



Rzeczywiste możliwości ujęcia metanu z pokładów węgla kamiennego zalegających na dużych głębokościach

*Nikodem SZŁĄZAK
Justyna Swolkień*

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami
Katedra Inżynierii Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



Węgiel powstawał głównie w karbonie ze szczątków roślinnych, które przy braku tlenu uległy uwęgleniu.

Proces przeobrażania tej substancji w węgiel można podzielić na dwa okresy:

- » okres diagenety, czyli działania procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych prowadzących do przeobrażenia substancji roślinnej w torf, a następnie węgiel brunatny,
- » okres metamorfizmu, czyli dalszego uwęglenia węgla brunatnego do postaci węgla kamiennego i antracytu.

Metan wydzieliał się w obu etapach, przy czym w każdym z nich odbywał się, według innego mechanizmu. **Różnorodny skład i budowa skał mają wpływ na zmienność występowania metanu w złożach węgla kamiennego.**



Metan jest gazem termokatalitycznym powstałym w procesie uwęglenia substancji roślinnej.

Węgiel kamienny charakteryzuje struktura porowata o różnych zakresach średnic porów, które można podzielić na:

- » makropory o średnicy powyżej 50 nm,
- » mezopory o średnicy 2-50 nm,
- » mikropory o średnicy poniżej 2 nm,
- » submikropory (ultramikropory) o średnicy poniżej 0,8 nm.



Gazy mogą występować w pokładach węgla w stanie wolnym lub zasorbowanym.

W stanie wolnym występują one w szczelinach i spękaniach węgla oraz w jego makroporach.

Sorpcja gazów zależy głównie od ich natury i rodzaju węgla, a ich ilości występujące w obu stanach od temperatury i ciśnienia.

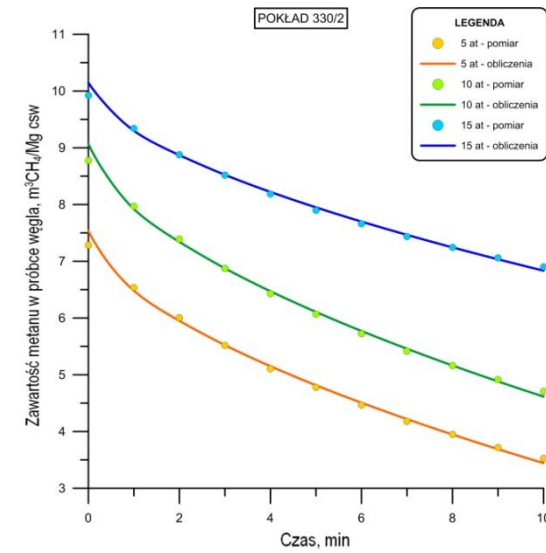
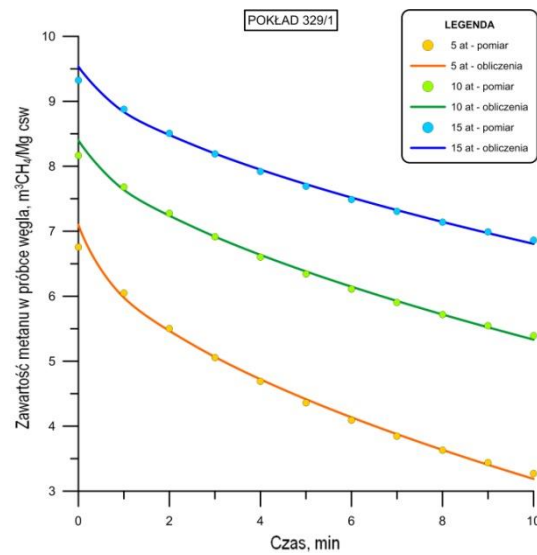
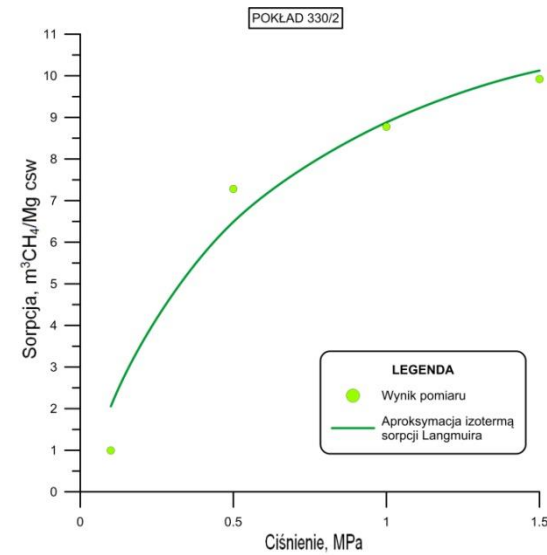
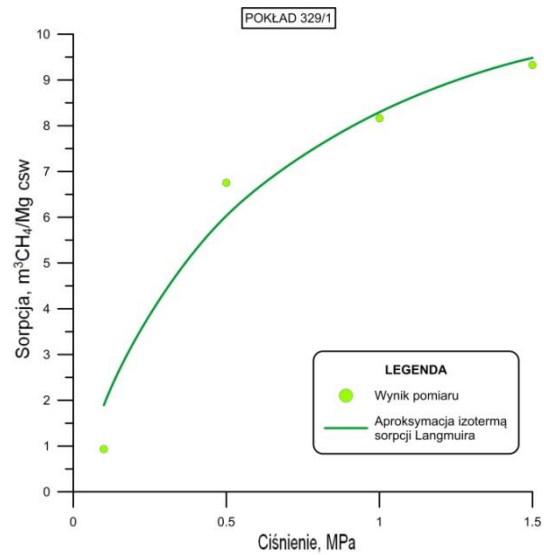
Obecność w pokładach gazów, a w szczególności metanu, stwarza duże problemy podczas ich eksploatacji, gdyż może prowadzić do stworzenia zagrożenia, a w konsekwencji do wybuchów i nagłych wyrzutów skał.



Znajomość procesu sorpcji pozwala na określenie jaka ilość gazu, i w jakim stanie znajduje się z złożu. Natomiast proces desorpcji stanowiący proces odwrotny do sorpcji pozwala określić jakie ilości gazu desorbują z węgla w czasie.

Wiedza ta jest ważna z punktu widzenia bezpieczeństwa w kopalniach, gdyż pozwala określić miejsca szczególnie narażone na emisję metanu i wyeliminować je poprzez intensywną wentylację.

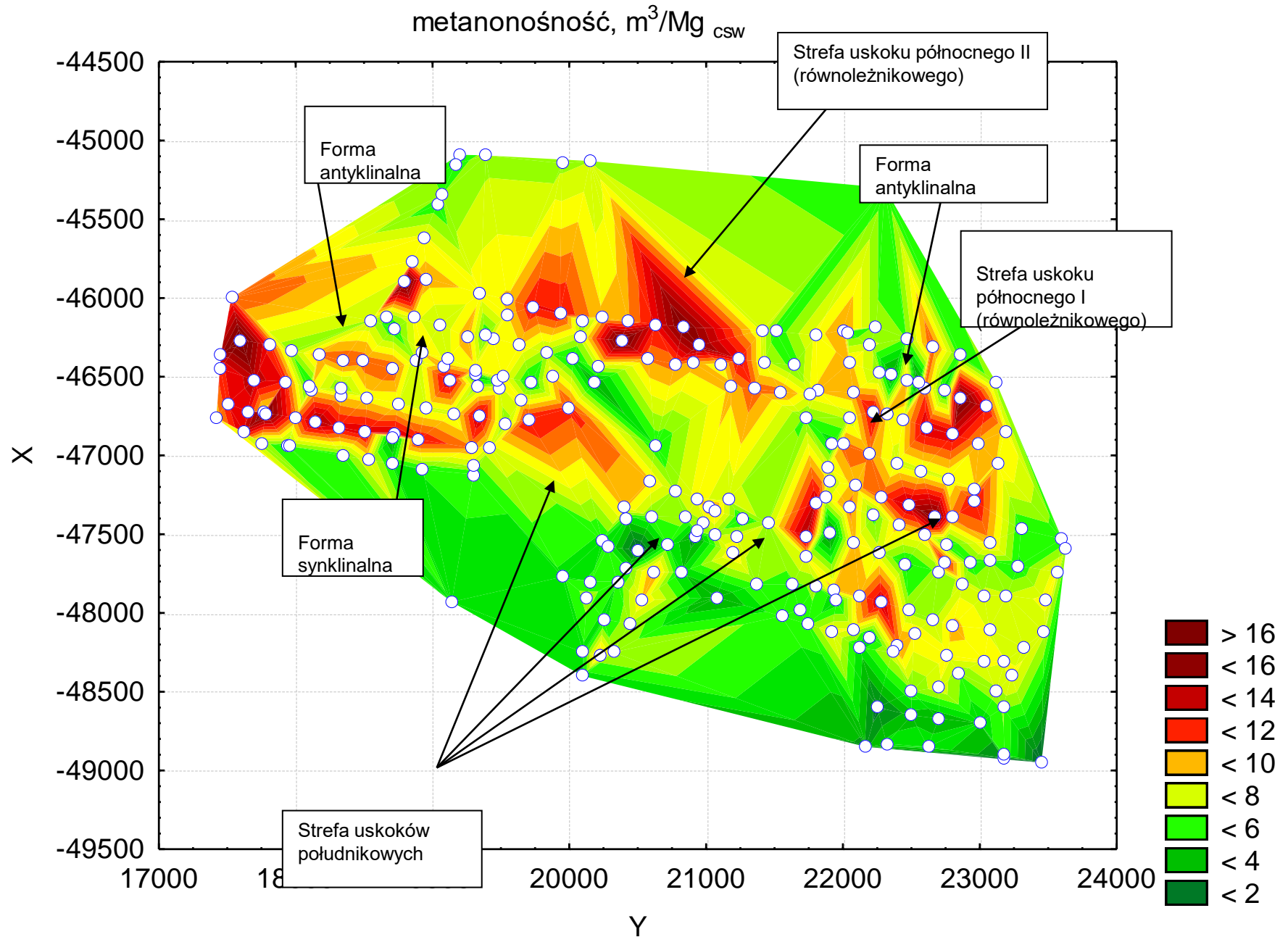
Na rysunkach przedstawiono izotermę sorpcji i krzywe desorpcji metanu na węglu z dwóch pokładów



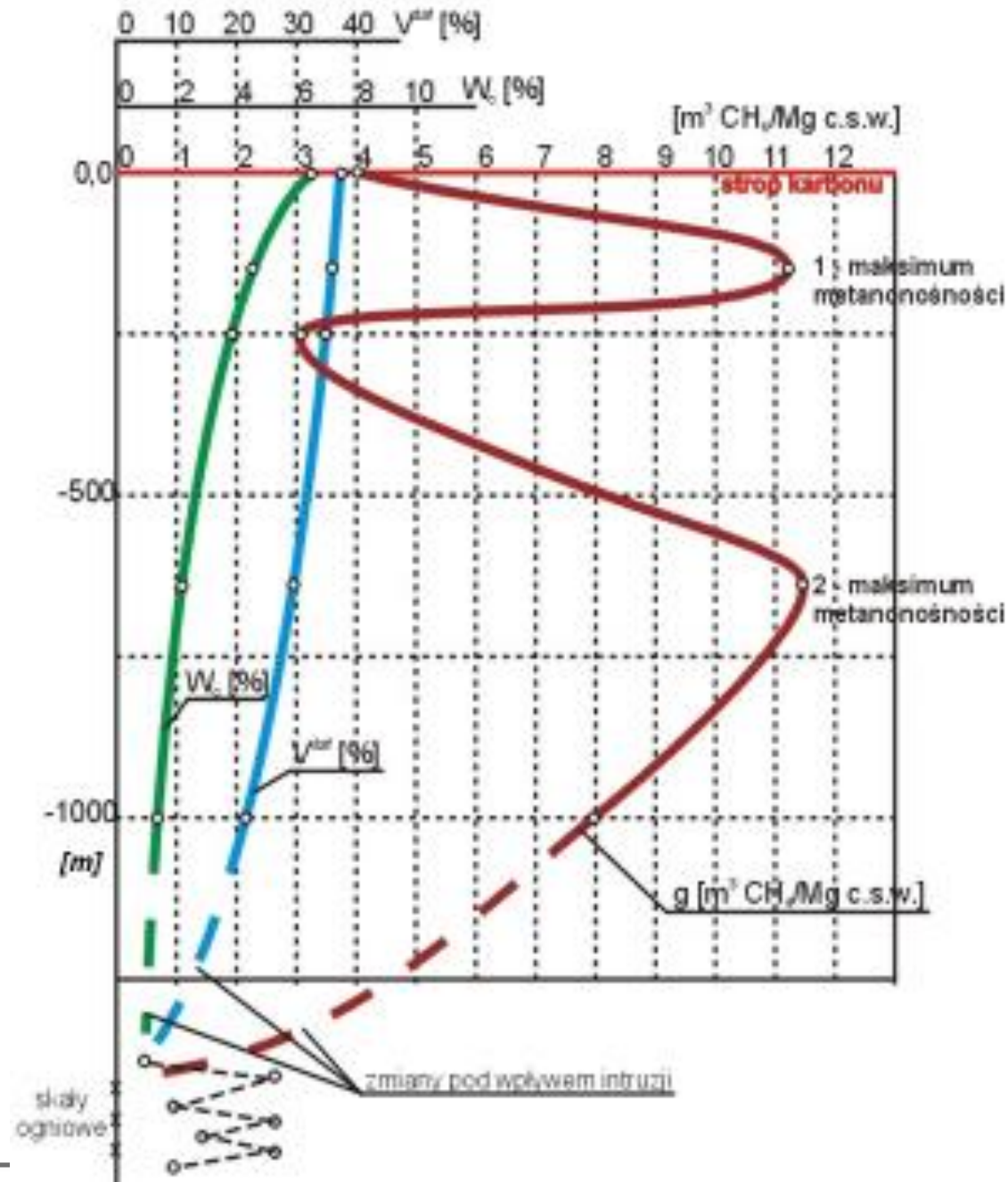


Główną formą występowania metanu w złożach węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest tzw. metan sorbowany w pokładach węglowych. Gaz z pokładów węgla (gaz kopalniany) zawiera prawie 100% czystego metanu. W kopalniach Górnego Śląska największe nasycenie złoża metanem występuje w przedziale głębokości 950 – 1050 m.

Wykres „wafłowy” metanonośności w pokładzie



Uśrednione zmiany metanoności oraz zawartości wilgoci i części lotnych w pokładach węgla ROW (Tarnowski, 1971)





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



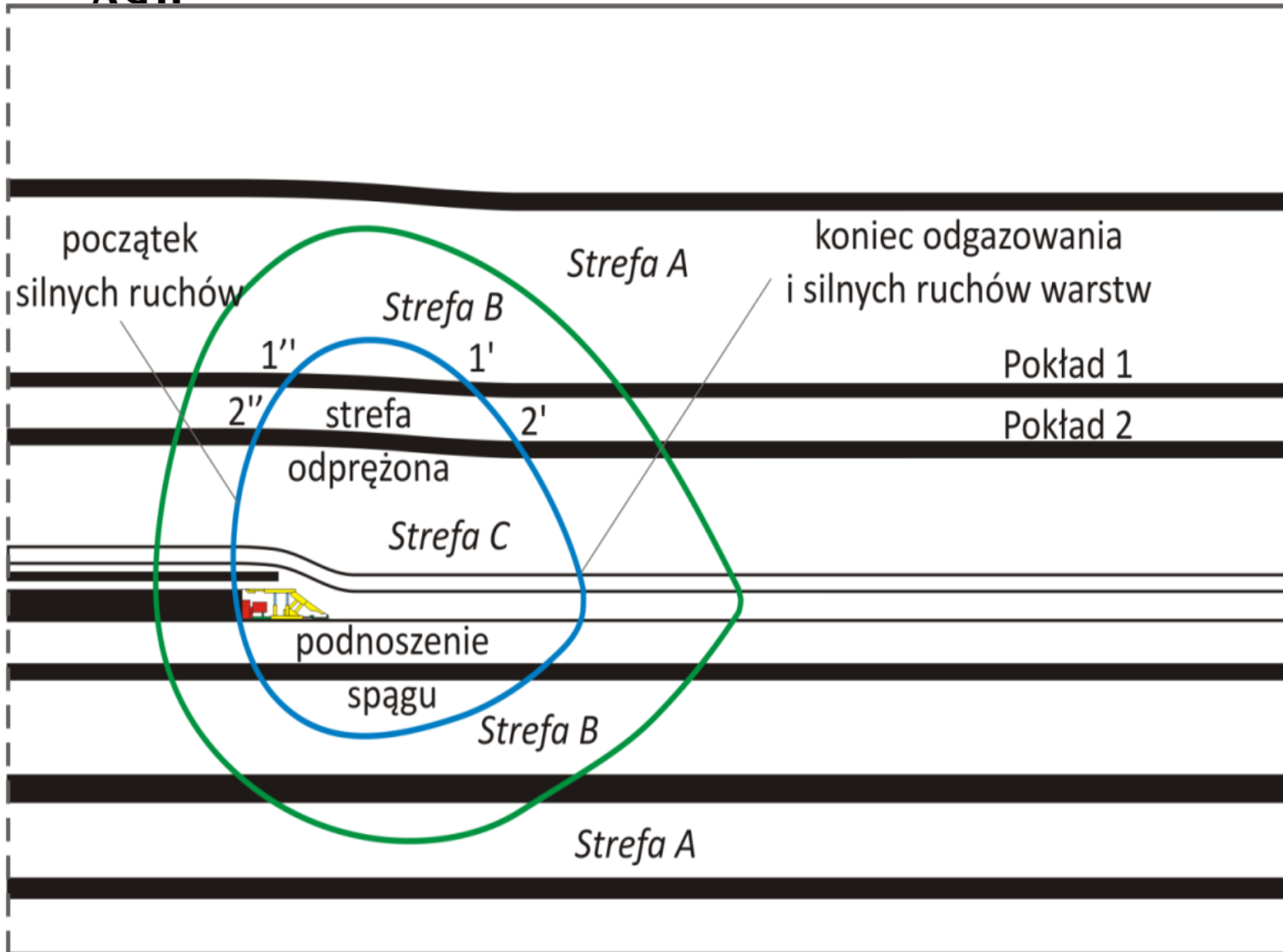
Prowadzenie eksploatacji pokładu węgla przyczynia się do odprężenia i spękania pokładu węgla oraz skał nadległych, jak również podległych. **Powoduje to wielokrotny wzrost przepuszczalności i umożliwia stosunkowo swobodny przepływ metanu ze strefy odprężonej do wyrobiska ścianowego.**

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)

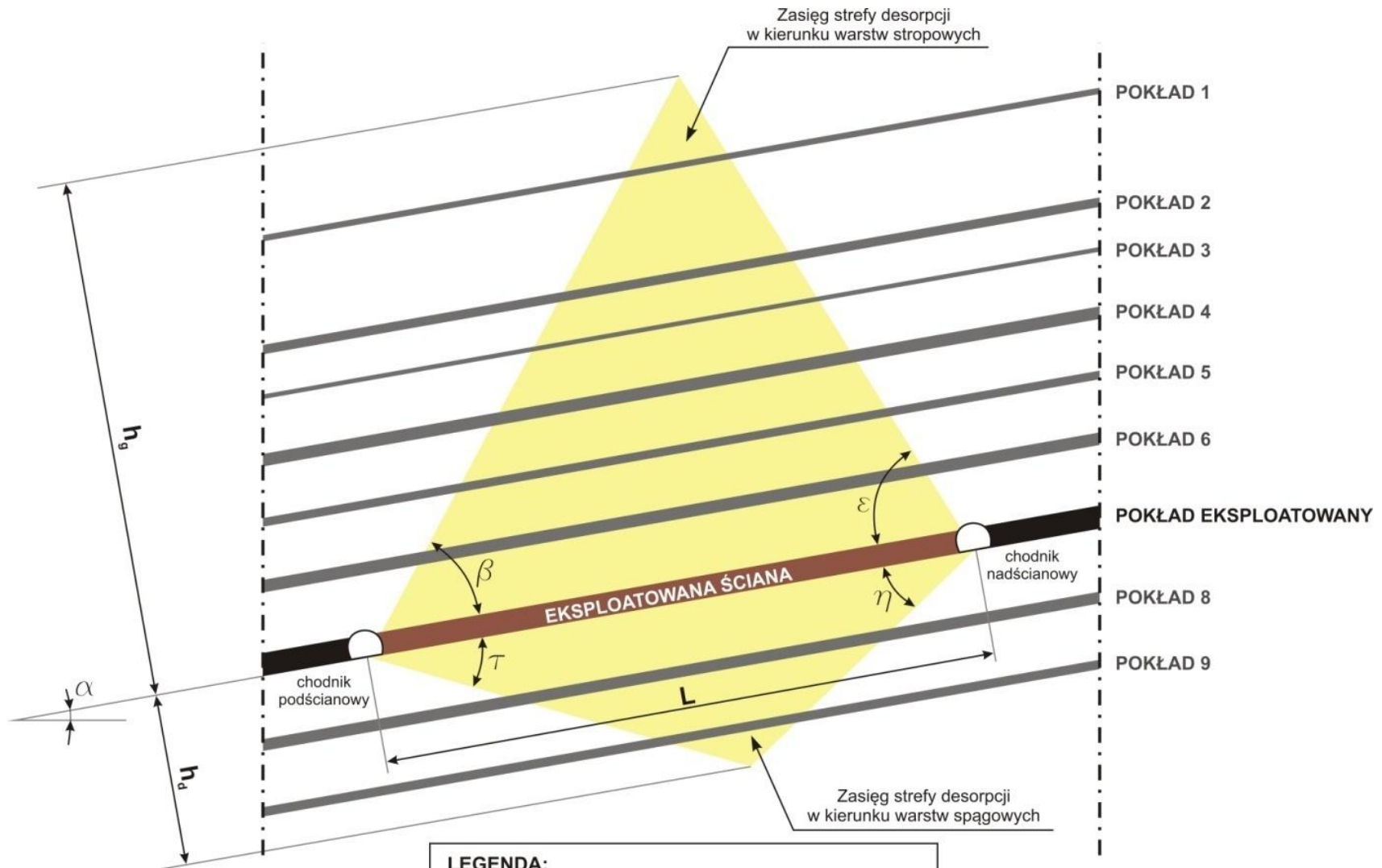


Strefa A odpowiada obszarowi, który pozostaje bez wyraźnego wpływu na stan naprężeń w górotworze.

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.

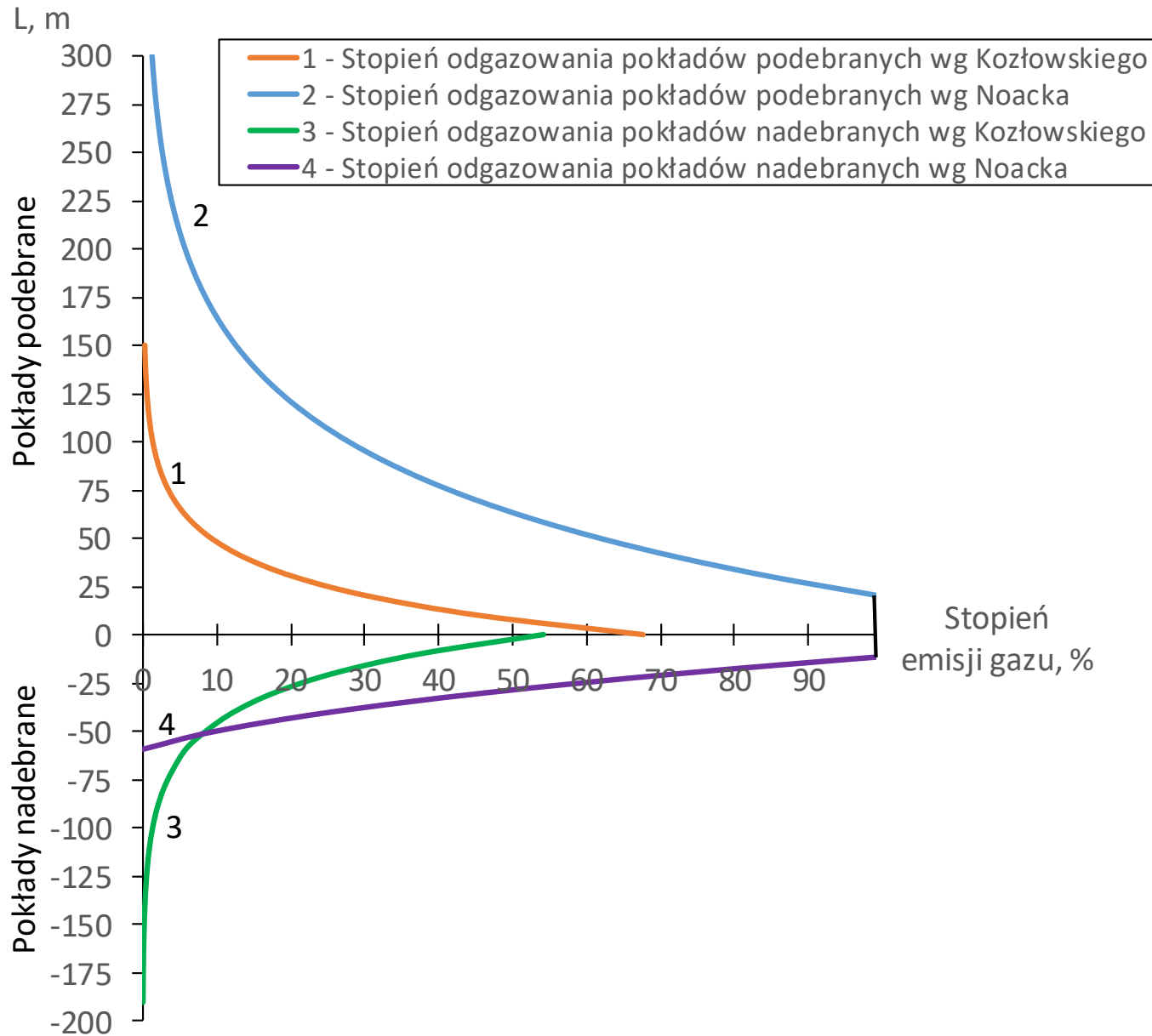
Wyznaczenie strefy desorpcji metanu przy eksploatacji ściany (Flügge G., 1971)



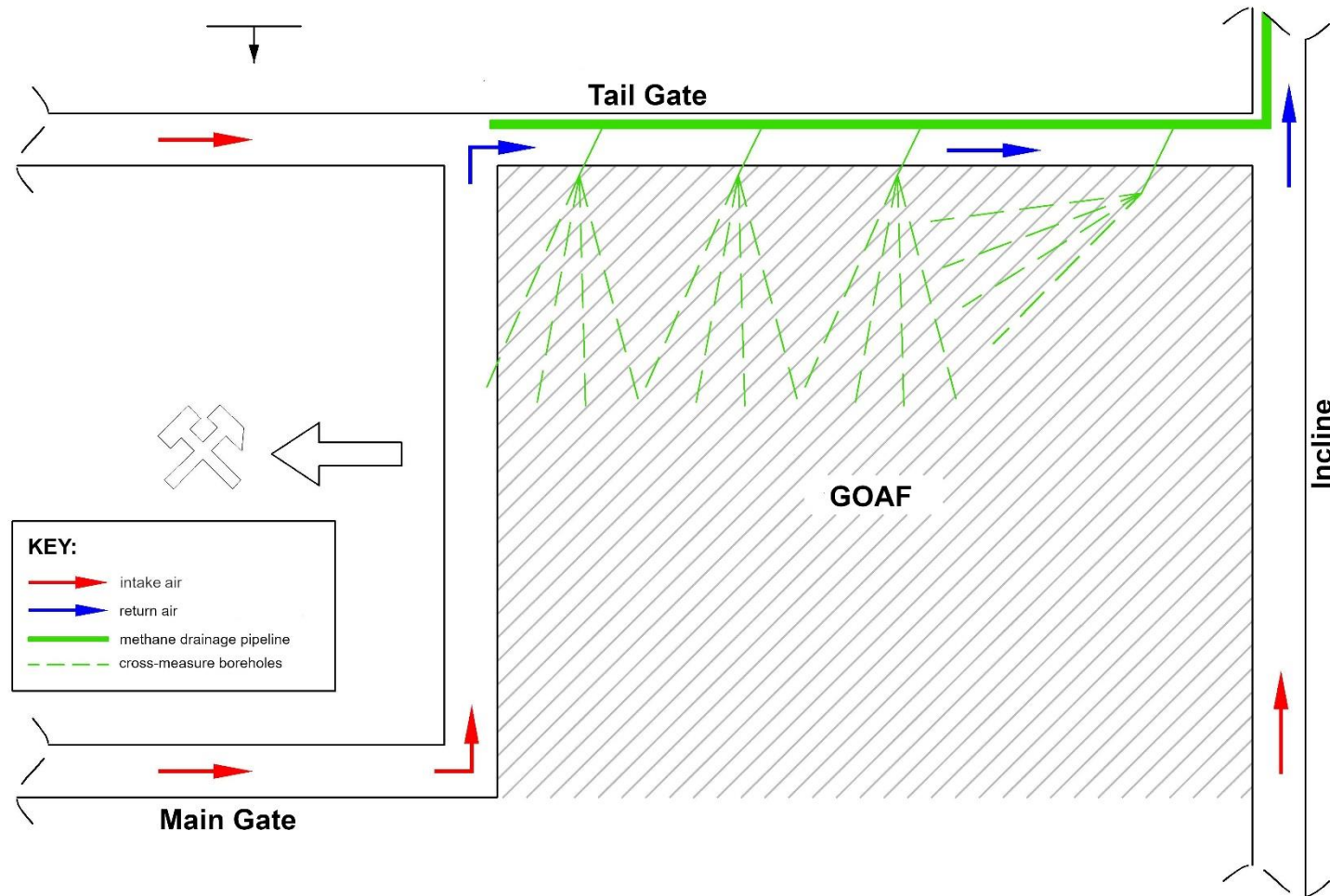
LEGENDA:

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

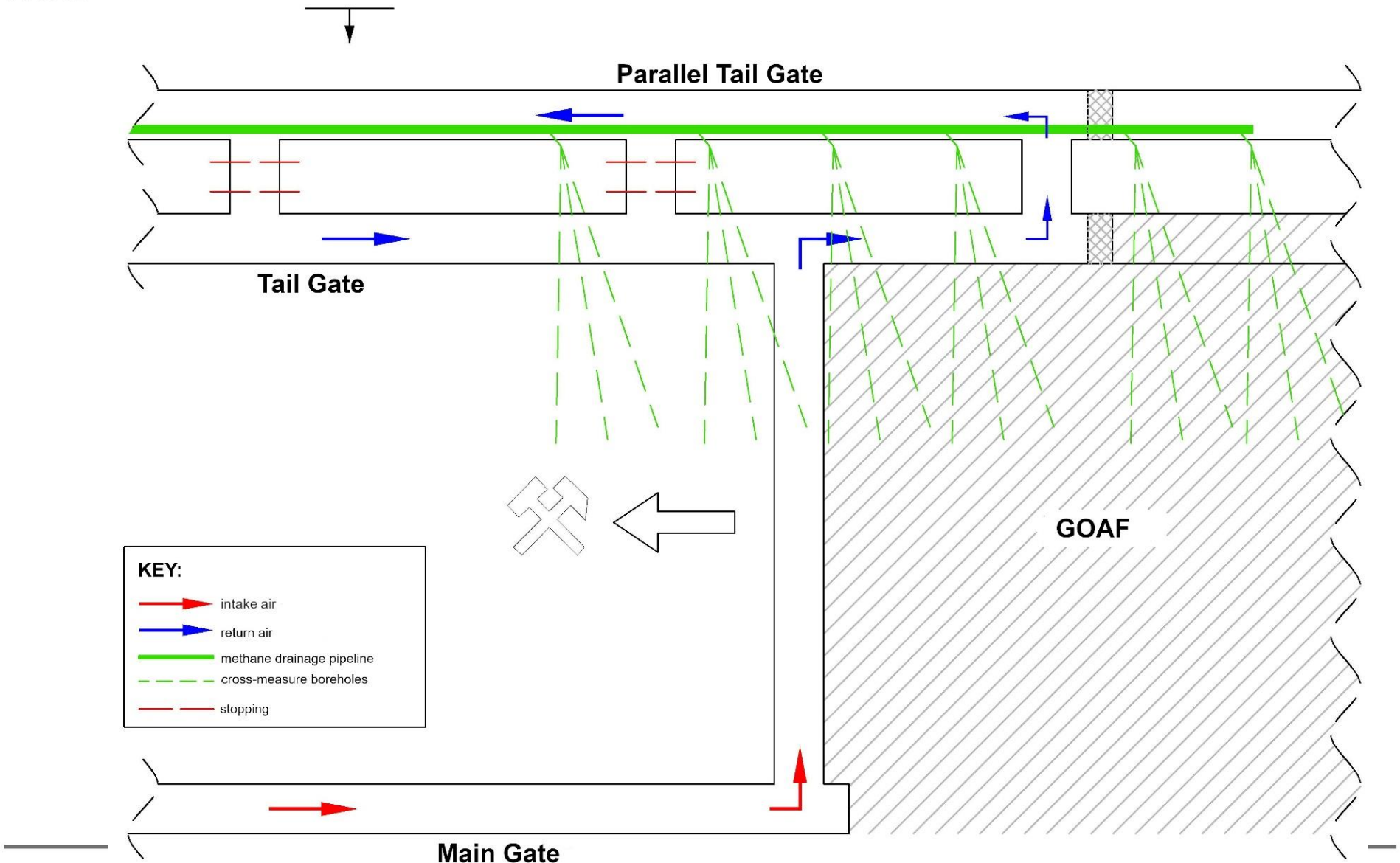
Krzywa odgazowania dla pokładów naruszonych prowadzoną eksploatacją



Systemy odmetanowania ścian eksploatacyjnych w polskim górnictwie węgla kamiennego



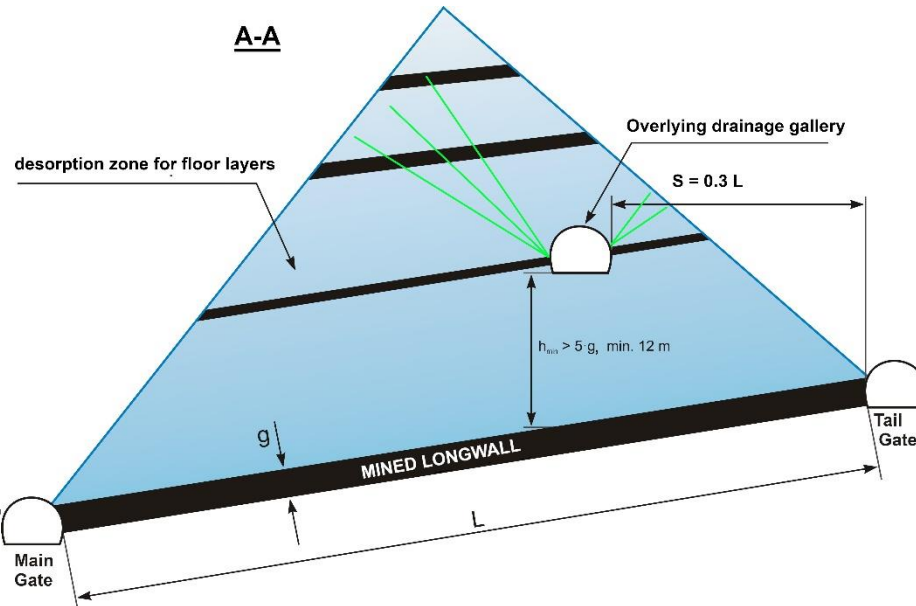
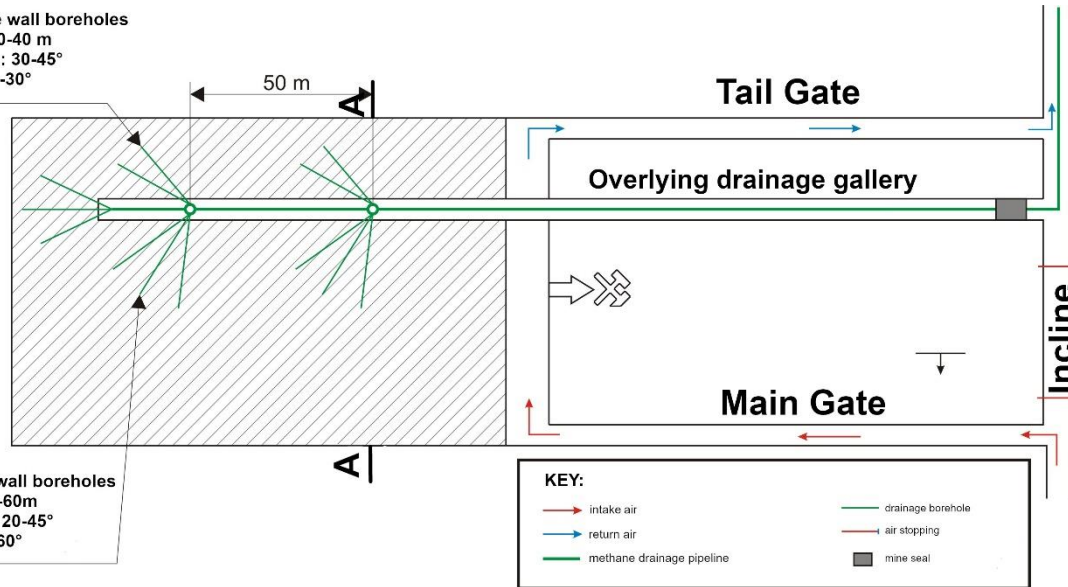
Systemy odmetanowania ścian eksploatacyjnych w polskim górnictwie węgla kamiennego



Systemy odmetanowania ścian eksploatacyjnych w polskim górnictwie węgla kamiennego

upper-side wall boreholes
 - length: 30-40 m
 - deviation: 30-45°
 - slope: 20-30°

lower-side wall boreholes
 - length: 40-60m
 - deviation: 20-45°
 - slope: 30-60°

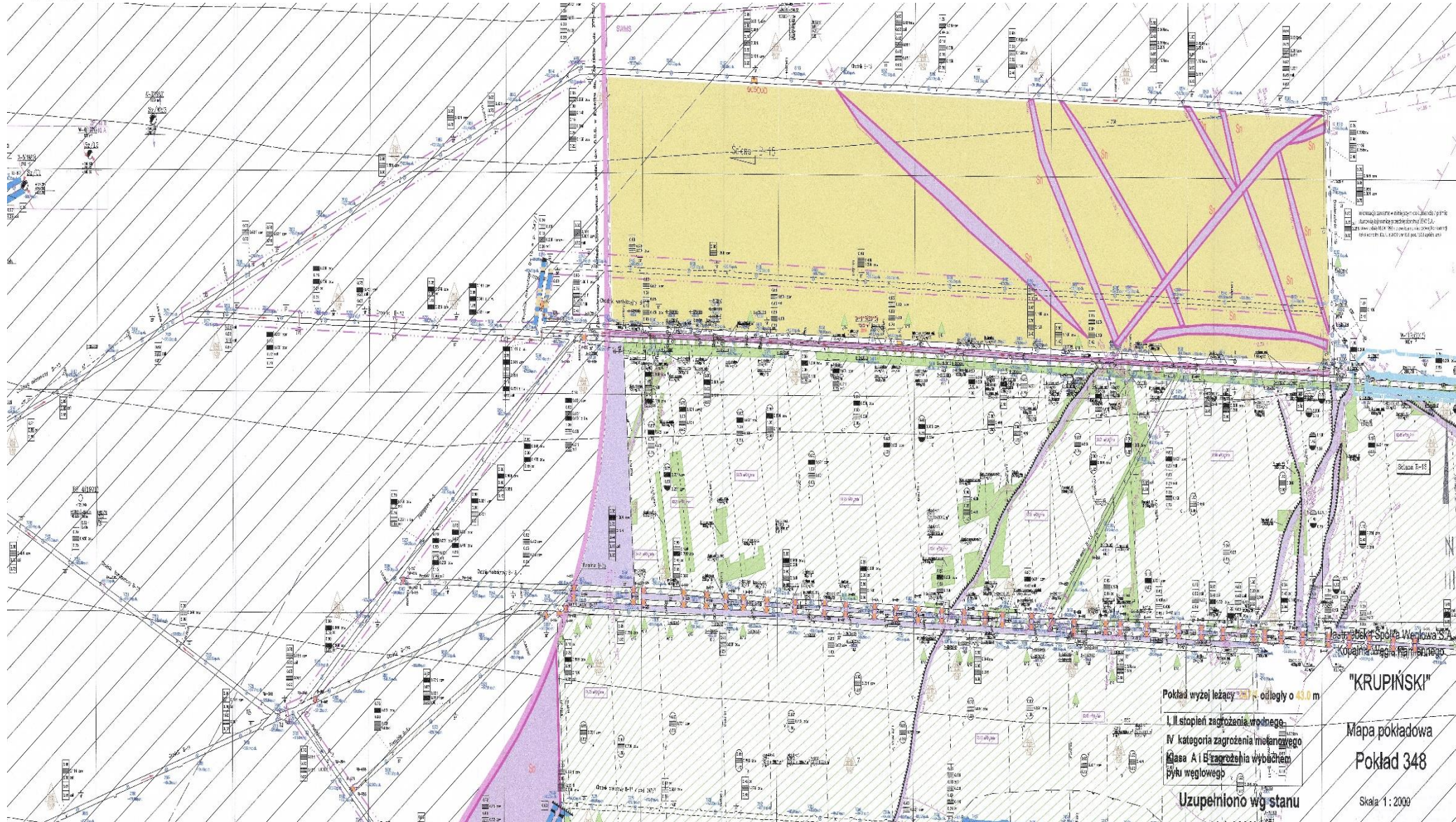




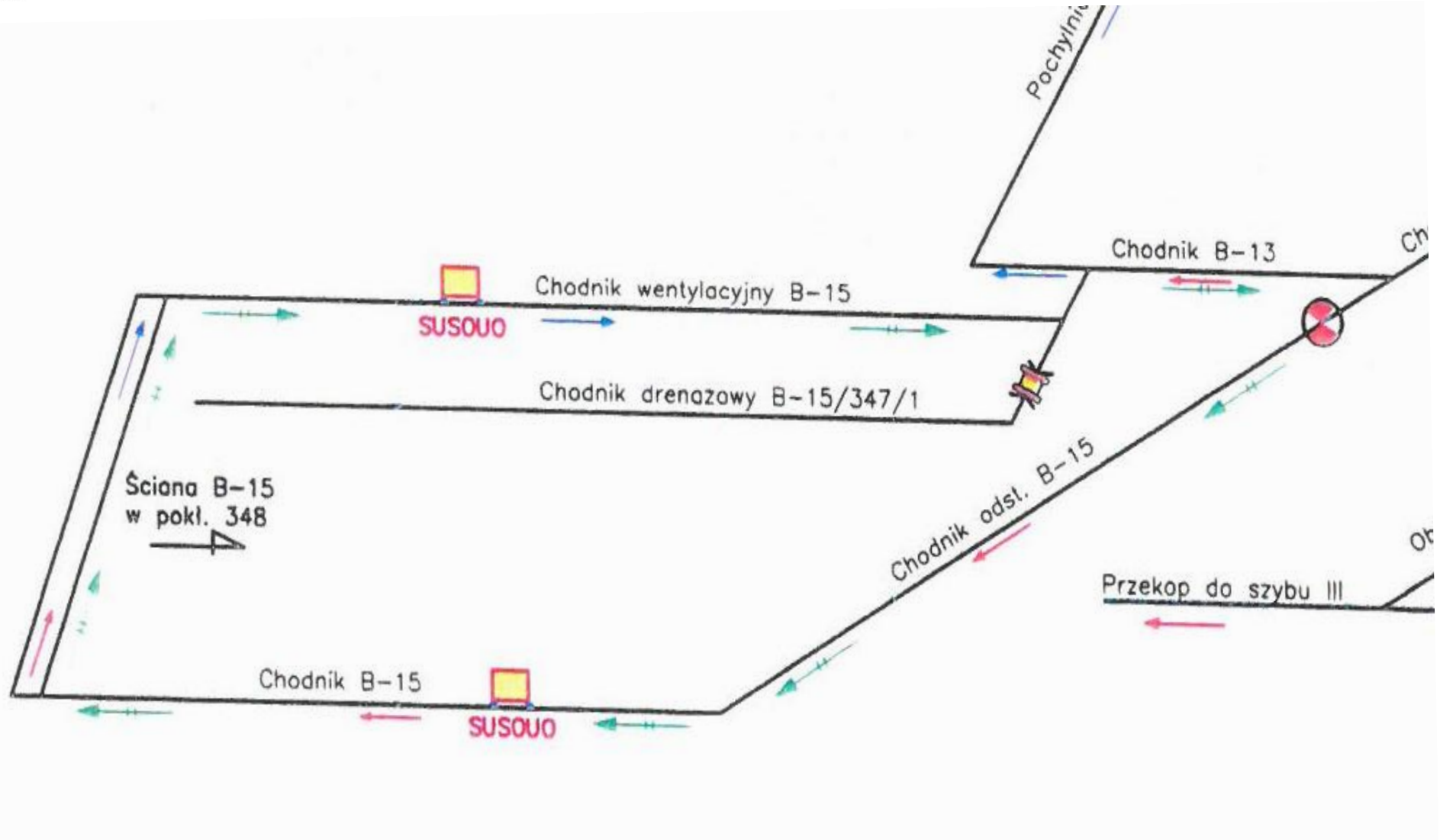
Średnie efektywności odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych



Wyszczególnienie	Metanowość całkowita, m ³ /min									średnia efekt. odmet., %
	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80	
ściany przewietrzane systemem „U”	38,5	39,0	40,6	38,3	48,8	64,0	-	-	-	41,2
ściany przewietrzane systemem „Y”	33,8	43,7	52,4	56,1	49,9	46,2	57,9	-	-	48,7
ściany przewietrzane systemem „U” z równoległym chodnikiem wentylacyjnym	-	-	58,0	60,1	62,2	64,2	64,5	68,3	71,5	63,9
ściany przewietrzane systemem „U” z chodnikiem drenażowym	49,0	58,6	60,2	62,6	68,4	64,7	68,6	68,8	76,0	63,4



Schemat wyrobisk rejonu ściany B-15



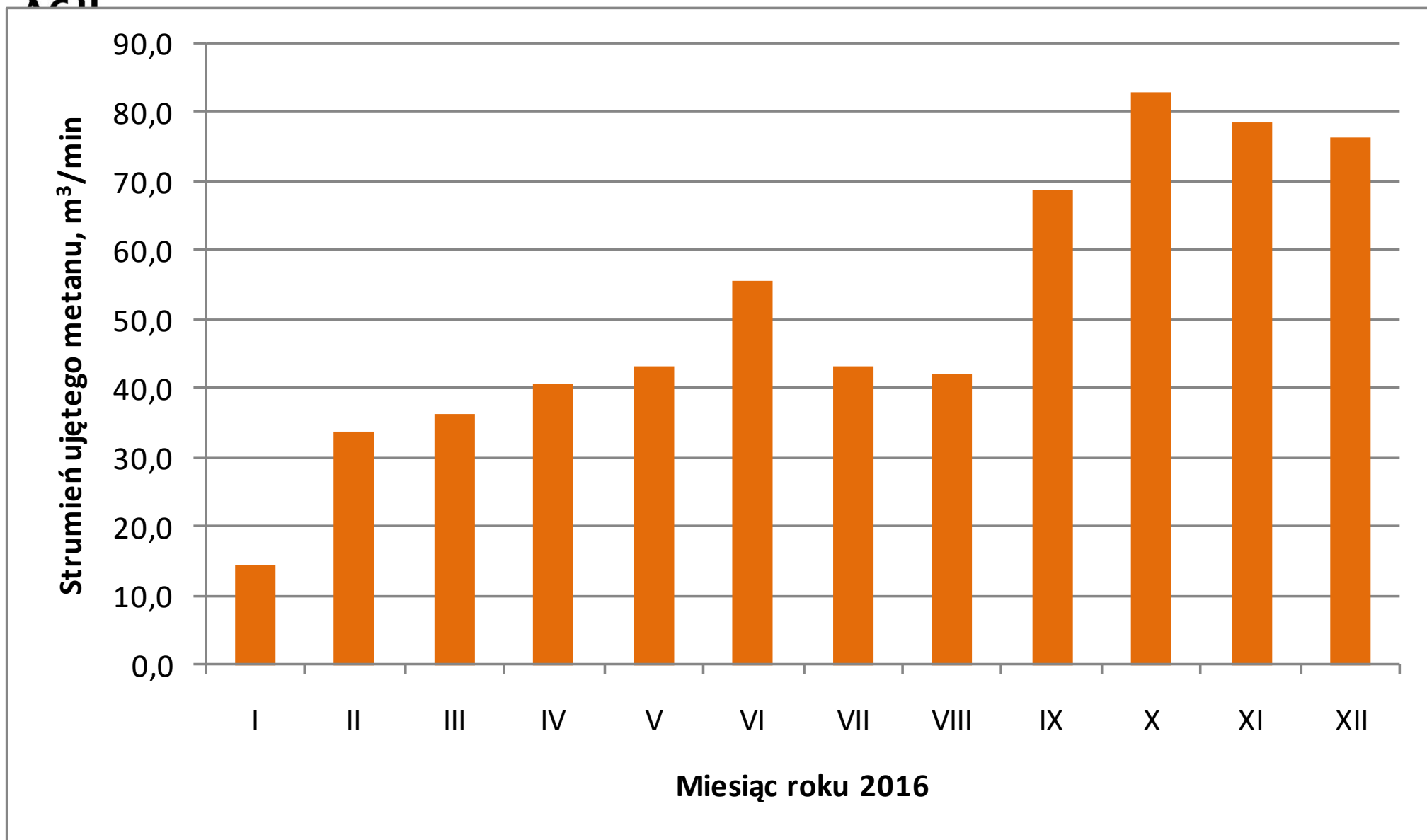
Prognozowana metanowość bezwzględna na wybiegu ściany

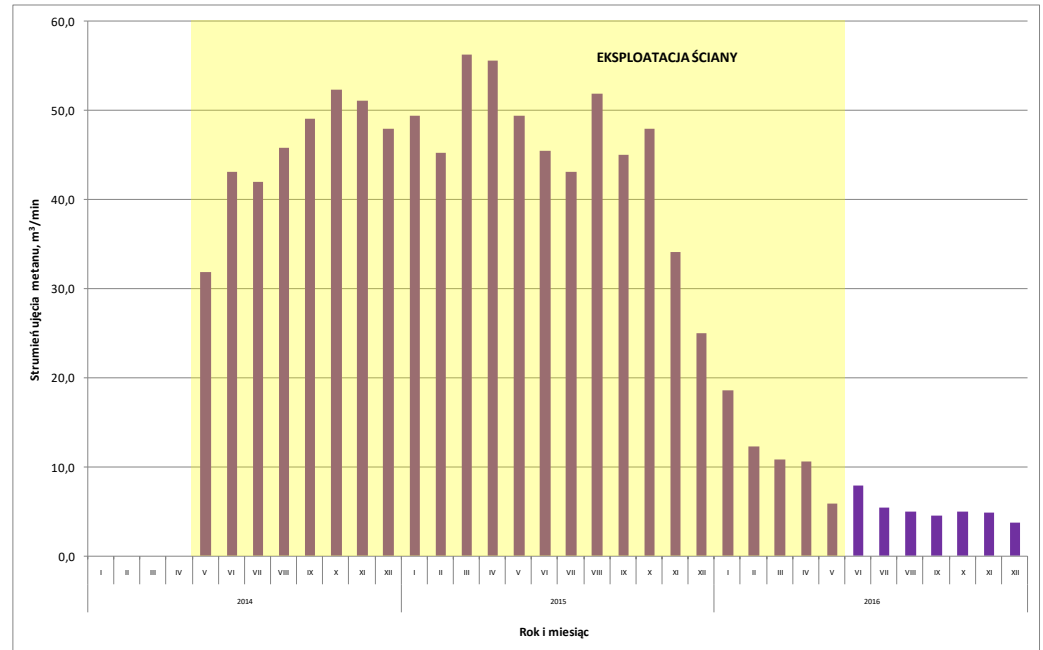
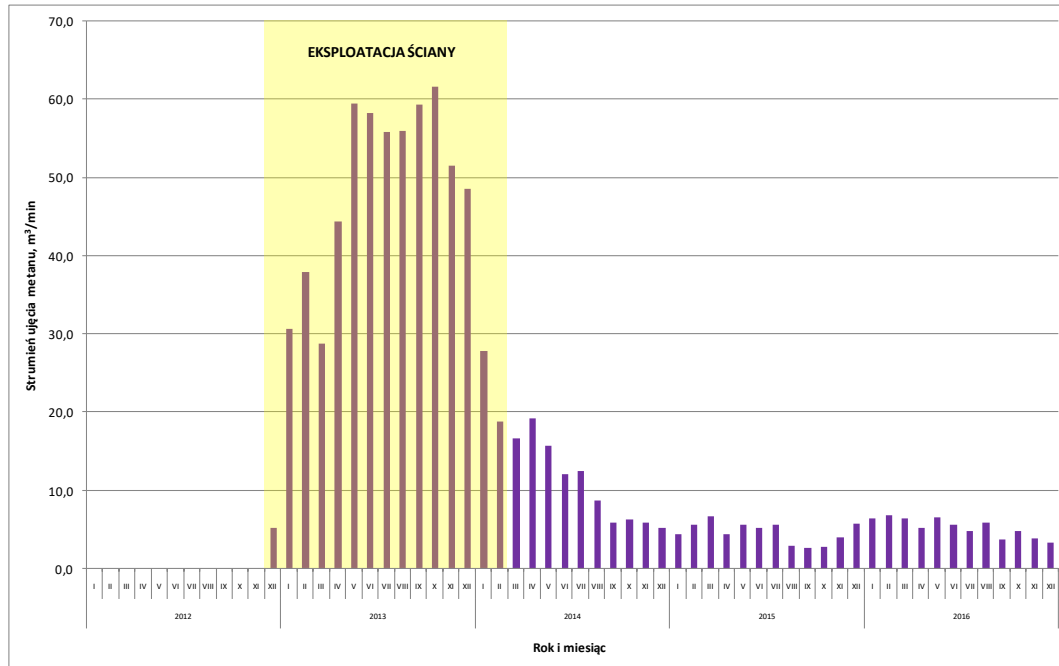


Parcela	Prognozowana metanowość [m ³ /min]	Wydobycie [Mg/d]	Postęp [m/d]
S-1 (do 100m)	60,22	2200	3,1
S-2 (100 – 200m)	59,38	1800	2,5
S-3 (200 – 300m)	59,38	1800	2,5
S-4 (300 – 400m)	59,38	1800	2,5
S-5 (400 – 500m)	61,22	2200	3,1
S-6 (500 – 600m)	60,22	2200	3,1
S-7 (600 – 700m)	60,02	2500	3,5
S-8 (700 – 800m)	60,98	2800	3,9
S-9 (800 – 900m)	60,16	2700	3,8
S-10 (900 – 1000m)	60,94	2700	3,8
S-11 (1000 – 1050m)	61,16	2700	3,8



Ujęcie metanu w ścianie B-15 pokł. 348







Pozyskiwanie metanu za pomocą otworów z powierzchni



W latach 90. XX wieku w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym przeprowadzono intensywne prace mające na celu ocenę możliwości pozyskania metanu z pokładów węgla nienaruszonych działalnością górniczą.

Amerykańskie koncerny naftowe, głównie Amoco i Texaco starały się zaadaptować amerykańską technologię eksploatacji do warunków panujących w GZW. Zasoby metanu udostępniano przy pomocy otworów pionowych nawierconych do pokładów węgla.

W celu zwiększenia dopływu metanu do otworu wybrane pokłady były poddawane szczelinowaniu hydraulicznemu. Niestety, zarówno w Polsce, jak i w Republice Czeskiej, pomimo zaangażowania znacznych środków finansowych, jak również najnowocześniejszych technologii, nie osiągnięto dopływów metanu do odwiertu pozwalających na prowadzenie ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji metanu.

Ustalono, że główną przyczyną braku komercyjnego sukcesu programu pozyskania metanu z powierzchni była zbyt niska przepuszczalność cechująca pokłady węgla GZW i OKZW.

Pozyskiwanie metanu za pomocą otworów z powierzchni



Aktualnie wraz z rozwojem technologii wierceń kierunkowych planuje się ponowienie prób uzyskania komercyjnego dopływu metanu do odwiertu poprzez zastosowanie otworów wielodennych lub poziomych, w których końcowy odcinek złoża odwiercony jest w pokładzie węgla. Dzięki temu wielokrotnie zwiększy kontakt ścian otworu w pokładem węgla.

Aktualnie PGNiG podejmuje próby pozyskania metanu z pokładów węgla nienaruszonych robotami górniczymi poprzez wiercenie z powierzchni otworów pionowych i poziomych w pokładach węgla w połączeniu z szczelinowaniem.

W czeskim OKZW obecnie nie są prowadzone żadne prace mające na celu eksploatację metanu z dziewiczych pokładów węgla.

Ujmowanie gazu kopalnianego odbywa się przede wszystkim przy pomocy odmetanowania, czyli procesu technologicznego polegającego na podciśnieniowej eksploatacji gazu za otworów drenażowych nawierconych do pokładów węgla lub zrobów, a następnie odprowadzenie tego gazu na powierzchnię za pomocą systemu rurociągów podłączonych do stacji odmetanowania.

Pozyskiwanie metanu za pomocą otworów z powierzchni



W górnictwie ukraińskim, w niektórych kopalniach stosowane są metody odmetanowania otworami z powierzchni. Ma to bezpośredni związek z przepuszczalnością skał nienaruszonych eksploatacją.

Metoda odmetanowania otworami z powierzchni polega na wykonywaniu otworów na wybiegu ściany eksploatacyjnej. Otwory z powierzchni na ostatnich 150 m są orurowane rurami perforowanymi i podłączane do systemu odmetanowania po przejściu frontu ściany i zwiększeniu przepuszczalności górotworu.

Tym sposobem ujmowany jest metan o bardzo wysokim stężeniu i powoduje to obniżenie wydzielania się metanu do wyrobisk górniczych.

Podsumowanie

W warunkach rzeczywistych złoża posiada charakterystyczne pole ciśnień gazu i gazonośności. W wyniku prowadzenia określonej metody eksploatacji powstaje charakterystyczny zasięg zniszczenia górotworu, oraz związane z tym zaburzenia pola gazonośności.

W przypadku odmetanowywania pokładów sąsiednich niezbędne jest określenie strefy desorpcji wywołanej eksploatacją ściany. Otwory drenażowe powinny być zlokalizowane tak, aby znajdowały się w strefie odprężonej, natomiast nie przecinały strefy zawału bezpośredniego. Długość otworu wynika z warunków geologicznych, a przede wszystkim z usytuowania pokładów węgla, które są nośnikami metanu. Jeżeli jest to technicznie możliwe należy dążyć do tego, ażeby otwory przecinały wszystkie pokłady znajdujące się w strefie desorpcji.

Przedstawiony sposób wyznaczania strefy desorpcji wokół ściany eksploatacyjnej umożliwia dobór parametrów geometrycznych i kątów nachylenia otworów drenażowych.

Ujęcie metanu z pokładów węgla nieodprężonych robotami górniczymi jest na tle ujęcia podczas prowadzenia eksploatacji górniczej mało efektywne.



**Dziękuję
za
uwagę**