



**Szkoła Aerologii Górniczej**  
**Komitet Górnictwa PAN**  
Białka Tatrzańska



# **Odmetanowanie i jego wpływ na bezpieczeństwo prowadzenia robót w wyrobiskach górniczych**

***Nikodem SZŁĄZAK***  
***Justyna Swolkień***



**WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ  
i GOSPODARKI ZASOBAMI**



# Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla kamiennego



Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla kamiennego determinuje zwiększenie kosztów wydobywania węgla, co związane jest z nakładami finansowymi ponoszonymi z tytułu profilaktyki i zwalczania tego zagrożenia.

Znaczne koszty generowane są przez konieczność prowadzenia odmetanowania.

Z drugiej strony metan ujęty systemami odmetanowania stanowić może nośnik energii, który odpowiednio zagospodarowany może pokryć koszty poniesione na odmetanowanie, a nawet przynieść dodatkowe zyski.

Ostatnio podejmowane są próby ujęcia metanu z powierzchni poprzez wiercenie otworów i szczelinowanie pokładów węgla

## Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla kamiennego



Aktualnie w Polsce większość kopalń węgla kamiennego posiada systemy odmetanowania.

Odmetanowanie prowadzone jest dla zapewnienia bezpieczeństwa, bądź z przyczyn technologicznych (ujęcie części metanu do systemu odmetanowania skutkuje mniejszymi emisjami gazu do wyrobisk górniczych).

Metan ujęty tymi systemami może stanowić pełnowartościowe paliwo wykorzystywane w różnych rozwiązaniach technologicznych.

## Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla kamiennego



Kierunki wykorzystania gazu z odmetanowania mogą być różne. Do trzech podstawowych grup można zaliczyć:

- » wykorzystanie energetyczne:
- » produkcja ciepła (potrzeby grzewcze i technologiczne),
- » produkcja energii elektrycznej,
- » układy skojarzone (wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła, chłodu),
- » przesyłanie gazu do odbiorców zewnętrznych,
- » produkcja gazu sieciowego,
- » skraplanie gazu.

## Strefy desorpcji metanu podczas eksploatacji ścianowej



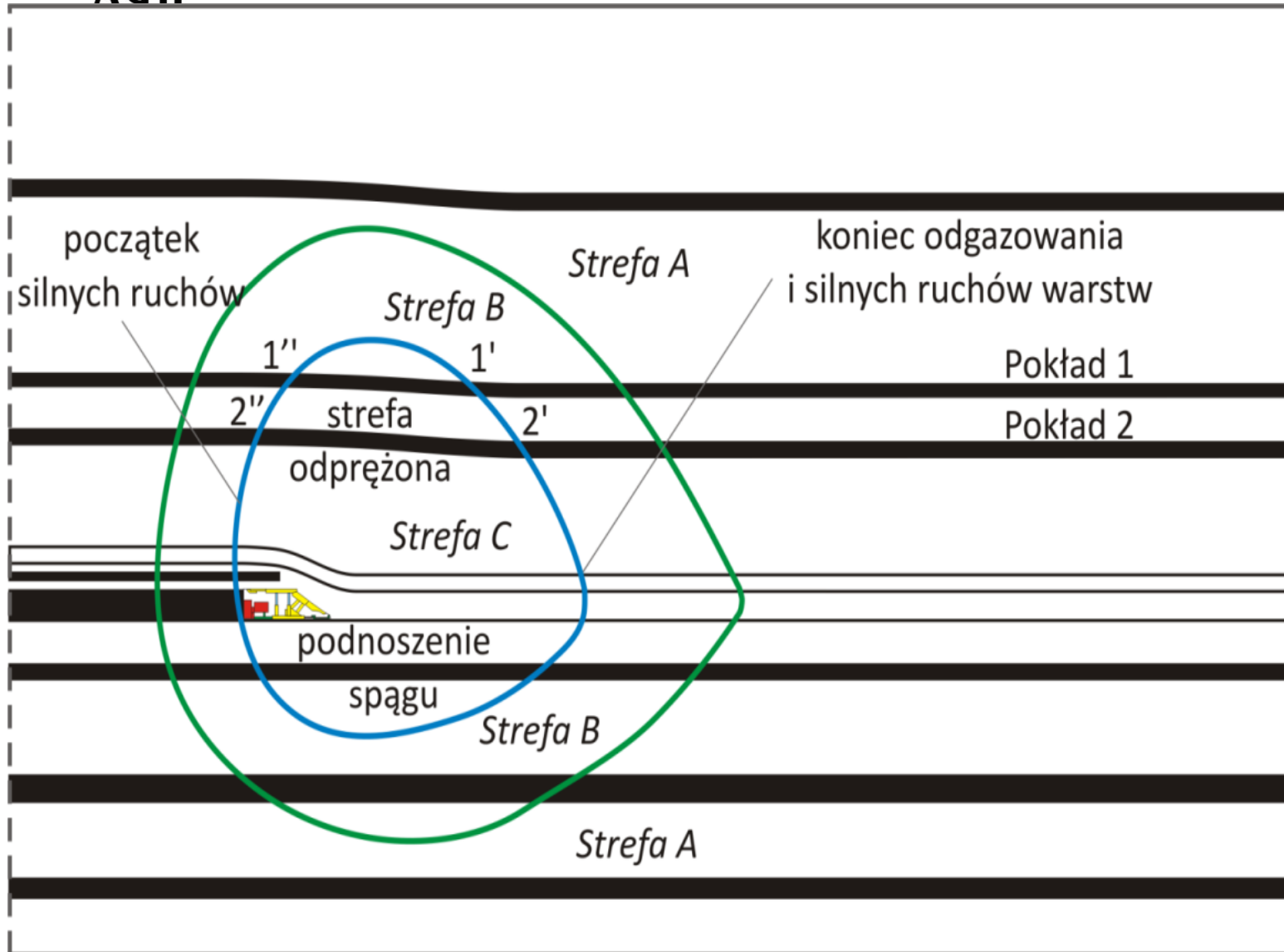
Prowadzenie eksploatacji pokładu węgla przyczynia się do odprężenia i spękania pokładu węgla oraz skał nadległych, jak również podległych. **Powoduje to wielokrotny wzrost przepuszczalności i umożliwia stosunkowo swobodny przepływ metanu ze strefy odprężonej do wyrobiska ścianowego.**

Ilość wydzielanego metanu do wyrobisk górniczych, a w szczególności do wyrobiska eksploatacyjnego, zależy od:

- » ilości metanu uwolnionego z pokładu węgla eksploatowanego (również z urobionego i transportowanego węgla),
- » ilości metanu desorbującego z pokładów sąsiednich zalegających w stropie i spągu, a będących w zasięgu wpływów eksploatacyjnych.

**Zasięg i wielkość odprężenia skał zależą zarówno od sposobu kierowania stropem (podsadzka, zawał), jak i charakteru skał (skały sztywne, plastyczne).**

# Schemat wpływu eksploatacji na odgazowanie warstw sąsiednich (Kissel F. N. 2006)

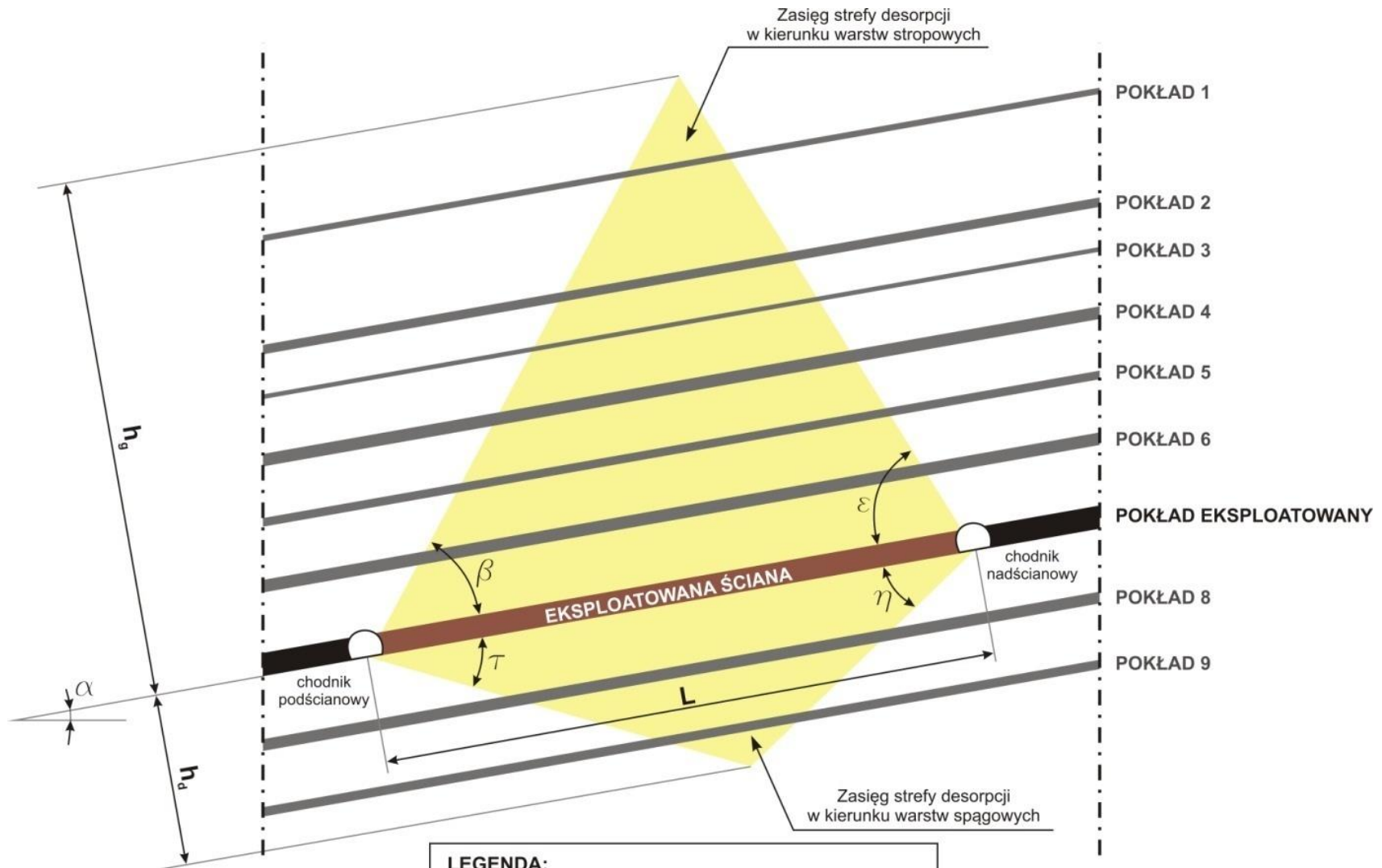


**Strefa A** odpowiada obszarowi, który pozostaje bez wyraźnego wpływu na stan naprężeń w górotworze.

**Strefa B** jest związana ze zwiększonymi ciśnieniami eksploatacyjnymi. Przepuszczalność węgla jest zmniejszona na skutek wzrostu wysokości naprężeń eksploatacyjnych.

**Obszar C** jest strefą odprężoną w wyniku eksploatacji pokładu. Przepuszczalność węgla dla gazu jest znacznie podwyższona w wyniku odprężenia.

# Wyznaczenie strefy desorpcji metanu przy eksploatacji ściany (Flügge G., 1971)

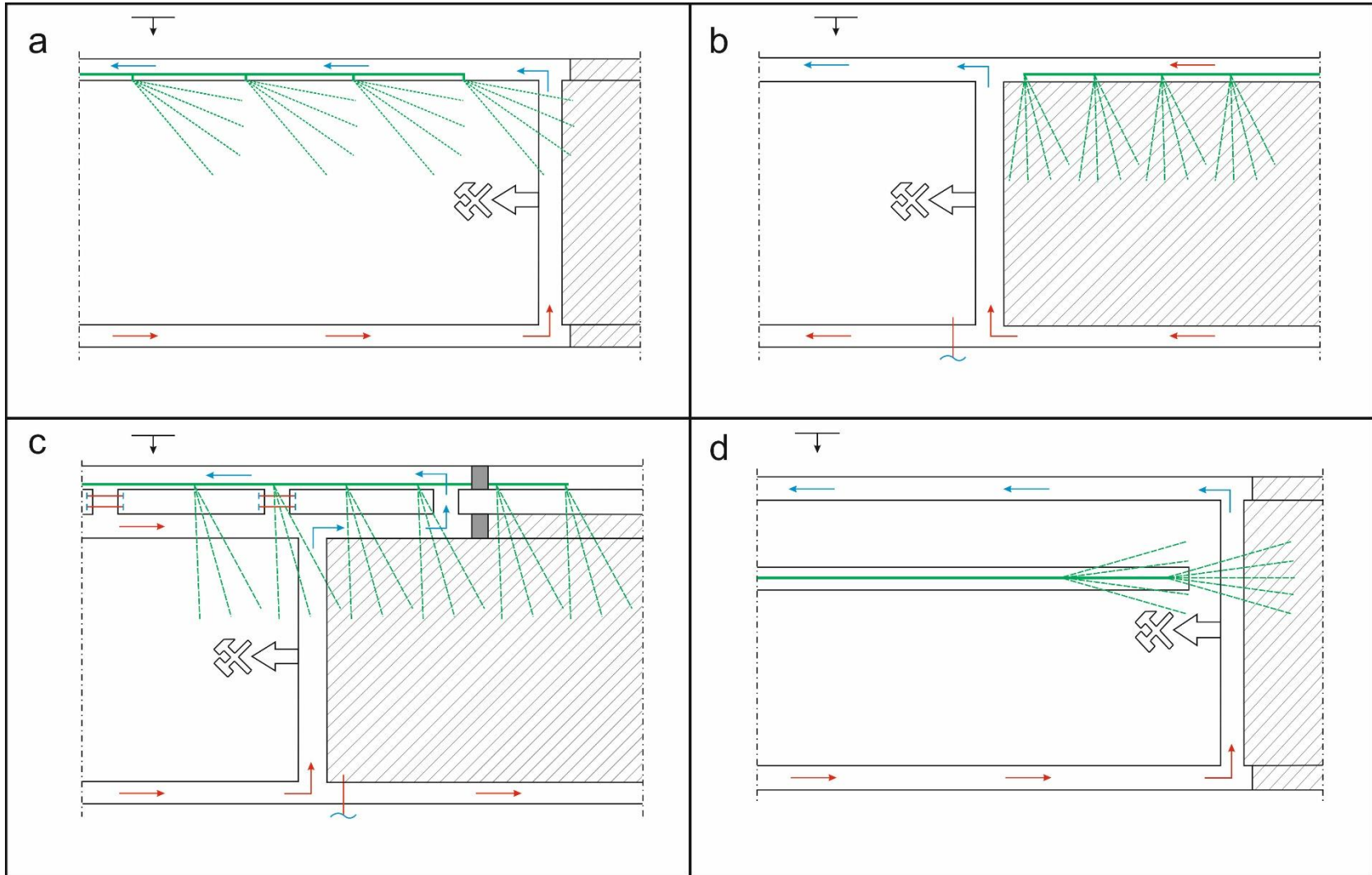


**LEGENDA:**




- L - długość ściany, m
- $\alpha$  - kąt nachylenia eksploatowanego pokładu, °
- $\beta, \epsilon, \tau, \eta$  - kąty zasięgu strefy desorpcji, °
- $h_g$  - zasięg strefy desorpcji w warstwach stropowych, m
- $h_p$  - zasięg strefy desorpcji w warstwach spągowych, m






- a) przewietrzana systemem „U”; b) przewietrzana systemem „Y”;  
 c) przewietrzana systemem „U” z równoległym chodnikiem wentylacyjnym;  
 d) przewietrzana systemem „U” z nadległym chodnikiem drenażowym



LEGENDA:

-  powietrze doprowadzane
-  powietrze odprowadzane
-  rurociąg odmetanowania

-  otwór drenażowy
-  tama regulacyjna
-  tama zamknięta





## Obliczanie sieci odmetanowania wraz z wyznaczeniem charakterystyk poszczególnych elementów sieci

Dla skutecznego odmetanowania górotworu podczas eksploatacji węgla kamiennego konieczne jest właściwe zaprojektowanie i wykonanie sieci odmetanowania.

Każda droga niezależna wyodrębniona z sieci odmetanowania stanowi układ połączonych szeregowo trzech elementów:

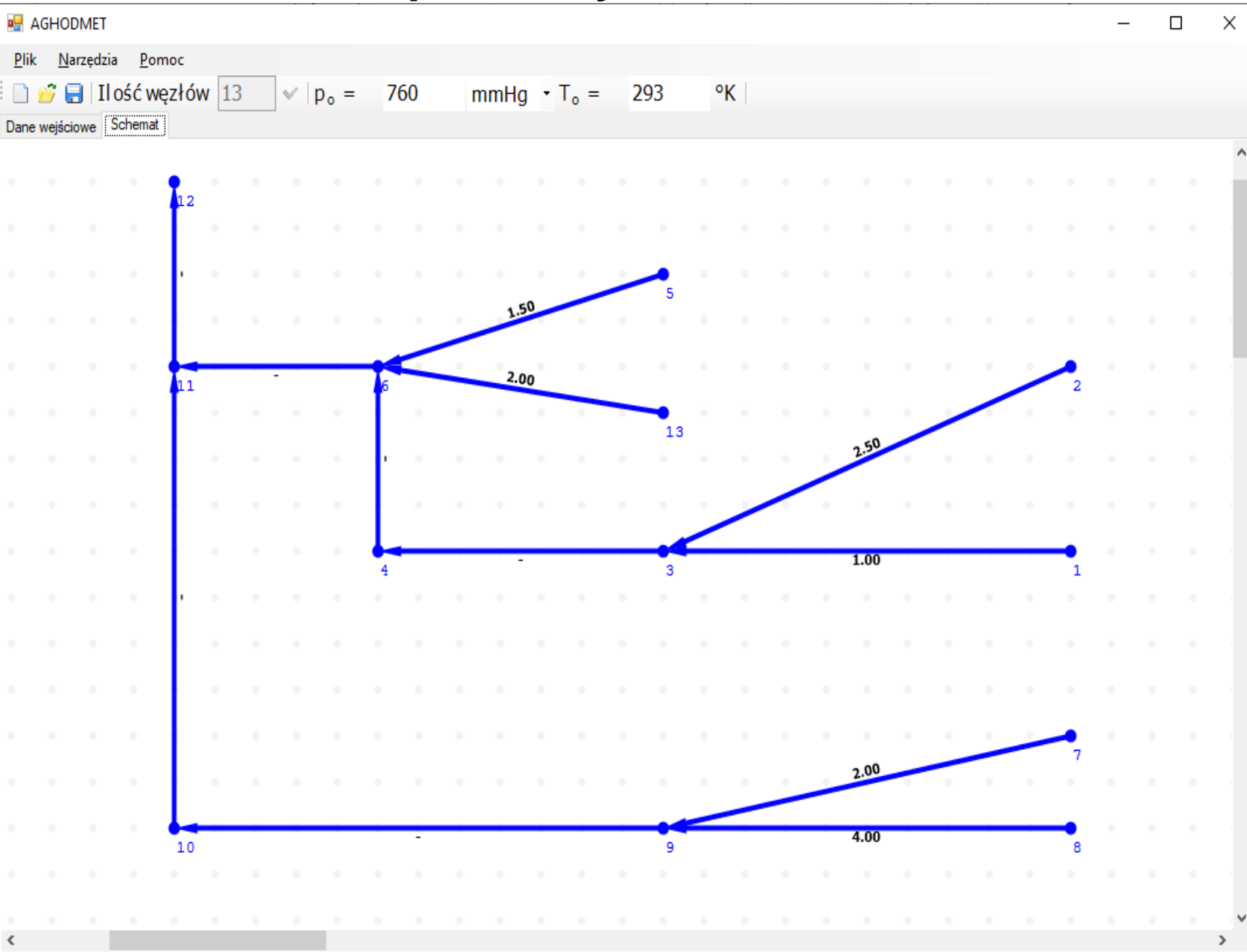
- wiązki otworów drenażowych,
- rurociągów odmetanowania,
- ssawy stacji odmetanowania.

Każdy z wymienionych powyżej elementów posiada inną charakterystykę traktowaną jako zależność ciśnienia na wlocie z wiązki otworów drenażowych, ciśnienia na wlocie do ssawy i rozkładu ciśnienia w rurociągach w funkcji wydatku masowego przepływu w każdym z tych elementów.



# Przykładowa sieć odmetanowania wykonana w programie komputerowym AGHODMET

AGH



WWW <

## Rozkład ciśnienia w rurociągu poziomym:

$$p^2 = p_1^2 - \frac{16\lambda G^2 p_0}{\Pi^2 D^5 \rho_0} \cdot s$$

gdzie:  $p$  - jest ciśnieniem w punkcie rurociągu poziomego o współrzędnej  $s$ , a  $p_1$  - w punkcie o współrzędnej  $s = 0$ .

## Rozkład ciśnienia w rurociągu nachylonym:

$$p^2 = \left( p_1^2 - \frac{A_r}{B} G^2 \right) \exp B + \frac{A_r}{B} G^2$$

$$A_r = \frac{16 \cdot \lambda s p_0}{\Pi^2 D^5 \rho_0} \qquad B = -\frac{2gz\rho_0}{p_0}$$

$G$  - masowy wydatek mieszaniny metanu i powietrza,  $p_0$  i  $\rho_0$  – ciśnienie i gęstość w warunkach odniesienia,  $\rho$  - gęstość przepływającej mieszaniny,  $g$  - przyspieszenie ziemskie,  $p$  - ciśnienie w rurociągu,  $\lambda$  - bezwymiarowy współczynnik oporu rurociągu,  $z$  – współrzędna pionowa,  $D$  - średnica hydrauliczna przewodu



Dla obliczeń wydatków masowych w bocznicach sieci odmetanowania korzystniej jest używać zależności w postaci:

$$p_m^2 = -\frac{1}{a_m} \cdot G_m + \frac{b_m}{a_m}$$

$G_m$  - wydatek masowy mieszaniny z m-tej wiązki,

$p_m$  - ciśnienie na wylocie z wiązki,

$a_m$ ,  $b_m$  - współczynniki wyznaczone dla całej wiązki otworów drenażowych.



Zalecany spadek ciśnienia mieszaniny na całej długości rurociągu nie powinien przekraczać 5 kPa na 1 km długości rurociągu.

W kopalniach coraz częściej wykorzystuje się rury z tworzyw sztucznych.

Przepustowość takich rurociągów jest większa niż rurociągów stalowych z uwagi na mniejszą wartość współczynnika oporu liniowego  $\lambda$ .



W nowo budowanych stacjach odmetanowania stosuje się zespoły dmuchawowe służące do wytworzenia depresji w oparciu o sprężarki typu Roots'a. Główną ich zaletą jest brak zanieczyszczania gazu.

Aktualnie często wykorzystuje się dmuchawy typu DR-500T lub DR-700T z układami do płynnej regulacji obrotów przy zastosowaniu przemienników częstotliwości.

Sprężarki podłączone są po stronie ssawnej do kolektora zbiorczego umieszczonego przy stacji odmetanowania, do którego podłączony jest rurociąg szybowy.

Mieszanka metanu z powietrzem po sprężeniu, ochłodzeniu zostaje skierowana do rurociągów przesyłowych, którymi transportowana jest do odbiorników gazu lub wypuszczana do atmosfery.



Stacja odmetanowania wyposażona jest w dodatkowe urządzenia oraz układy automatycznej regulacji, które zapewniają:

- pracę stacji odmetanowania w zakresie zmiennej wydajności ujmowanego gazu (w odniesieniu do warunków normalnych), najczęściej w granicach 40 – 100% zakładanej wydajności,
- efektywne oczyszczanie gazu na wlocie do stacji odmetanowania,
- schładzanie gazu na wyjściu ze stacji odmetanowania,
- automatyczny układ regulacji ciśnienia na wyjściu ze stacji odmetanowania.





AGH

Cały układ stacji odmetanowania posiada odpowiednie zabezpieczenia i aparaturę kontrolno-pomiarową.

Przy stężeniu metanu w mieszaninie poniżej 30% następuje automatyczne wyłączenie stacji i uruchomienie sygnalizacji alarmowej.

Z tego też powodu konieczna jest ciągła kontrola stężenia metanu w mieszaninie płynącej w poszczególnych odcinkach sieci, tak aby w szybki sposób można było zlokalizować powstałe połączenia sieci odmetanowania z atmosferą kopalnianą powodujące obniżenia stężenia metanu.

Sprężarki charakteryzują się podciśnieniem wytwarzanym po stronie ssawnej wynoszącym  $0,5 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> co oznacza, że minimalne ciśnienie na ssaniu wynosić może ok.  $0,52 \cdot 10^5$  Pa przy ciśnieniu atmosferycznym  $1,01 \cdot 10^5$  Pa.



Do obliczeń sieci odmetanowania korzystniejsze jest używanie charakterystyk sprężarek wykonanych w układzie: ciśnienie na ssaniu - wydatek masowy przepływu gazu.

W tym układzie wykorzystuje się charakterystyki sprężarek biorąc pod uwagę gęstość mieszaniny metan - powietrze przy różnych stężeniach metanu.

$$p_s = \frac{A_s}{\rho_{0s}} \cdot G_s + \bar{B}_s$$

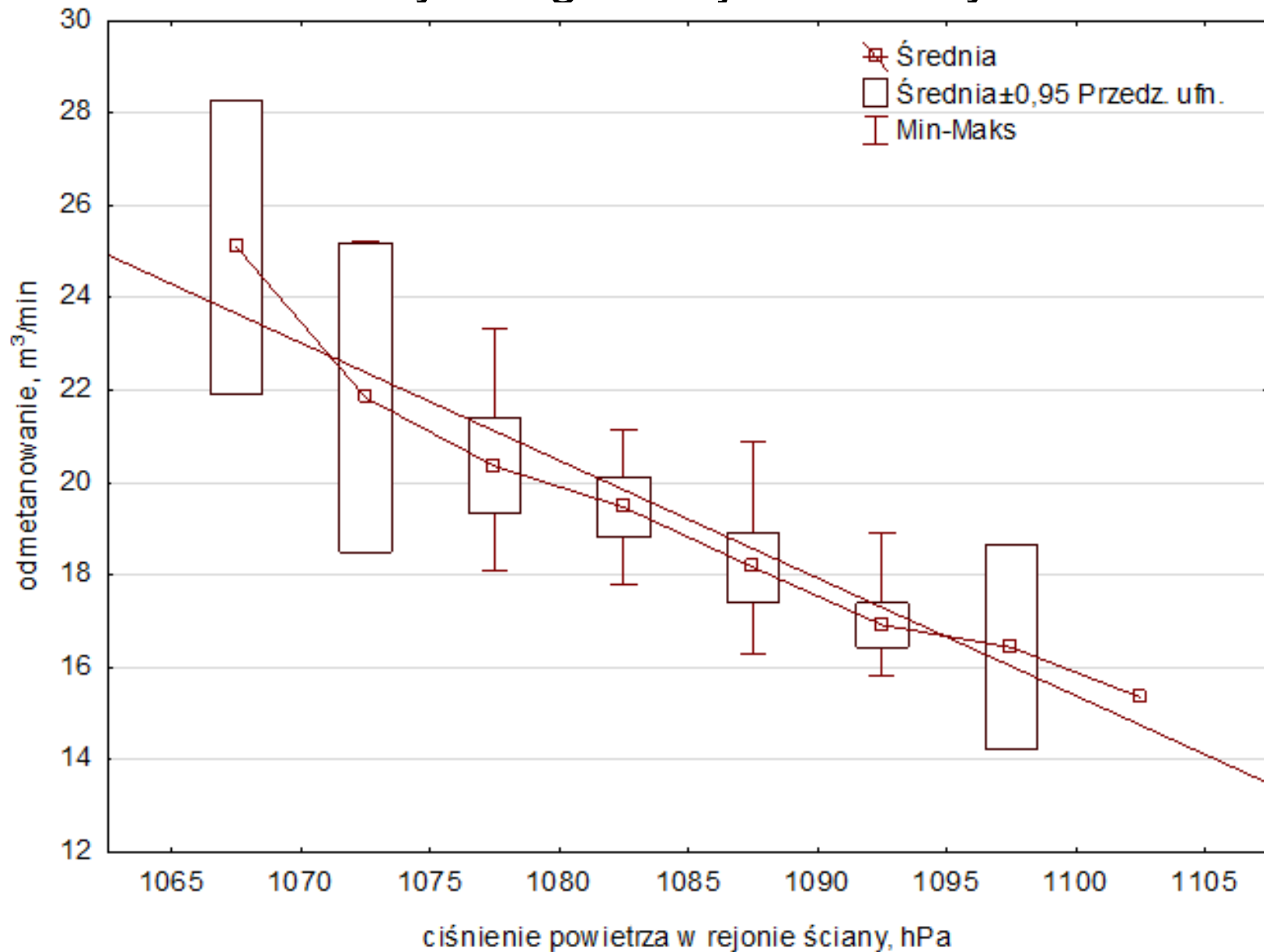
# Ocena wpływu różnych parametrów na efektywność odmetanowania



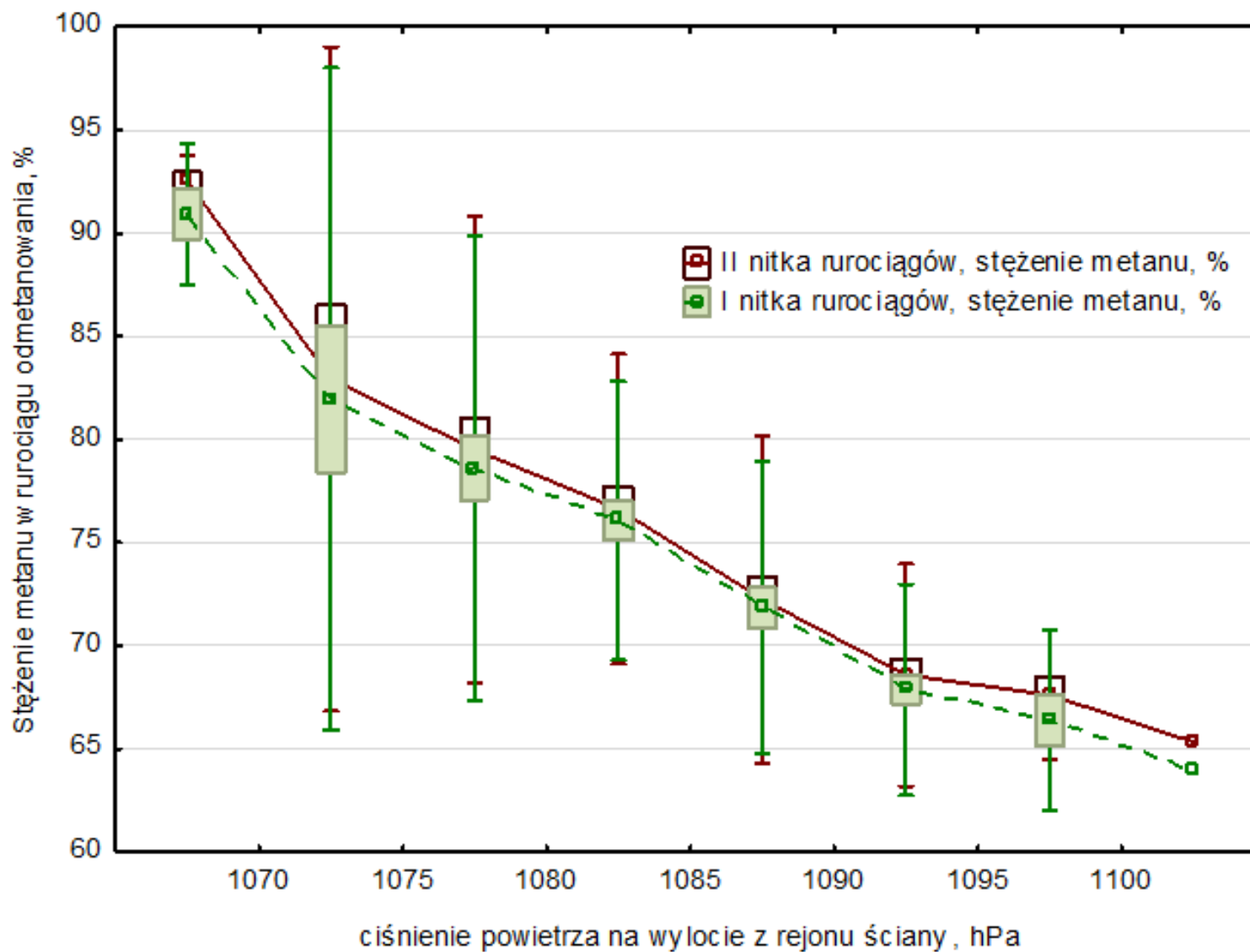
Na efektywność odmetanowania podczas eksploatacji złóż węgla kamiennego mają:

- zmiany ciśnienia barometrycznego,
- stosowana profilaktyka przy samozagrzewanie węgla w zrobach ściany,
- uszczelnienie rury obsadowej otworów drenażowych,
- strzelania wstrząsowe w rejonie ściany oraz postępu ściany

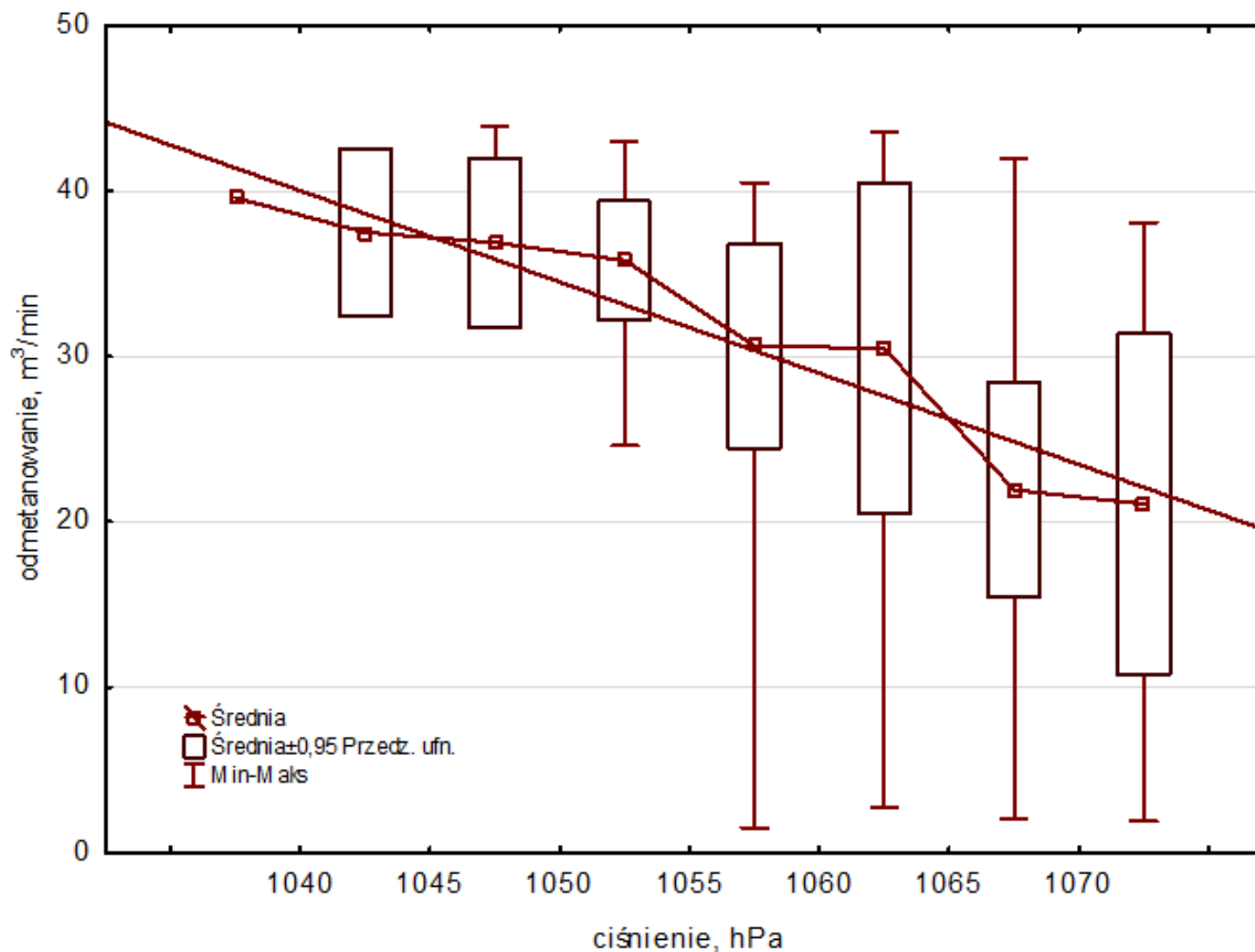
# Zmiany wydajności ujętego metanu poprzez odmetanowanie ze ściany 2 z chodnikiem równoległym w zależności od ciśnienia barometrycznego w rejonie ściany



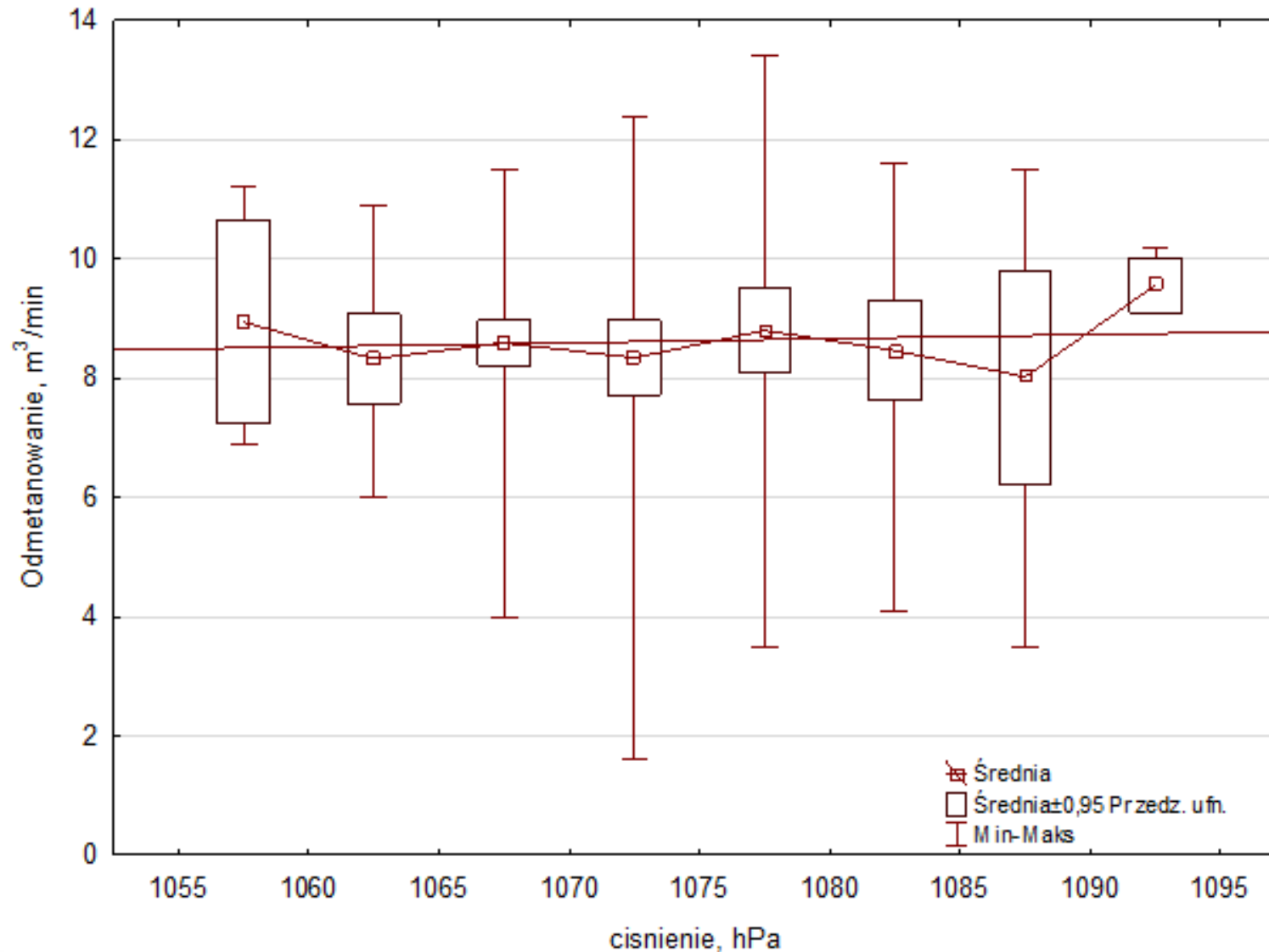
# Zmiany stężenia metanu w rurociągach odmetanowania tzw. I i II nitka rurociągu



# Zmiany wydajności ujętego metanu poprzez odmetanowanie z nadległego chodnika drenażowego w zależności od ciśnienia barometrycznego w rejonie ściany



# Zmiany wydajności ujętego metanu ze ściany D-2 w zależności od ciśnienia barometrycznego w rejonie ściany







# Rozmieszczenie rurociągów odmetanowania i zmiana ciśnienia w rurociągach



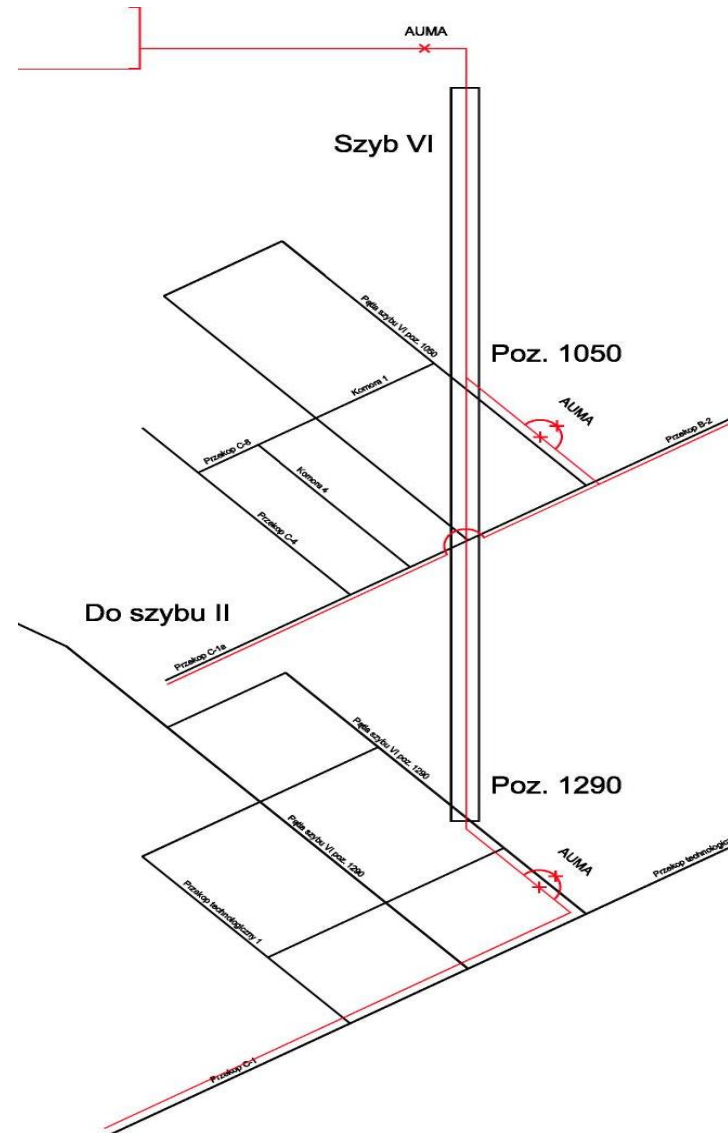
Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych w § 340 podaje, że metan ujmowany podczas odmetanowania górotworu odprowadza się rurociągami metanowymi na powierzchnię lub do wyrobisk z prądem powietrza odprowadzanego do szybu wydechowego, przy zachowaniu dopuszczalnego stężenia metanu w powietrzu, na warunkach określonych przez kierownika ruchu zakładu górniczego.

Natomiast §342.1 precyzuje, że rurociągów metanowych nie można budować w:

- **szybach wdechowych,**
- **wyrobiskach z elektryczną trakcją przewodową.**

W §343.2 podano, że przed przystąpieniem do naprawy uszkodzonego rurociągu metanowego, w tym wymiany zasowy lub innego elementu, rurociąg ten zabezpiecza się w sposób uniemożliwiający wypływ metanu oraz zasysanie powietrza do tego rurociągu.

# Rozmieszczenie rurociągów w szybie wdechowym





Należy jednak mieć na uwadze, że w rurociągach metanowych postronnie ssącej występuje podciśnienie w stosunku do ciśnienia barometrycznego w wyrobisku.

Istota odmetanowania polega na wytworzeniu w miejscu ujęcia metanu podciśnienia w stosunku do ciśnienia barometrycznego w wyrobisku i ujęcia metanu, który wpływał by do wyrobiska rurociągiem metanowym.

W rurociągach metanowych zabudowanych w wyrobiskach nie występuje nadciśnienie tylko podciśnienie.

Tak więc metan w wyniku uszkodzenia rurociągu nie będzie z niego wypływał do wyrobiska a jedynie będzie zasysał powietrze z wyrobiska do momentu wyrównania ciśnienia.



**Dziękuję  
za  
uwagę**