportem składników gazowych w otamowanym polu, z pewnością wskutek wspomnianej wyżej cyrkulacji atmosfery.

Ponadto, wysnuć można dalsze wnioski z tych wykresów:

1. Na wykresie (Rys. 2), począwszy od 18-25 września 2008, przebiegi stężeń CH₄ i N₂ zmieniają charakter. Wskazuje to na fakt, że przestrzeń za tamą TI-259 traci w tym okresie kontaktu z pozostałą częścią pola. Wykresy stężeń CH₄ i N₂ pokazują, że próbki z tamy T-259 pobierane były po wspomnianym wyżej okresie w sposób niewłaściwy. Ponadto, dochodziło do naruszania szczelności tamy.
2. Mimo iż w okresie obserwacji prowadzona była intensywna inertyzacja atmosfery przy pomocy azotu, trudno jest wykazać jej skuteczność w oparciu o analizę wykresów [1, 2].
3. Wykresy czasowe wykonane na podstawie próbek gazów pobranych z długich rurociągów (odmetanowania ZOK i podsadzkowego) o dużej średnicy, pokazują, że tendencje zmian stężenia tych samych gazów są podobne do tendencji zmian stężeń na tamie TI-260, ale zmiany nie są równoczesne. Istotnym

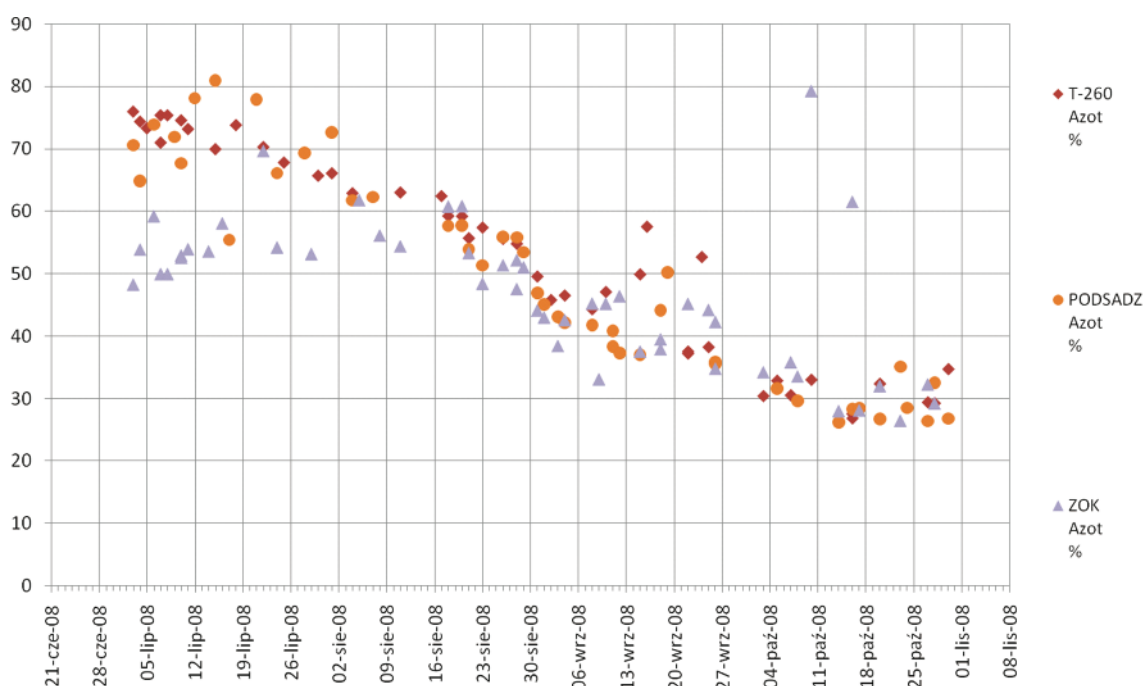
zagadnieniem rozważanym w niniejszej pracy jest zatem relacja czasowa między przebiegami stężeń gazów, których próbki zostały pobrane prawie jednocześnie na tamie TI-260 z rurki pomiarowej oraz obu rurociągów [2].



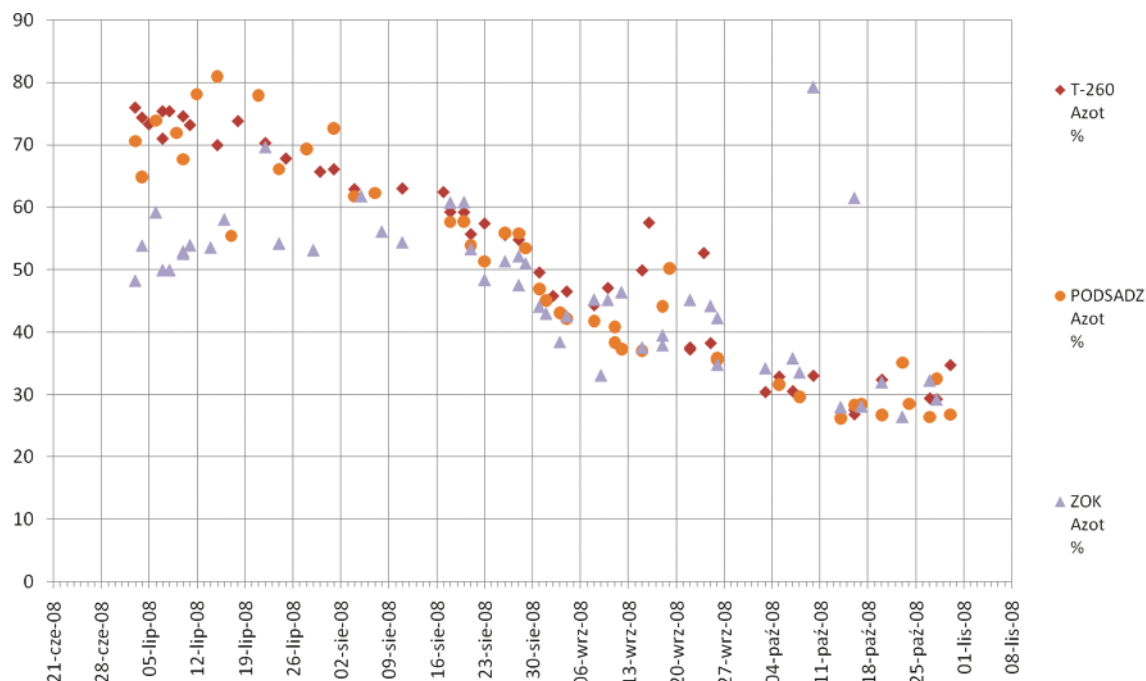
Rys. 5. Wykres czasowy stężeń CH_4 , CO_2 , N_2 , O_2 na wlocie do rurociągu podsadzkowego

2. Pobieranie prób powietrza i gazów przy pomocy przewodów długich i dużej średnicy

W celu porównania wyników jednoczesnych pomiarów stężeń metanu i azotu w otamowanej przestrzeni, na podstawie pobrania próbek gazowych przez rurociągi ze zrobów i zza tamy TI-260, wykonane zostały wykresy punktowe stężeń metanu (Rys. 6) i azotu (Rys. 7) [3].



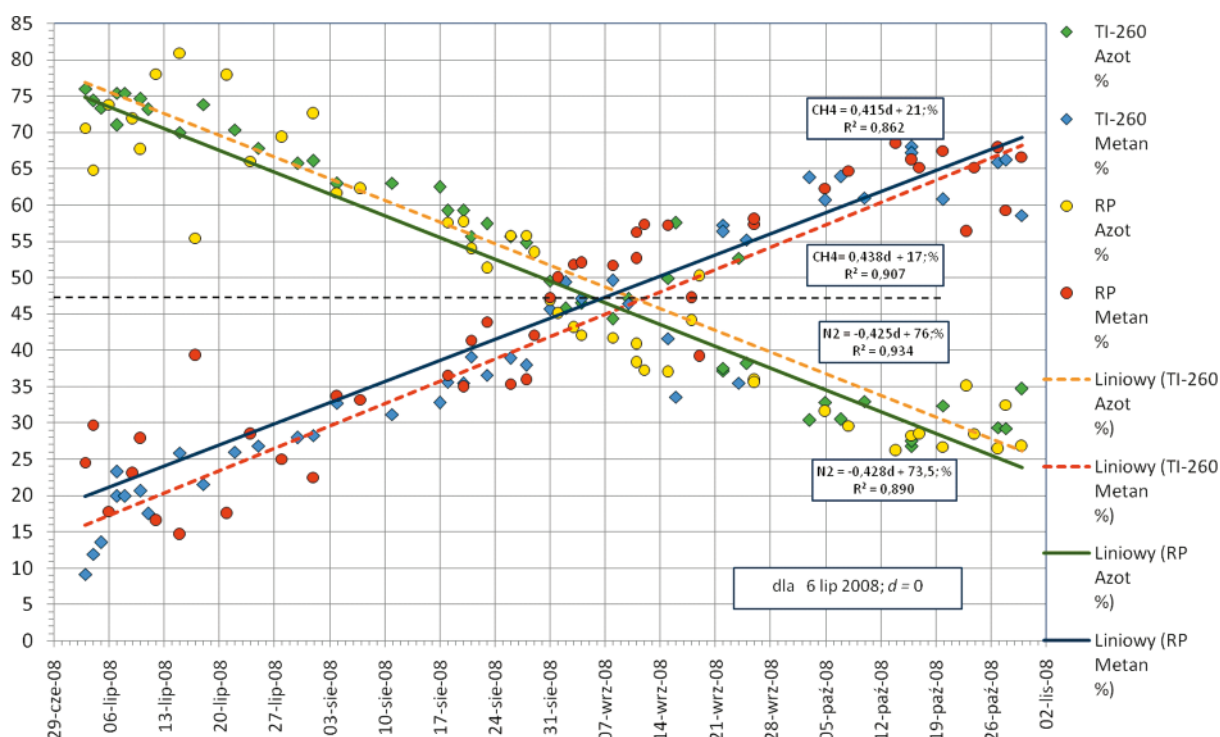
Rys. 6. Wykres czasowy stężeń metanu (CH_4) za tamą T-260, na wylocie rurociągu: podsadzkowego i odmetanowania ZOK



Rys. 7. Wykres czasowy stężeń azotu (N_2) za tamą T-260, na wylocie rurociągu: podsadzkowego i odmetanowania ZOK

Analiza stężeń gazów przedstawionych na wykresach pokazuje, że przebiegi stężeń próbek metanu i azotu pobranych z rurociągu odmetanowania ZOK w pierwszym okresie obserwacji odbiegają od pozostałych dwóch w sposób znaczący. Mogłoby to wskazywać na dopływy gazów do rurociągu odmetanowania ZOK z innych źródeł aniżeli ze zrobów. Z tego powodu zmiany stężenia metanu i azotu wyznaczone z próbek pobranych przez ten rurociąg nie będą brane pod uwagę przy dalszej analizie.

Na rys. 8 pokazane są wykresy punktowe stężeń metanu i azotu dla próbek pobranych zza tamy TI-260 i rurociągu podsadzkowego. Trendy zmian wszystkich czterech parametrów przybliżono liniami prostymi.



Rys. 8. Wykresy czasowe stężeń metanu (CH_4) i azotu (N_2) za tamą TI-260 i na wylocie rurociągu podsadzkowego

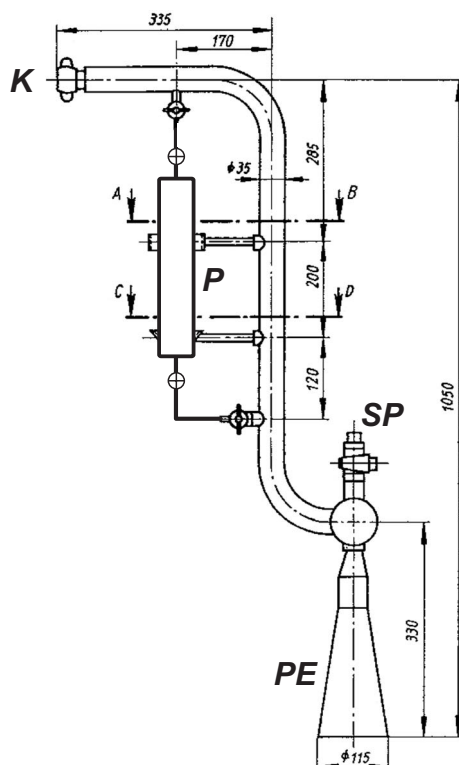
Przy czym stężenie metanu wykazuje trend rosnący, azotu malejący. Przesunięcia równoległe linii trendów (a metanu prawie równoległe) jednoznacznie skazuje na fakt, że sygnał pomiarowy stężenia metanu i azotu przekazywany rurociągiem podsadzkowym jest opóźniony w stosunku do sygnału pomiarowego stężenia za tamą.

Opóźnienie transportowe sygnału z równań linii trendu wyliczamy, odejmując czasy przecięć odpowiednich linii trendu metanu i azotu:

- dla rurociągu podsadzkowego mamy: $0,438d_2 + 17,3 = -0,428d_2 + 76$; $d_2 = \underline{68,1 \text{ dzień}}$
- zza tamy TI-260: $0,415d_1 + 21 = -0,438d_1 + 21$; $d_1 = \underline{62,3 \text{ dzień}}$

z tego wynika, że opóźnienie transportowe wynosi: $\Delta d = d_2 - d_1 = \underline{5,8 \text{ dni}}$.

Poprawne pobieranie próbek gazowych zza tam oraz z nieczynnych rurociągów musi być prowadzone w warunkach pojawiającego się okresowo podciśnienia po stronie poboru próbek gazowych (przy zwykłym ciśnieniu barometrycznym). Do tego celu może służyć proste urządzenie (Rys. 9) wyposażone w eżektorową pompkę na sprężone powietrze, która wytwarza konieczne podciśnienie i zapewnia łatwy pobór próbek gazowych do pipety. Pipety nie trzeba napędzać wodą gdyż urządzenie to może ją dowolnie długo przepływać pobieranym gazem. Urządzenie to lub podobne może również wymuszać przepływ w rurociągach długich o dużych średnicach w celu skrócenia czasu transportu sygnału pomiarowego i zapewnić poprawne pobranie próbek gazowych.



Rys. 9. Eżektor na sprężone powietrze do pobierania prób gazowych zza tam przez rurkę pomiarową lub rurociąg, gdzie: PE – pompa eżektorowa, SP – wlot sprężonego powietrza, P – pipeta, K – króciec do rurki pomiarowej w tamie

3. Wniosek

Wyznaczone przesunięcie czasowe sygnałów pomiarowych stężeń metanu i azotu dotyczy jedynie miejsca poboru próbek gazowych z rurociągu i zza tamy. Do pełnej oceny przesunięcia czasowego od chwili pojawienia się sygnału pomiarowego w wyrobisku ścianowym czy w zrobach do chwili poboru próbek konieczne jest zbadanie przesunięcia czasowego sygnału pomiarowego w samym wyrobisku na- lub podścianowym.

Praca powstała w ramach: **Projektu Rozwojowego NR 09 0004 04/2008** pt.:
Badania rozkładu stężeń gazów w zrobach ścian zawałowych w aspekcie zagrożeń zapaleniami i wybuchami metanu w zrobach

4. Źródła

- [1] Opracowanie pt.: *Określenie czasu i warunków bezpiecznego otwarcia przecinki badawczej ściany 558 w pokł. 510D na poz. 665 m w KHW S. A., KWK Mysłowice-Wesoła w Mysłowicach*, (2008), Autorzy: W. Trutwin, J. Cygankiewicz.
- [2] Opracowanie pt.: *Określenie czasu i warunków bezpiecznego otwarcia rejonu ściany F-22 w pokł. 405/Ilg na poz. 838 m w JSW S. A., KWK Borynia*, (2008), Autorzy: W. Trutwin, J. Cygankiewicz.
- [3] Opracowanie pt.: *Metodyka pobierania prób powietrza ze zrobów oraz zza tam izolacyjnych i szacowanie objętości przestrzeni otamowanych na podstawie parametrów wentylacyjnych*, (2009), Autor: W. Trutwin.
- [4] Neumann, W., Plasche, F., Sonnemann, G., *Wetterlehre und Grubenbrand-bekaempfung.*, DVfG, Leipzig, 1963.

On the Atmosphere in Sealed Areas in View of Fire Gas Sampling Methods used

Abstract

The determination of the state of the atmosphere in the sealed fire areas is very important when measures taken to control and/or reopen of this area are considered. One of many problems which arises in connection with the above is the determination of the actual state of the atmosphere in the sealed area determined by the use of different fire gas sampling methods. The paper submitted deals with the time lag between gas concentration readings taken behind the seal and at the one end of an abandoned filling pipeline in considerable distance from the longwall face and the goaf (ca. 600 m), (Fig. 1). From the diagrams on fig. 8 concerning the concentration of CH₄, N₂ it appears, that the time lag under consideration is of the range from 5 to 6 days. The total time lag however differs from the result obtained. The difference is due to propagation of the atmosphere in the sealed are and the considerable distance between the longwall face and seals. There are indications, that propagation in the sealed area is a result of recirculation of the atmosphere caused by natural factors. This problem is to be examined in further investigation.

Keywords: mine ventilation, sealed areas, fire gas sampling methods