

**NOWE, KOMPLEKSOWE PODEJŚCIE  
DO BADANIA I PROGNOZOWANIA  
KSZTAŁTOWANIA SIĘ ZAGROŻENIA METANOWEGO  
W REJONIE ŚCIANY WYDOBYWCZEJ**

**Stanisław Trenczek,  
Krystian Wierzbiński,  
Andrzej Walentek,  
Henryk Koptoń,  
Marcin Karbownik**



# WPROWADZENIE

**Duże znaczenie dla rytmicznie prowadzonej eksploatacji metanowego pokładu węgla ma jego rozpoznanie pod względem spodziewanego poziomu zagrożenia metanowego, a podczas eksploatacji – jego zwalczanie.**

**Rozpoznanie zagrożenia metanowego nie zawsze jest dokładne świadczą o tym przypadki koniecznego spowolnienia tempa eksploatacji – gdy do prądu przepływowego powietrza płynącego przez ścianę dopływa z różnych źródeł metan w znaczącej ilości.**

**Skutki:**

- przekroczenia dopuszczalnych stężeń metanu w miejscach kontroli stanu zagrożenia metanowego metanometrią automatyczną – czasowe zatrzymanie ruchu ściany,**
- czasami dochodzi do zapalenia metanu – postój ściany.**

# WPROWADZENIE

**Nadmienić należy, że w latach 2005-2020 doszło do 39 zapaleń lub/i wybuchu metanu, przy których życie straciło 60 pracowników, 56 pracowników uległo wypadkom ciężkim, a 52 pracowników wypadkom lekkim.**

**Pytanie – czy aktualnie stosowane metody rozpoznawania, prognozowania i zwalczania tego zagrożenia są wystarczające?**

**Odpowiedź na jest, jak się wydaje, oczywista – prawdopodobnie nigdy nie będzie tak dokładnego rozpoznania, ani tak dokładnych prognoz, które się sprawdzą w stu procentach, ani też tak doskonałych środków profilaktyki, które zapobiegną pożarom.**

**Możliwa jest jednak poprawa rozpoznania, prognozowania i skuteczniejszego zwalczania tego zagrożenia.**

# WPROWADZENIE

**Kompleksowe podejście do tych zagadnień obejmuje:**

- **rozszerzenie rozpoznawania metanonośności pokładu w polu wybierkowym danej ściany,**
- **zastosowanie dokładniejszej metody prognozowania metanowości bezwzględnej,**
- **prognozowanie zaciskania wyrobisk na 50 m odcinku przed frontem ściany,**
- **prognozowanie rozkładu przyływu strugi metanu w rejonie skrzyżowania ściany z wyrobiskiem przyścianowym,**
- **dobór i rozmieszczenie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych.**

# WERYFIKACYJNE ROZPOZNANIE METANONOŚCI METODĄ USBM POKŁADU WĘGLA W PLANOWANYM DO EKSPLOATACJI POLU WYBIERKOWYM

**Aktualnie – metanonośność określana jest metodą zwiercinową, tj. jednofazowej degazacji próżniowej (PN-G-44200, 2013).**

**Badania wykonywane są podczas drążenia wyrobisk przyścianowych. Metoda nie uwzględnia strat metanu, powstających od momentu poboru próby do umieszczenia jej w pojemniku hermetycznym. Rekompensacja – stały współczynnik strat, wynoszący 1,12.**

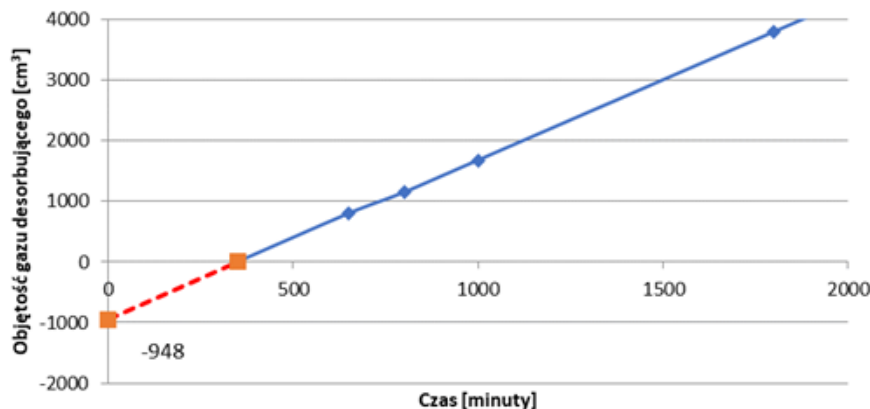
**Stosowanie stałego współczynnika strat gazu w odniesieniu do ciągle zmieniających się warunków geologiczno-górnich – w tym wzrostu temperatury pierwotnej górotworu i występowanie zmian strukturalnych węgla – a także zróżnicowanego poziomu doświadczeń i umiejętności próbobiorców, nie zapewnia dostatecznej precyzji w szacowaniu traconego gazu podczas pobierania prób węgla.**

**GIG – jako rzeczoznawca – stosuje wskaźnik 1,33, a i to w większości przypadków nie odzwierciedla metanowości resztkowej – tj. strat.**

# WERYFIKACYJNE ROZPOZNANIE METANONOŚCI METODĄ USBM POKŁADU WĘGLA W PLANOWANYM DO EKSPLOATACJI POLU WYBIERKOWYM

Weryfikacja polega na prowadzeniu dodatkowego oznaczania metanoności metodą United States Bureau of Mines (USBM), charakteryzującą się bezpośrednim oznaczaniem całkowitej metanoności, polegającej na swobodnej desorpcji gazu z węgla – dzięki czemu określa się objętość gazu traconego.

Pobiera się próbkę rdzenia węglowego do specjalnych pojemników (zamykanych hermetycznie) o wysokości 25-30 cm. Pomiar powinien zostać rozpoczęty w możliwie najkrótszym czasie od umieszczenia próbki w pojemniku, a odczyt wykonywany co 15-20 minut przez pierwsze 24 godziny.



# WERYFIKACYJNE ROZPOZNANIE METANONOŚCI METODĄ USBM POKŁADU WĘGLA W PLANOWANYM DO EKSPLOATACJI POLU WYBIERKOWYM

Testy desorpcji trwają 2-6 tygodni; uniemożliwia to zastąpienie dotychczasowej metody zwiercinowej metodą USBM.

Kompleksowa metoda rekomenduje wykonanie dodatkowych badań metodą USBM - cztery próby rdzeniowe w wyrobiskach przyścianowych:

- na początkowym odcinku (lub końcowym, w zależności od kierunku drążenia wyrobisk) pola wybierkowego,
- w połowie planowanego wybiegu ściany,

Wyniki badań metodą USBM pozwalają zweryfikować wyniki badań metodą zwiercinową - wyznacza się współczynnik korekcyjny dla wyników badań metanoności wykonanych metodą zwiercinową.

Metanoność wyznaczona:

- metodą zwiercinową i obliczona według normy (PN-G-44200, 2013) - uwzględniającą współczynnik strat:
  - 1,12 (wg PN) - wynosiła  $4,394 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ ,
  - 1,33 (stosowany przez GIG) - wynosiła  $5,218 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ ,
- metodą USBM wynosiła  $6,551 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ .

# WERYFIKACJA PROGNOZY METANOWOŚCI BEZWZGLĘDNEJ

Aktualnie do prognozowania metanowości bezwzględnej ściany wydobywczej stosuje się metody opracowane przez rzeczoznawcę.

W przypadku GIG – metoda oparta na algorytmie zawartym w Instrukcji nr 14 GIG pt. „Dynamiczna prognoza metanowości bezwzględnej ścian”.

W prognozie zakłada się dopływ metanu do środowiska ściany z trzech źródeł.

1) Pokład eksploatowany – tj. z urobionego węgla; uwzględnia się parametry techniczne związane z projektowaną eksploatacją tj. długość ściany, furta eksploatacyjna, głębokość zabioru, czas trwania cyklu urabiania oraz parametry gazowe pokładu eksploatowanego, tj. jego metanonośność oraz stopień jego odgazowania wynikający z planowanego urabiania.

2) Pokłady i warstwy otaczające pokład eksploatowany w obszarze projektowanej ściany, które znajdują się w strefach odprężenia eksploatacyjnego. Zakłada się dopływ desorbowanych zasobów metanu z warstw stropowych i spągowych znajdujących się w strefie odprężenia eksploatacyjnego do środowiska ściany.



# WERYFIKACJA PROGNOZY METANOWOŚCI BEZWZGLĘDNEJ

3) zroby – przyjmuje się dopływ na poziomie 20% sumy dopływów z pokładu eksploatowanego oraz pokładów i warstw ze strefy odprężonej.

Wynika z tego, że duży wpływ na wartość prognozy mają pokłady i warstwy odprężone.

Swego rodzaju mankamentem tej metody jest szacowanie dopływu metanu do ściany z warstw i pokładów otaczających znajdujących się w strefach odprężenia eksploatacyjnego, czyli uwzględniającego zasięg odgazowania warstw skalnych zalegających nad i pod polem ściany w wyniku prowadzonej eksploatacji.

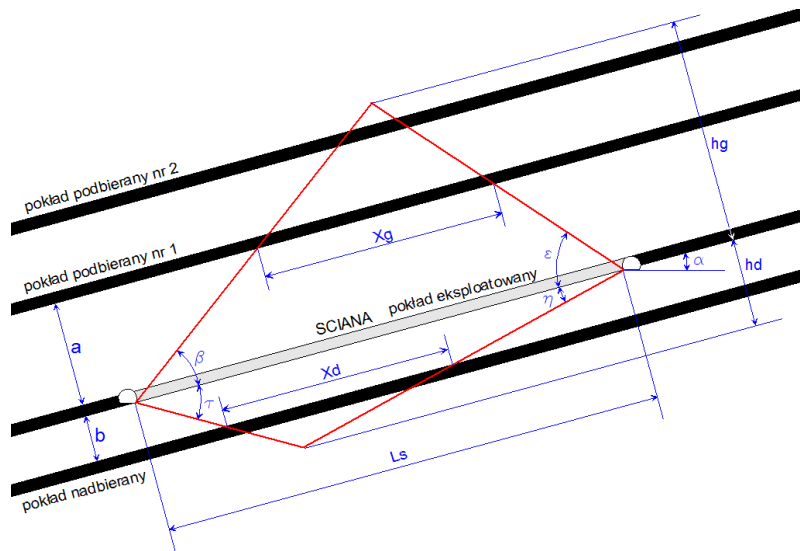
Jednak w przeciwieństwie do metody modelowania numerycznego, w metodzie dynamicznej nie uwzględnia parametrów geomechanicznych pokładów i warstw skalnych w otoczeniu projektowanej eksploatacji.

# WERYFIKACJA PROGNOZY METANOWOŚCI BEZWZGLĘDNEJ

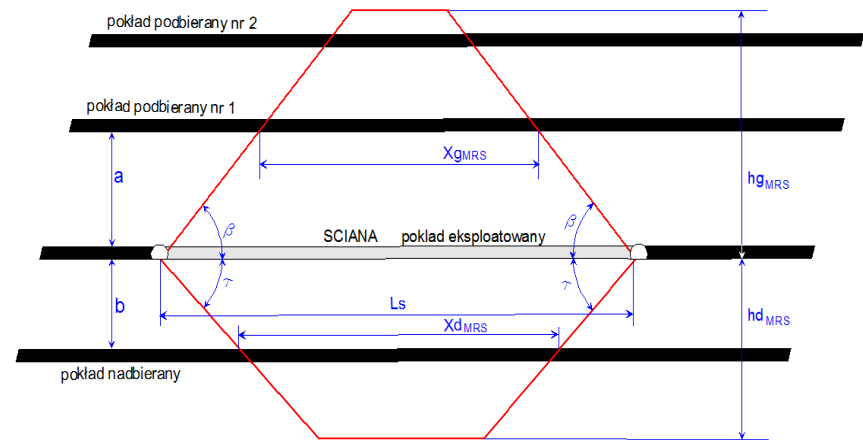
Poglądowe przedstawienie parametrów określających:

- zasięg stref odgazowania eksploatacyjnego ściany,
- szerokość strefy odgazowania

dla pokładów i warstw zalegających w obszarze zasięgu strefy odprężenia eksploatacyjnego



Metoda dynamiczna



Metoda modelowania numerycznego

G I G

# WERYFIKACJA PROGNOZY METANOWOŚCI BEZWZGLĘDNEJ

W metodzie MRS wymagane jest skonstruowanie indywidualnych modeli numerycznych górotworu w rejonie prowadzonej eksploatacji na podstawie map pokładowych oraz profili geologicznych skał stropowych i spągowych.

Optymalizacja modeli, z uwagi na ich złożoność i wymagany ograniczony czas obliczeń powoduje założenie w modelach ograniczonego obszaru (tarczy) o wymiarach wynikających z parametrów geometrycznych:

- ściany objętych prognozą metanowości,
- innych, pozostałych ścian występujących w tym samym pokładzie,
- zrobów ścian w pokładach wyżej i niżej zalegających.

Szerokość modelu uzależniona jest głównie od liczby eksploatowanych ścian w pokładzie.

Prognozowana metodą MRS wielkość dopływu metanu z omawianego źródła jest większa o ok. 20% od wielkości prognozowanej metodą dynamiczną.

# PROGNOZOWANIE ZACISKANIA WYROBISK PRZYŚCIANOWYCH

**Miejsce występowania niebezpiecznych stężeń metanu w rejonach ścian wydobywczych - wyrobisko odprowadzające powietrze zużyte ze ściany w rejonie skrzyżowania z tą ścianą.**

**Przy przewietrzaniu ściany sposobem na U, który ma zastosowanie w większości funkcjonujących w polskim górnictwie ścian, stężenia niebezpieczne występują zdecydowanie częściej niż przy stosowaniu innych sposobów przewietrzania.**

**Wynika to głównie z tego, że nieco ponad połowa objętości metanu wydziela się ze zrobów ściany do tego wyrobiska.**

**Istotne jest więc rozpoznanie rozkładu stężeń metanu:**

- w niezlikwidowanej jeszcze części tego wyrobiska, tj. w części zlokalizowanej za linią zawału ściany,**
- na samym skrzyżowaniu ściany z tym wyrobiskiem,**
- w wyrobisku odprowadzającym powietrze na odcinku o długości uzależnionej od gabarytów wyrobiska.**

# PROGNOZOWANIE ZACISKANIA WYROBISK PRZYŚCIANOWYCH

**Dysponując:**

- prognozą zaciskania wyrobiska odprowadzającego powietrze zużyte ze ściany,
  - precyzyjną prognozą metanowości bezwzględnej wykonaną metodą modelowania numerycznego MRS, opartą o zweryfikowane metodą USBM wartości metanonośności pokładu węgla,
  - przyjętą (w projekcie technicznej eksploatacji danego pokładu daną ścianą) metanowością kryterialną, w oparciu o którą można określić metanowość wentylacyjną,
- należy przeanalizować przepływ metanu w takim rejonie.

**Uwzględnić przy tym należy – w odniesieniu do pola przekroju poprzecznego wyrobisk przyścianowych:**

- ilość dopływającego metanu,
- rozkład stężenia metanu w wyrobisku odprowadzającym powietrze zużyte za linią zawału ściany, na samym skrzyżowaniu ze ścianą oraz przed skrzyżowaniem.

# PROGNOZOWANIE ZACISKANIA WYROBISK PRZYŚCIANOWYCH

Wyroby przyścianowe znajdują się w strefie wpływu prowadzonej eksploatacji, powodującego w otoczeniu tych wyrobisk:

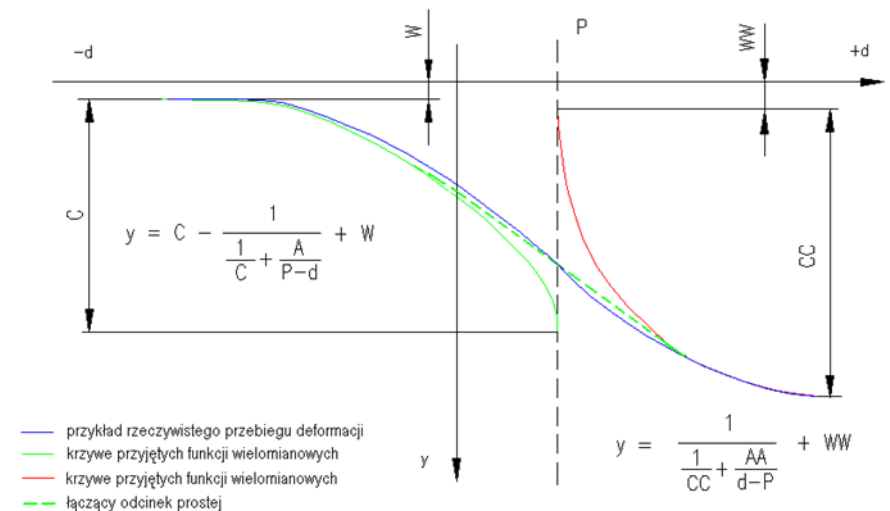
- zwiększoną koncentrację naprężeń ściskających w ociosach, czego wynikiem jest poszerzanie się strefy spękań,
- zwiększony w poziomie i pionie zasięg odspojenia się skał stropowych, co związane jest z odkształcaniem się spękanych ociosów, na których opierają się warstwy stropowe,
- wzrost nacisku w głębszych partiach ociosu na skały spągowe, co w przypadku skał słabych wpływać może na większą intensywność ich wypiętrzania,
- duże prawdopodobieństwo wystąpienia wstrząsów górotworu, co poprzez dodatkowe naprężenia dynamiczne niekorzystnie wpływać może na warstwy stropowe, spągowe i ociosy wyrobiska.

Zjawiska te powodują, iż deformacje wyrobisk w strefie oddziaływania eksploatacji są intensywne i niejednokrotnie stwarzają trudności w ich prawidłowym utrzymaniu.

# PROGNOZOWANIE ZACISKANIA WYROBISK PRZYŚCIANOWYCH

Deformacje wyrobisk przyścianowych są zależne od wielu czynników, takich jak na przykład:

- odległości od czynnego frontu eksploatacyjnego,
- głębokości eksploatacji,
- aktywności sejsmicznej,
- typu oraz podporności obudowy zastosowanej w wyrobiskach,
- parametrów wytrzymałościowych skał otaczających chodnik,
- orientacji kierunku naprężeń,
- zasłóci eksploatacyjnych,
- zaburzeń geologicznych,
- zmiennego otoczenia wyrobiska, jak obustronne otoczenie calizną lub też jednostronne sąsiedztwo zrobów,
- sposobu ochrony chodników za frontem ściany.



Aproksymacyjny model zaciskania chodników przyścianowych (AMZCH-1) wraz z jego parametrami

# PROGNOZOWANIE ZACISKANIA WYROBISK PRZYŚCIANOWYCH

W oparciu o uzyskane wyniki obliczeń numerycznych deformacji wyrobisk przyścianowych określa się ich wielkości przekroju poprzecznego na całym wybiegu ściany, które następnie są eksportowane do kolejnych programów numerycznych (np. CFD) pozwalających na symulację przepływu powietrza w wyrobiskach kopalnianych. Zaletą takiej prognozy jest m.in. to, że możliwe jest:

- podjęcie decyzji np. o zmianie przekroju poprzecznego wyrobisk, zmianie podziałki drzwi obudowy podporowej, zmiany kształtownika, typu stali, z której wykonana jest obudowa,
- zaprojektowanie odpowiednich wzmocnień w postaci kotwienia, stojaków, kasztów czy innego rodzaju wzmocnień obudowy zasadniczej,
- dokonanie wstępnej analizy zmian przepływu powietrza przez wyrobiska poddane deformacjom,
- przewidywanie i zaprojektowanie koniecznych, dodatkowych robót, na przykład spągowania, przebudowy wyrobisk czy ich dalszego wzmocnienia.



# ROZKŁAD STĘŻENIA METANU W WYROBISKU ODPROWADZAJĄCYM POWIETRZE ZYŻYTE ZE ŚCIANY

Z punktu widzenia zagrożenia metanowego istotne jest to, że na podstawie prognozy zaciskania wyrobisk przyścianowych możliwa jest analiza wpływu ich wielkości pola przekroju poprzecznego na rozkład stężenia metanu w prądzie powietrza wyływającego ze ściany.

Ponieważ ok. 78% wydobytego w Polsce węgla kamiennego pochodzi z pokładów metanowych tematyka związana z przekrojami wyrobisk przyścianowych oraz drogami doprowadzenia i odprowadzenia powietrza z rejonów ścian nabiera szczególnej wagi.

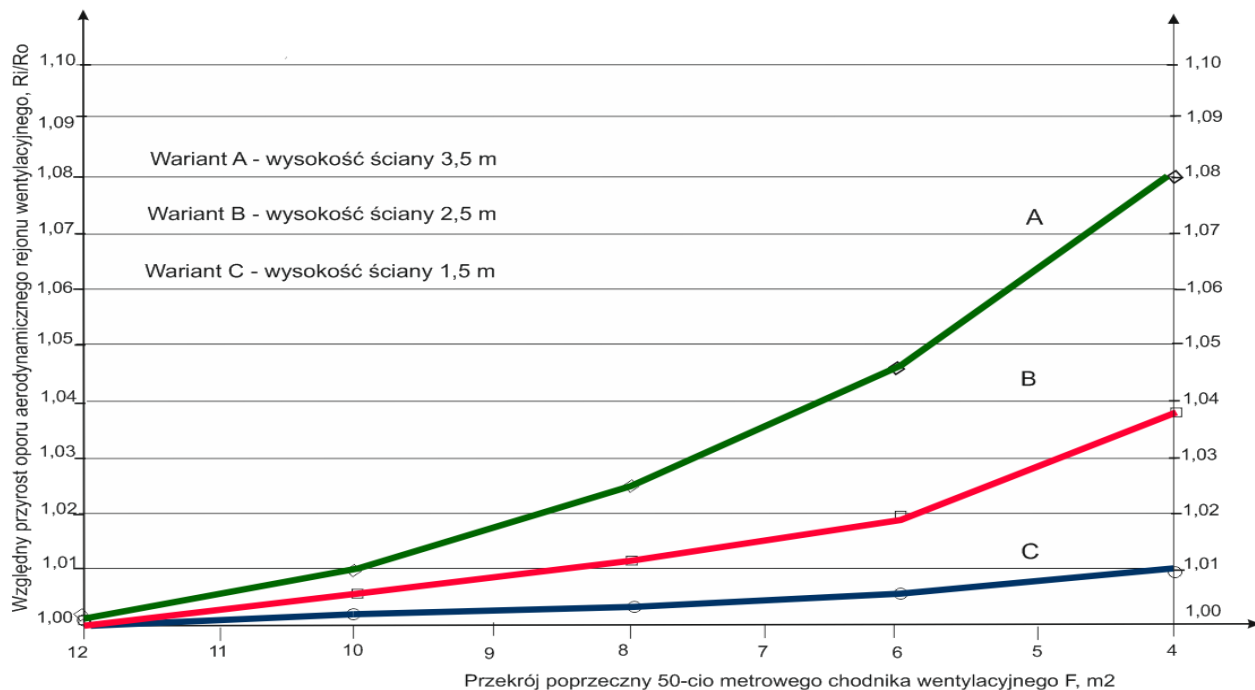
Prognoza zaciskania wyrobisk przyścianowych pozwala przeanalizować rozkład stężenia metanu w wyrobisku odprowadzającym powietrze zużyte w rejonie skrzyżowania ze ścianą, na który wpływ mają przede wszystkim:

- wydatek objętościowy odprowadzanego z powietrzem metanu,
- gabaryty wyrobisk przyścianowych, od których m.in. zależy rozkład pola potencjałów aerodynamicznych.

# ROZKŁAD STĘŻENIA METANU W WYROBISKU ODPROWADZAJĄCYM POWIETRZE ZYŻYTE ZE ŚCIANY

W przypadku zmniejszenia się gabarytów wyrobisk przyścianowych nie zawsze możliwe jest znalezienia odpowiedzi w Instrukcji Nr 17 GIG pt. „Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego” w kontekście stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych.

Z praktyki oraz z przeprowadzanych badań wiadomo, że opór aerodynamiczny rośnie wraz ze zmniejszaniem się pola przekroju furty eksploatacyjne oraz gabarytów wyrobiska odprowadzającego powietrze zużyte ze ściany.



# ROZKŁAD STĘŻENIA METANU W WYROBISKU ODPROWADZAJĄCYM POWIETRZE ZUŻYTE ZE ŚCIANY

Dla zapewnienia prawidłowego odprowadzania metanu ze ściany oraz z wyrobiska przyścianowego odprowadzającego powietrze zużyte ze ściany konieczne jest utrzymywanie właściwego pola przekroju poprzecznego.

Przekrój ściany $F$ , m <sup>2</sup>	Zalecany minimalny przekrój części chodnika wentylacyjnego za przegrodą $F_p$ , m <sup>2</sup>	Zalecany minimalny przekrój chodnika wentylacyjnego $F_{chmin}$ , m <sup>2</sup>
6,0	8,0	12,0
7,0	8,0	12,0
8,0	8,0	12,0
9,0	9,0	13,0
10,0	10,0	14,0
11,0	10,0	14,0
12,0	10,0	14,0
13,0	10,0	14,0
14,0	10,0	14,0
15,0	10,0	14,0

Dysponując prognozą zaciskania wyrobisk przyścianowych można przeprowadzić analizę rozkładu stężenia metanu w rejonie skrzyżowania ściany z wyrobiskiem odprowadzającym powietrze zużyte ze ściany. To zaś pozwoli dobrać odpowiednie pomocnicze urządzenia wentylacyjne oraz zaprojektować i rozmieszczenie w rejonie tego skrzyżowania.

# PODSUMOWANIE

**Eksploatacja pokładów metanowych stwarza szereg zagrożeń związanych z bezpieczeństwem pracowników i ruchu zakładu górniczego, czego dowodem są występujące co roku zdarzenia z udziałem metanu.**

**Kompleksowe podejście do badania oraz prognozowania kształtowania się zagrożenia metanowego w rejonie ściany wydobywczej obejmuje cztery kwestie.**

**Pierwszą kwestią jest dokładność badań metanoności pokładu węgla w obszarze planowanej eksploatacji, którą można zwiększyć poprzez wykonanie równoległych badań metodą USBM, pozwalających na wyznaczenie współczynnika korekcyjnego do badań metanoności wykonanych metodą zwiercinową.**

**Drugą kwestią jest zwiększenie dokładności prognozy metanowości bezwzględnej z wykorzystaniem metody modelowania numerycznego MRS, co przy uwzględnieniu w niej skorygowanych wyników metanoności pozwala znacząco tę prognozę zbliżyć do realiów.**

# PODSUMOWANIE

**Kwestią trzecią jest prognozowanie zaciskania wyrobisk przyścianowych, umożliwiające dokonać ewentualnych poprawek projektu, co do np. doboru obudowy, rozstawu obudowy, czy też uwzględnienia konieczności spągowania wyrobiska, ale także umożliwia dokonanie analizy rozkładu stężenia metanu na wylocie ze ściany i w wyrobisku odprowadzającym z niej powietrze zużyte.**

**Ostatnią, czwartą kwestią jest dobór i rozmieszczenie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych w rejonie ściany i wyrobiska odprowadzającego z niej powietrze, poprzedzone analizą rozkładu stężenia metanu dokonaną na podstawie prognozy zaciskania wyrobisk przyścianowych.**

**Tak przeprowadzone kompleksowe badanie i prognozowanie kształtowania zagrożenia metanowego na etapie projektowania eksploatacji pokładu metanowego pozwoli na poprawę bezpieczeństwa pracowników i ruchu zakładu górniczego oraz rytmiczności ruchu ściany i związanej z tym efektywności wydobywania.**

**Dziękuję za uwagę**

**GiG** Instytut  
Badawczy

