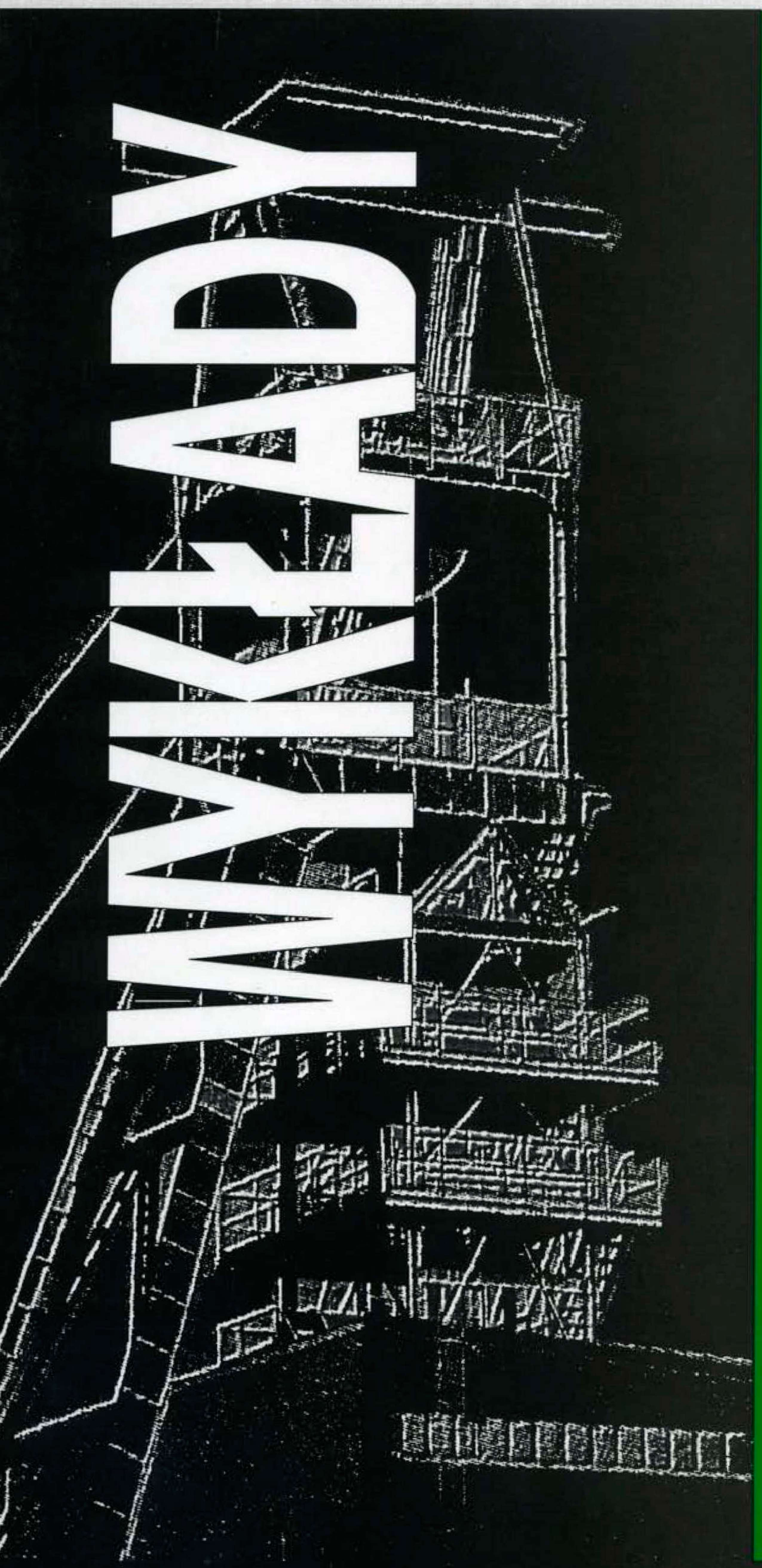
NR 25



SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

Antoni JAKUBÓW
Andrzej TOR
Stanisław TOBICZYK

WYRZUT METANU I SKAŁ W DRĄŻONEJ LUNECIE RUROWEJ DO SZYBU II NA POZIOMIE 1000 m W KWK PNIÓWEK

okoliczności,
przyczyny i skutki

BIBLIOTEKA SZKOŁY EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

Patron
Jubileuszowego wydania
Materiałów Konferencyjnych SEP
1992-2021

KGHM
POLSKA MIEDŹ

SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

POLSKA AKADEMIA NAUK
Centrum Podstawowych Problemów
Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią

JASTRZĘBSKA SPÓŁKA WĘGLOWA
Spółka Akcyjna

Antoni Jakubów, Andrzej Tor, Stanisław Tobiczyk

WYRZUT METANU I SKAŁ W DRĄŻONEJ LUNECIE RUROWEJ DO SZYBU II NA POZIOMIE 1000 m w KWK PNIOWEK – okoliczności, przyczyny i skutki

Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2003

Szczyrk, 17-21 lutego 2003 r.

BIBLIOTEKA SZKOŁY EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ
SERIA WYKŁADY NR 25

REDAKCJA NAUKOWA
Jerzy Kicki

KOMITET ORGANIZACYJNY
Wacław Andrusikiewicz, Artur Dyczko (sekretarz), Jacek Jarosz (wiceprzewodniczący), Jerzy Kicki (przewodniczący), Barbara Marchewczyk, Maciej Mazurkiewicz, Zenon Pilecki, Zbigniew Piotrowski, Piotr Saługa, Jacek Sobczyk, Krzysztof Stachurski

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO
Szkoła Eksploatacji Podziemnej
ul. Józefa Wybickiego 7
30-950 Kraków 65, skr. poczt. 49
tel./fax (0-12) 632 13 24
fax (0-12) 632 35 24

Druk publikacji wykonano na podstawie dostarczonych tekstów
na odpowiedzialność Autorów

ISBN 83-89174-01-04

Wydawnictwo IGSMiE PAN
31-261 Kraków, ul. Józefa Wybickiego 7
tel. (0-12) 632 33 00, fax (0-12) 632 35 24

© Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2003
Printed in Poland

Druk z gotowych oryginałów wykonała Drukarnia „PATRIA", Kraków, ul. Borsucza 40
Wydanie I. Nakład 600 egz.

ANTONI JAKUBÓW

Urodził się 26 maja 1950 roku w miejscowości Goszcz na Dolnym Śląsku.

W 1974 roku ukończył studia na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie – specjalność surowce skalne oraz w roku 1980 drugi fakultet z zakresu techniki eksploatacji złóż na Wydziale Górniczym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. W 1999 roku obronił pracę doktorską w Głównym Instytucie Górnictwa z dziedziny geologia i górnictwo dotyczącą zagrożenia tąpaniami. Jest specjalistą w zakresie rozpoznawania i zwalczania zagrożenia tąpaniami oraz uprawnionym geologiem górniczym.

Przebieg pracy zawodowej: 1974–1976 – Opolskie Zakłady Eksploatacji Kruszywa, w tym Szkoła Oficerów Rezerwy w Toruniu; 1976–1996 – KWK „Jastrzębie" a następnie „Jas-Mos"; 1996 – Jastrzębska Spółka Węglowa. Aktualnie pełni funkcję Dyrektora Zespołu Zagrożeń Naturalnych. Autor licznych publikacji i referatów dotyczących zagadnień związanych z zagrożeniami naturalnymi w górnictwie oraz problemami technicznymi występującymi przy likwidacji kopalń. Od szeregu lat jest Przedstawicielem Szkoły Eksploatacji Podziemnej w Jastrzębskiej Spółce Węglowej.

ANDRZEJ TOR

Urodził się 2 kwietnia 1958 roku w Lublinie.

W 1982 roku ukończył studia z zakresu techniki eksploatacji złóż na Wydziale Górniczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

W 1996 roku obronił pracę doktorską na Wydziale Górniczym AGH z dziedziny aerologii górniczej.

Przebieg pracy zawodowej: 1982 r. – Główny Instytut Górnictwa; 1983–1995 – KWK „Siemianowice"; 1995–2000 – Rudzka Spółka Węglowa; 2000 r. – Jastrzębska Spółka Węglowa. Aktualnie pełni funkcję Zastępcy Prezesa Zarządu – Dyrektora Biura Produkcji.

Autor licznych publikacji i referatów dotyczących zagadnień związanych z zagrożeniami naturalnymi w górnictwie oraz problemów restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego.

STANISŁAW TOBICZYK

Urodził się 9 września 1952 r. w Kiczycach na Ziemi Cieszyńskiej. W 1977 r. ukończył studia z zakresu techniki eksploatacji złóż na Wydziale Górniczym Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Bezpośrednio po studiach rozpoczął pracę w Kopalni Węgla Kamiennego „Pniówek" i całe życie zawodowe związany jest z górnictwem węglowym. Na tej kopalni przeszedł wszystkie szczeble zawodu górniczego zaczynając od stażysty do Dyrektora włącznie.

Funkcję Dyrektora Kopalni i Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego pełni od 199[illegible] roku.

Spis treści

OD AUTORÓW 7

WPROWADZENIE 8

1. RYS HISTORYCZNY WYSTĘPOWANIA WYRZUTÓW GAZÓW I SKAŁ W POLSKIM GÓRNICTWIE 11

1.1. Wyrzuty gazów i skał na Dolnym Śląsku. 11

1.2. Zjawiska gazogeodynamiczne w kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego . . . 12

1.2.1. Wyrzut metanu i skał w KWK „Zofiówka" w dniu 19.05.1979 r. 17

1.2.2. Wyrzut metanu i skał w KWK „Zofiówka" w dniu 10.08.1979 r. 18

1.2.3. Wyrzut metanu i skał w KWK „Zofiówka" w dniu 12.06.1985 r. 19

1.2.4. Inne zjawiska gazogeodynamiczne w KWK „Zofiówka" 21

1.2.5. Zjawiska gazogeodynamiczne w KWK „ Pniówek" 22

2. CHARAKTERYSTYKA KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO „PNIÓWEK" 23

3. WARUNKI GÓRNICZO-GEOLOGICZNE I WENTYLACYJNE W OTOCZENIU DRĄŻONEJ LUNETY RUROWEJ DO SZYBU II NA POZIOMIE 1000 m w KWK „PNIÓWEK" [19] 25

4. WYRZUT METANU I SKAŁ W DRĄŻONEJ LUNECIE RUROWEJ DO SZYBU II NA POZIOMIE 1000 m w dniu 23.08.2002 r. [19] 29

4.1. Opis akcji ratowniczej prowadzonej po zaistniałym wyrzucie metanu i skał. 29

4.2. Zagrożenie metanowe powstałe po wyrzucie metanu i skał 31

4.3. Przyczyny wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej poziom 1000 m. 35

4.4. Skutki wyrzutu metanu i skał oraz sposób ich usuwania. 35

5. PODSUMOWANIE 45

Literatura 46

OD AUTORÓW

„Rozpoznanie zagrożenia – najbardziej gruntowne we wszystkichjego aspektach możliwych w praktyce – jest podstawą podjęcia decyzji.".

W. Cybulski [5]

Przekazywana Czytelnikowi publikacja jest napisana z myślą o praktykach, którym przyszło się zmagać z problemami zagrożeń naturalnych, nękającymi w ostatnim okresie czasu szczególnie górnictwo węglowe. Stanowić też może uzupełnienie w dydaktyce szkoły wyższej lub procesie szkolenia załóg górniczych pracujących w warunkach współwystępowania różnych zagrożeń naturalnych.

Warunkiem bezpiecznej pracy w kopalniach zagrożonych wyrzutami gazów i skał jest odpowiednio wystarczające rozpoznanie tego zagrożenia, jego przyczyn i mechanizmu powstawania. Od ludzi zatrudnionych w kopalniach zagrożonych wyrzutami metanu i skał wymaga się przede wszystkim umiejętności szybkiego rozeznania wszelkich objawów poprzedzających powstanie wyrzutu, a także znajomości zasad bezpiecznego prowadzenia robót w kopalniach zagrożonych wyrzutami metanu i skał.

Zdając sobie sprawę ze złożoności tematu, jego obszerności oraz faktu istnienia dużej liczby publikacji w tym zakresie, pragniemy jedynie naszą publikacją wzbogacić informacje o zdarzenie, które wystąpiło w dniu 23.08.2002 r. w KWK „Pniówek". Przedmiotowy wyrzut metanu i skał był największym z dotychczas zaistniałych zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach górnośląskich, dlatego dla zachowania skali porównawczej i rzetelnej informacji obszernie scharakteryzowano wcześniejsze zdarzenia, które miały miejsce w górnictwie polskim, a szczególnie w kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego.

I wreszcie na koniec uważamy za swój obowiązek podziękować tym wszystkim, których życzliwość i pomoc przyczyniły się do opublikowania tej pracy.

WPROWADZENIE

Pracy górniczej pod ziemią towarzyszą określone zagrożenia załóg górniczych, wzrastające w miarę eksploatacji na coraz większych głębokościach.. Umownie podzielić je można na naturalne i technologiczne. Pośród zagrożeń naturalnych towarzyszących eksploatacji podziemnej, najbardziej skomplikowane, a więc i najtrudniejsze w opisie są zagrożenia związane z występowaniem zjawisk o charakterze dynamicznym. Klasyfikacja zaproponowana przez Pietuchowa w roku 1994 dzieli zjawiska dynamiczne na cztery grupy, w zależności od źródła energii inicjacji zjawiska [12]. Wyrzuty gazów i skał zaliczane są do grupy zjawisk gazodynamicznych lub gazogeodynamicznych.

Powyższa klasyfikacja sporządzona przez międzynarodowy zespół fachowców Europejskiej Komisji Gospodarczej, została zaaprobowana i zalecona do stosowania na rzecz przemysłu górniczego w październiku 1994 r. [20] jako znormalizowana „Klasyfikacja Zjawisk Dynamicznych w Kopalniach". Klasyfikacja obejmuje cztery kategorie zjawisk: tąpania, wyrzuty gazu, wyrzuty węgla (skał) i gazu, oraz zjawiska związane z tektoniką górotworu (Rys. 1).

Rys. 1. Klasyfikacja zjawisk dynamicznych wg EKG [20]

Kategoria „wyrzuty gazu" obejmuje zjawiska dynamiczne spowodowane nagłym wyzwoleniem się gazu poprzez szczeliny i pustki lub z rejonów uskoków tektonicznych odsłoniętych przez otwór wiertniczy, względnie wyrobisko górnicze.

Kategoria „Wyrzuty węgla (skał) i gazu" obejmuje zjawiska dynamiczne, których źródłem jest energia sprężysta węgla, skał i gazu. Oznacza to, że dezintegracja górotworu występuje w wyniku połączonego efektu ciśnień skał i gazu, a zniszczony materiał jest wyrzucany przez energię rozprężającego się gazu.

Zjawiska dynamiczne w nasyconych gazem pokładach węgla mają bardzo często charakter mieszany. Głównym kryterium dla określenia kategorii zjawiska dynamicznego w takich przypadkach jest to, czy zdezintegrowany węgiel (skała) jest wyrzucany czy też nie, przez gaz, który zawsze jest obecny w wyrzutach węgla (skał) i gazu.

W obowiązujących znowelizowanych przepisach [14] zamieszczone zostały definicje pojęć dotyczące poszczególnych zagrożeń naturalnych. Według powyższych definicji przez *„zjawisko wyrzutów gazów i skał – rozumie się dynamiczne przemieszczenie rozkruszonych skał lub węgla z calizny do wyrobisk przez energię gazów wydzielonych z górotworu w wyniku działania czynników geologiczno-górniczych, które mogą spowodować efekty akustyczne, podmuch powietrza, uszkodzenie obudowy i urządzeń, powstanie kawerny powyrzutowej, zaburzenie w przewietrzaniu wyrobisk, powstanie wybuchowego nagromadzenia metanu lub atmosfery niezdatnej do oddychania"*, natomiast *„objawami wskazującymi na zwiększenie zagrożenia wyrzutami gazów i skał są:*

a) zwiększone ilości zwiercin, wydmuchy zwiercin i gazów, zakleszczanie lub wypychanie wiertła w czasie wiercenia otworów,

b) odpryskiwanie węgla z ociosów i czoła przodku oraz trzaski w głębi calizny

c) zwiększone wydzielanie gazów po robotach strzałowych,

d) zwiększenie ilości urobku i jego rozrzucenie na większą odległość od przodka przy tej samej technologii wykonywania robót strzałowych,

e) zmniejszenie zwięzłości i zmiany struktury węgla w czasie prowadzenia wyrobiska".

Klasyfikacja objawów uprzedzających występowanie zjawisk gazogeodynamicznych (oparta na genezie zjawisk) według [10]

Objawy	Cechy niebezpieczeństwa	Zasadnicze oznaki
Naturalne (pierwotne)	Morfologiczne	Zmiana postaci pokładu: tektoniczne zgrubienia, przewężenia, fleksury, progi, zmiany elementów zalegania pokładu
	Strukturalne	Tektoniczna struktura węgla: brekcjowata, soczewkowata, ziemisto-ziarnista i ziemista
	Teksturalne	Tektoniczna tekstura pokładu: mało-, średnio- i intensywnie sfałdowana
	Hydrogeologiczne	Suchość węgla
Górniczo-technologiczne (wtórne)	Efekty dźwiękowe	Szum, szeleszczenie, świst, trzaski, wstrząsy
	Zwiększone obciążenie na obudowę	Zginanie, niszczenie obudowy
	Zjawiska na odsłoniętej powierzchni przodka	Osypywanie się węgla, odpryskiwanie kawałków, wyciskanie węgla, pojawienie się obłoku pyłu
Złożone	Mechaniczne	Zmniejszona zwięzłość węgla, obniżona stateczność calizny węglowej
	Gazowe	Zwiększony spadek ciśnienia gazu, zwiększona początkowa prędkość wydzielania się gazu, zwiększone wydzielanie się gazu do wyrobiska

Wyrzuty gazów i skał należą do skomplikowanych zjawisk w kopalniach. Dlatego mechanizm tego zjawiska nie został jeszcze dokładnie zbadany i rozpoznany. Podejmowane próby wyjaśnienia tego problemu sprowadzają się do pewnych hipotez, które w ogólności można podzielić na trzy grupy różniące się czynnikiem, który jest najbardziej aktywny i decydujący przy wzbudzaniu nagłego wyrzutu.

Pierwsza grupa badaczy reprezentuje pogląd, że zniszczenie calizny może następować niezależnie od naprężeń w górotworze, w rezultacie działania wydzielającego się gazu, który znajduje się w porach pod określonym ciśnieniem.

Druga grupa badaczy reprezentuje pogląd, że zniszczenie calizny w strefie przyprzodkowej jest wynikiem działania sił górotworu, a gaz ma charakter drugorzędny – pomocniczy ułatwiający wyrzut calizny do wyrobiska.

Trzecia grupa badaczy przypisuje obu wymienionym czynnikom decydującą rolę w mechanizmie wyrzutu, jednak bez wskazania, który z tych czynników jest dominujący. Należy podkreślić, że żadna z tych hipotez nie została w sposób empiryczny jednoznacznie potwierdzona i żadna z nich nie jest powszechnie uznawana, ponieważ żadna z nich nie wyjaśnia w sposób zadawalający wszystkich efektów obserwowanych przy wyrzutach.

Chcąc przedstawić w sposób poglądowy przebieg wyrzutu gazów i skał należy podkreślić, że zjawisko to przebiega w sposób lawinowy. W wyniku zapoczątkowanego impulsu wyrzutu odsłonięta zostaje powierzchnia węgla, który – pod wpływem rozładowujących się naprężeń górotworu i energii potencjalnej – jest kruszony i wyrzucony do wyrobiska w wyniku drugiego impulsu wyrzutu. Kolejne impulsy wyrzutu przebiegają analogicznie. Wyrzut gazów i skał zostaje zahamowany w momencie, gdy wyrobiska górnicze wypełnią się kruszywem (masą) powyrzutowym w takim stopniu, że wystąpią siły oporu większe niż wypadkowa sił inicjujących wyrzut.

Czynnikami decydującymi o wzroście zagrożenia wyrzutami gazów i skał są między innymi: wysoka gazonośność złoża, mała zwięzłość węgla, wysokie ciśnienie i intensywność desorpcji gazów oraz prowadzenie robót w sąsiedztwie zaburzeń geologicznych.

Zjawiska gazogeodynamiczne stanowią w podziemnych kopalniach węgla jedno z największych zagrożeń dla życia i zdrowia górników od wielu lat.

Pojęcie zagrożenia wyrzutowego związane jest z dwoma czynnikami. Pierwszym z tych czynników jest działanie mas powyrzutowych bezpośrednio na ludzi, urządzenia i obudowę wyrobisk górniczych. Czynnik ten ma zasięg ograniczony do kilkudziesięciu metrów. Drugim czynnikiem jest gaz, uwalniany podczas wyrzutu w krótkim czasie i w ogromnych ilościach. Gaz ten tworzy w wyrobiskach podziemnych atmosferę niezdatną do oddychania i zakłóca układ wentylacyjny kopalni. W przypadku metanu tworzyć on może, w zależności od stężenia, mieszaninę wybuchową lub palną. Zagrożenie gazowe objąć może swym zasięgiem wszystkie wyrobiska podziemne kopalni a czasami również ludzi znajdujących się w okolicy szybów wentylacyjnych, na powierzchni zakładów górniczych.

Największe zagrożenie wyrzutami gazów i skał występuje w kopalniach węglowych (wyrzuty gazu i węgla). Jako przykłady posłużyć mogą największe zanotowane dotychczas wyrzuty na Ukrainie i w Japonii. Rekordowy, zanotowany wyrzut w Zagłębiu Donieckim miał miejsce w kopalni im. Gagarina w roku 1969. Zostało wówczas wyrzucone 14 tys. Mg węgla i ponad 250 tys. m^3 metanu. Ciśnienie złożowe gazu w tym rejonie pokładu wynosiło 5 MPa [17]. Z kolei w Japonii największy wyrzut miał miejsce w roku 1981. Podczas jego trwania uwolnionych zostało do atmosfery kopalnianej 600 tys. m^3 metanu a objętość wyrzuconego do wyrobisk węgla oszacowana została na 5 tys. m^3. O zagrożeniu, jakie niesie to zjawisko świadczyć może fakt, że ilość wyrzutów, które zaszły na świecie w ciągu ostatnich 150 lat szacuje się na 30 000. Występowanie wyrzutów w zagłębiach węglowych na świecie zostało bardzo dokładnie przedstawione w rozdziale „Geography of outbursts" monografii [11]. Pozycja ta jest nieocenionym źródłem informacji dla osób zajmujących się omawianą tematyką [17].

W Polsce na wielką skalę zagrożenie wyrzutami metanu i skał występowało w kopalniach zlikwidowanego obecnie Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego, natomiast aktualnie pojedyncze przejawy wyrzutów są rejestrowane w kilku kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. O szczegółach dotyczących występowania wyrzutów w polskim górnictwie oraz

o największym z dotychczas zaistniałych wyrzutów w kopalniach górnośląskich jest mowa w niniejszej publikacji.

1. RYS HISTORYCZNY WYSTĘPOWANIA WYRZUTÓW GAZÓW I SKAŁ W POLSKIM GÓRNICTWIE

W polskim górnictwie węgla kamiennego dotychczas największe zagrożenie zjawiskami gazogeodynamicznymi występowało w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym (zlikwidowane w latach 90-tych ub. wieku kopalnie „Nowa Ruda", „Victoria", „Thorez", „Wałbrzych" oraz istniejące przed II wojną światową kopalnie „Cezar-Zofia" i „Wacław"), gdzie stwierdzano wyrzuty węgla + CO_2, węgla + CH_4, skały płonnej + CO_2 oraz wypływy gazu. W Zagłębiu Dolnośląskim wyrzuty gazów i skał stanowiły podstawowe zagrożenie naturalne. Głównym nośnikiem wyrzutu gazów i skał w tym rejonie był CO_2.

Należy zaznaczyć, że zjawisko gwałtownego wydzielania CO_2 i mieszaniny gazów kopalnianych do wyrobisk górniczych było znane w kopalniach dolnośląskich już od 1730 r. Wyrzuty metanu i węgla stanowiły tylko margines zagrożenia (od 1894 r. notowano zaledwie 6 wyrzutów metanu i węgla).

Mniejsze zagrożenie zjawiskami gazogeodynamicznymi występowało w kopalniach soli („Inowrocław" i „Kłodawa"), gdzie stwierdzano wyrzuty soli kamiennej + CH_4, soli + mieszaniny gazów (CH_4, H_2S i N_2) oraz w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym obejmując w szczególności Rybnicki Okręg Węglowy z kopalniami „Pniówek" i „Zofiówka", gdzie głównym składnikiem gazów w pokładach jest metan.

Wymienione powyżej rejony różnią się między sobą zarówno budową geologiczną, rodzajem gazu biorącego udział w zjawisku jak i stopniem zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi.

1.1. Wyrzuty gazów i skał na Dolnym Śląsku

Pierwsze stwierdzone i opisane zjawisko gazogeodynamiczne w Zagłębiu Dolnośląskim miało miejsce w dniu 18.09.1894 r. w kopalni „Cezar-Zofia" w pokładzie 36 (obecnie 436) na głębokości 80 m. Nastąpiło ono w czasie przygotowania do robót strzałowych. Wyrzut około 3 Mg miałkiego węgla poprzedzony został silnym wypływem CO_2. Mimo, że były wtedy ofiary w ludziach (podczas wyrzutu zginęła jedna osoba), nie podjęto jakichkolwiek działań organizacyjnych. Wyrzut nastąpił w wyniku robienia włomu kilofem w przodku chodnika. Verne [16] pisał: „To niezwykle zadziwiające zjawisko nie zostało poddane analizie i nie pociągnęło za sobą żadnego przeciwdziałania". Kolejne zjawiska wyrzutów, również z ofiarami śmiertelnymi, nie były analizowane i pozostawały „nie zauważone". Dopiero w latach 1910-1912, w związku z gwałtownym wzrostem nasilenia wyrzutów gazów i skał, zaczęto podejmować (jak na ówczesne możliwości) dość skuteczne środki przeciwwyrzutowe.

Zjawiska wyrzutowe w kopalniach dolnośląskich nie pojawiały się równocześnie. W poszczególnych obszarach górniczych kopalń notowano je [7]:

– w kopalni „Thorez" – od 1909 r.

– w kopalni „Wałbrzych" – 1909 r.
– w kopalni „Victoria" – 1923 r.
– w kopalni „Cezar-Zofia" – 1894 r.
– w kopalni „Nowa Ruda" – 1907 – 1908 r.
– w kopalni „Wacław" – 1915 r.

Od 1894 r. do chwili zaprzestania wydobycia (początek lat 90-tych) w kopalniach dolnośląskich odnotowano kilka tysięcy zjawisk gazogeodynamicznych (w tym ponad 1700 wyrzutów węgla i gazu), z czego około 86% miało miejsce w Polu Piast kopalni „Nowa Ruda", co powoduje, że było ono jednym z najniebezpieczniejszych w świecie, jeżeli chodzi o zjawiska gazogeodynamiczne. Występujące wyrzuty były różnej wielkości od 50 ÷ 5000 Mg wyrzuconej masy i od 10 tys. do 820 tys. m^3 wydzielonego gazu. Najczęściej zjawiska gazogeodynamiczne występowały w robotach przygotowawczych około 82%, w ścianach i zabierkach zanotowano około 10%, a w robotach udostępniających 8%.

Największe katastrofy, spowodowane wyrzutami w kopalniach dolnośląskich, to: 10.05.1941 r. – pole Piast kopalni „Nowa Ruda" – zginęło 187 górników; 9.08.1930 r. – kopalnia „Wacław" – zginęło 151 górników; 7.09.1976 r. – pole Piast kopalni „Nowa Ruda" – zginęło 18 górników.

Ogółem w latach 1894÷1994 w kopalniach dolnośląskich wystąpiły 1733 wyrzuty węgla i gazu, w wyniku których zginęło 509 górników.

W byłym Zagłębiu Dolnośląskim występują dwie formacje węglonośne – warstwy wałbrzyskie i żaclerskie – przedzielone praktycznie bezwęglową serią warstw białokamieńskich. W górnokarbońskiej serii węglonośnej występuje 80 pokładów węgla naruszonych liczną siecią uskoków normalnych i odwróconych. Kopalnie dolnośląskie umiejscowione były w Niecce Śródsudeckiej, której obszar podlegał silnemu oddziaływaniu sił tektonicznych i działalności wulkanicznej orogenezy waryscyjskiej, wynikiem których jest pocięcie złoża systemami uskoków, wypiętrzenie pokładów oraz częściowe ich zniszczenie wylewami porfiru. Całe złoże jest silnie nasycone gazami przy wyraźnej przewadze CO_2. Przyjmuje się, że CO_2 nasycający skały złożowe w byłym Zagłębiu Dolnośląskim jest pochodzenia migracyjnego, tzn. przemigrował z sąsiednich wulkanitów i nasycił złoże. W strefach występowania dużych stężeń dwutlenku węgla jest on więc zazwyczaj endogeniczny, natomiast tam, gdzie jego koncentracje są niewielkie jest resztkowym gazem z procesu uwęglenia.

Zjawiska gazogeodynamiczne notowano przede wszystkim w miejscach o zmniejszonej wytrzymałości skał, w zaburzeniach geologicznych, uskokach, przy kontakcie węgla ze skałami porfirowymi. Zmniejszenie wytrzymałości węgla (np. na ściskanie do 3-8 MPa) oraz zmniejszenie wskaźnika zwięzłości f_z do 0,3 (stanowiącego umowną liczbę charaktryzującą zwięzłość węgla kamiennego), wpływa nie tylko na zwiększone predyspozycje zagrożeń zjawiskami gazogeodynamicznymi, ale także na wielkość zjawiska i kawerny powyrzutowej [10].

1.2. Zjawiska gazogeodynamiczne w kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego

O istnieniu dużych zasobów węgla w rejonie na południe od Rybnika wiedziano już w okresie przed drugą wojną światową. Z wierceń badawczych wynikało również, że należy się liczyć z dużym zagrożeniem metanowym. Być może to zadecydowało o tym, że nie przy-

stąpiono do ich zagospodarowania tym bardziej, że techniki zwalczania zagrożenia metanowego nie były rozwinięte.

Rozpoczęcie zagospodarowania tego złoża nazwanego umownie *Rybnickim Okręgiem Węglowym (ROW)* nastąpiło w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Potwierdziła się duża metanonośność złoża. Kopalnie charakteryzują się dużą metanowością zarówno wyrobisk udostępniających i przygotowawczych, jak i wyrobisk wybierkowych. Dokładniejsze badania wykazały, że wraz z metanem wydziela się w znikomych ilościach dwutlenek węgla (CO_2) oraz w śladowych ilościach azot (N_2) i wodór (H_2). W niektórych przypadkach zawartość CO_2 w węglu dochodzi do 4%, jednak najczęściej mieści się ona w granicach poniżej 1,5%.

Roboty górnicze w pierwszych latach budowy wykonywane były, z uwagi na występujące zagrożenie metanowe, metodą *centralnego strzelania* z powierzchni. W tym czasie nie stosowano metanometrii automatycznej. Brak więc z tego okresu dokładniejszych obserwacji dotyczących intensywności wypływu metanu do poszczególnych przodków. Przykładowo oceniono, że na przekopie południowym poziomu 280 m w kopalni „1 Maja", ze stref uskokowych miały miejsce wypływy metanu o intensywności dochodzącej chwilowo do 200 m^3/min przy ciśnieniu gazu dochodzącym do 0,3 MPa. Występowały więc zjawiska gazogeodynamiczne na skalę, która się już później nie powtórzyła w następnych budowanych kopalniach [4].

Zjawiska gazogeodynamiczne, do których należą wyrzuty metanu i skał, są najbardziej niebezpieczną formą zagrożenia metanowego. Stąd też poniżej przedstawiona zostanie krótka charakterystyka zagrożenia metanowego występującego w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.

W budowie geologicznej południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego biorą udział utwory karbonu nakryte trudno przepuszczalnym nadkładem o zmiennej miąższości osadów czwartorzędu i trzeciorzędu. Jedynie w części południowej obszaru byłej KWK „Morcinek" czwartorzęd pokrywa utwory fliszowe nasunięcia karpackiego (kreda). Litologicznie utwory czwartorzędu wykształcone są w postaci piasków i żwirów z przewarstwieniami i wkładkami mułów, iłów i glin. Utwory trzeciorzędu reprezentowane są przez morskie osady iłów mioceńskich z wkładkami piasków i pyłów, w spągu tych warstw o charakterze kurzawek.

Metanonośność pokładów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest bardzo nierównomierna. W północnej i środkowej części Zagłębia na niektórych obszarach metan wogóle nie występuje lub występuje w nieznacznych ilościach. Natomiast w południowej części Zagłębia występują obszary o bardzo silnej metanonośności. W części południowo-wschodniej do złóż silnie metanonośnych należą złoża kopalń: Brzeszcze i Silesia, natomiast w części południowo-zachodniej silnie metanonośnymi są złoża kopalń należących do Jastrzębskiej i Rybnickiej Spółki Węglowej.

W kopalniach JSW S.A., ze względu na zaleganie w nadkładzie słabo przepuszczalnych ilastych osadów miocenu, bezpośrednio w stropie karbonu występuje 150÷200 m strefa wysokiej metanonośności pokładów, przekraczającej niejednokrotnie 10 m^3 CH_4/Mg_{csw} [8]. Obszary zwiększonej metanonośności pokładów oraz silnego nasycenia metanem wolnym występują również w pobliżu stref uskokowych, które stanowiły drogi migracji metanu z głębszych partii złoża kończące się na kontakcie z nieprzepuszczalnym nadkładem. W kopalniach „Jastrzębie" i „Moszczenica", budowanych w pierwszej kolejności, już w trakcie drąże-

nia pierwszych wyrobisk udostępniających w strefie podnadkładowej następowały intensywne wypływy metanu wolnego, dochodzące do kilkudziesięciu m^3/min. Uruchomienie eksploatacji spowodowało dalsze zwiększenie wydzielania metanu. Odmienna dynamika metanowości wystąpiła w kolejno budowanych o większej głębokości kopalniach. Dopływy metanu w fazie robót udostępniających były stosunkowo niewielkie. Dopiero rozpoczęcie robót eksploatacyjnych spowodowało wzrost wydzielania się metanu [2].

Dotychczas przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że metan związany ze złożami węgla występuje w dwóch zasadniczych formach:

- jako metan sorbowany związany fizykochemicznie z substancją węglową lub rzadziej ze skałami ilastymi,
- jako metan wolny, występujący w porach i szczelinach skał płonnych i pokładów węgla (może być również rozpuszczony w wodzie złożowej występującej w przestrzeni porowej piaskowców).

Występowanie gazu sorbowanego związane jest głównie z pokładami węgla.W warunkach ROW-u jeden Mg węgla w zależności od głębokości zalegania może zawierać do 18 m^3 metanu w postaci związanej fizykochemicznie (pokład 502/1 w KWK „Moszczenica") [8].

Występowanie metanu wolnego związane jest z dogodnymi strukturami geologicznymi umożliwiającymi gromadzenia się tego gazu. Obie formy występowania są ściśle ze sobą związane. Przyjmuje się, że na skutek odprężenia pokładów węgla w trakcie eksploatacji górniczej występuje wydzielanie się metanu sorbowanego i przejście w formę metanu wolnego od strefy spękań [13].

Metanowość bezwzględna kopalń JSW S.A. w 2002 roku wynosiła 461,2 m^3/min, z tego poprzez odmetanowanie ujmowano 164,9 m^3/min. Metanowość względna w tym okresie wynosiła 12,74 m^3/Mg wydobycia. Charakterystykę metanowości względnej i bezwzględnej w poszczególnych kopalniach JSW S.A. przedstawiono w tab. 1 oraz na rys. 2.

Tabela 1. Metanowość kopalń JSW S.A. w 2002 r.

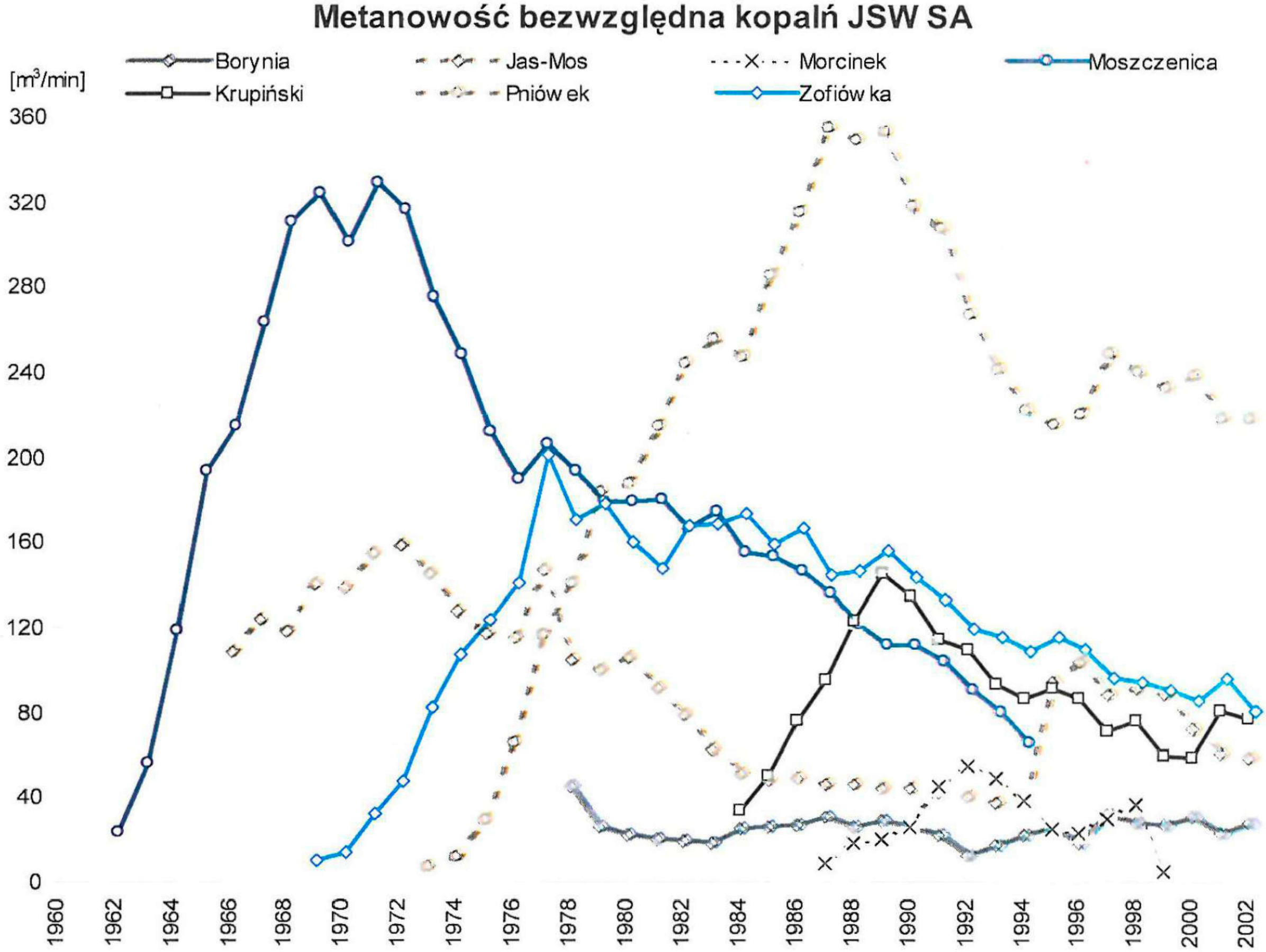
Kopalnia	Metanowość względna [m^3/Mg]	Metanowość bezwzględna [m^3/min]			Efektywność odmetanowania [%]
		wentylacja	odmetanowanie	razem	
Borynia	4,00	24,69	2,75	27,44	9,49
Jas-Mos	7,73	39,53	19,34	58,87	32,84
Krupiński	18,72	40,51	36,06	76,57	47,09
Pniówek	30,62	142,24	75,83	218,06	34,85
Zofiówka	19,16	49,38	30,91	80,28	38,02
JSW SA	**12,74**	**296,34**	**164,88**	**461,23**	**35,75**

Sumaryczne ujęcie metanu poprzez odmetanowanie w 2002 r. w kopalniach JSW S.A. wyniosło 86,6 mln m^3, z tego wykorzystano 67,6 mln m^3 CH_4, tj. 78,1%. Z powietrzem wentylacyjnym odprowadzono 155,76 mln m^3 CH_4.

W sumie z kopalń należących do JSW S.A. ujęto dotychczas poprzez odmetanowanie około 5,5 mld m^3 metanu.

Z przedstawionych powyżej informacji wynika, że pokłady węgla eksploatowane w południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, a w szczególności w Rybnickim

Okręgu Węglowym są przeważnie pokładami silnie gazonośnymi. Istnieją więc przesłanki do przypuszczeń, że w określonych warunkach mogą w nich występować zjawiska gazogeodynamiczne. Przypuszczenia te są wzmacniane faktem występowania tych zjawisk, w tym również nagłych wyrzutów węgla i gazu w niektórych kopalniach Ostrawsko-Karwińskiego Rejonu (OKR). Dotychczas zjawiska gazogeodynamiczne zanotowano w pięciu kopalniach OKR, tj.: „Jan Šverma", „Paskov", „Stařič", „Rudy Řijen", „Vitezny Unor" (Rys. 3).

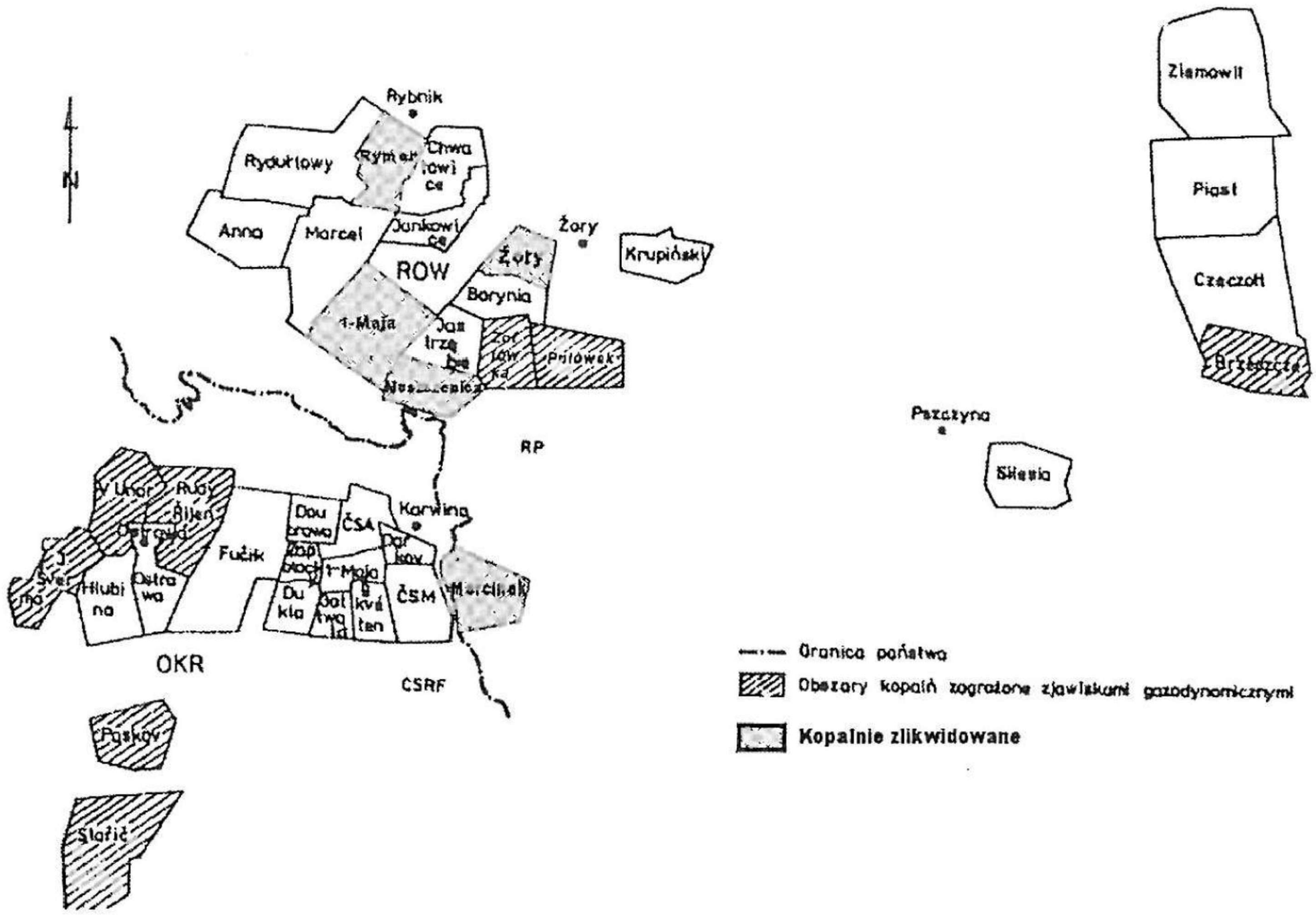


Rys. 2. Metanowość bezwzględna kopalń JSW S.A. od początku ich istnienia do 2002 r. [15]

Pierwsze wyrzuty zanotowano tu w roku 1894. Gazem biorącym udział w zjawiskach był przeważnie metan (w kopalni „Jan Šverma" $CH_4 + CO_2$).

Zjawiska wyrzutów miały miejsce wyłącznie w najniżej położonych warstwach ostrawskich tj. gruszowskich (grupa 800) i pietrzkowickich (grupa 900). Przeważały wyrzuty o masie około 100 Mg. Największy dotychczasowy wyrzut zarejestrowany w 1974 r. w kopalni „Stařič" spowodował wyrzucenie około 420 Mg węgla [10]. Ogółem w latach 1894÷2000 w OKR zanotowano 481 wyrzutów węgla i gazu. Największe ilości wyrzutów wystąpiły w kopalniach:

- „Jan Šverma" – 182,
- „Stařič" – 142,
- „Paskov" – 135.



Rys. 3. Rozmieszczenie kopalń zagrożonych występowaniem zjawisk gazogeodynamicznych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym i Ostrawsko-Karwińskim Rejonie (niektóre czeskie kopalnie przedstawione na rysunku zostały zlikwidowane) [10].

Zjawiska gazogeodynamiczne występowały przez cały okres istnienia kopalń ROW, jednakże ich dokumentowanie było ograniczone ze względu na braki automatycznej techniki pomiarowej. Udokumentowane zjawiska gazogeodynamiczne, mające pewne cechy wyrzutu, wystąpiły jedynie w kopalni „Zofiówka". W kopalni „Pniówek" do czasu zaistnienia w dniu 23.08.2002 r. wyrzutu metanu i skał udokumentowane były zjawiska gazogeodynamiczne, mające cechy nagłych wypływów metanu.

Jak dotąd w kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego występowały zjawiska o małej skali, gdzie ilość wydzielonego gazu oraz wyrzuconego węgla była mała, w praktyce kopalnianej czasami nawet mało odczuwalna. Zjawiska te scharakteryzował T. Majcherczyk [10] – tab. 2.

Tabela 2. Zjawiska gazogeodynamiczne zaistniałe w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego [10]

Kopalnia	Wyrobisko chodnikowe	Pokład	Ilość mas powyrzutowych [t]	Ilość wydzielonego metanu [m^3]	Data wystąpienia zjawiska
„Zofiówka" (dawniej „Manifest Lipcowy")	F – 13	363	4	411	19.05.1979
	F – 5	360/1	15	2170	10.08.1979
	H – 5	403/1	955	5000	12.06.1985
„Brzeszcze"	ch. 363	364	10	300	20.05.1986
„Zofiówka" (dawniej „Manifest Lipcowy")	H – 1a	403/1	–	450	12.03.1984
	H – 3	404/3	–	250	30.05.4984
	H – 1a	403/1	–	890	13.10.1984
„Pniówek" (dawniej „XXX-lecia PRL")	S – 4	363	–	19700	03.01.1987

W 1997 roku na zlecenie Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. opracowana została przez Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie dokumentacja [Bodziony i in., 1997], w której kompleksowo przedstawiono stan zagrożenia wyrzutami metanu i skał w kopalniach Spółki oraz opisano, w oparciu o dostępne dokumenty, zjawiska gazogeodynamiczne zaistniałe w kopalniach JSW S.A. W dalszej części niniejszej publikacji prezentujemy przedmiotowy opis zaistniałych zjawisk gazogeodynamicznych.

Jak wynika z „zestawienia objawów gazodynamicznych" sporządzonego w 1983 r. przez ówczesne Zrzeszenie Kopalń w Jastrzębiu, pierwszy przejaw takiego zjawiska został zarejestrowany w KWK „Jastrzębie" (obecnie KWK „Jas-Mos") w 1967 r. [3]. Podczas drążenia upadowej w pokładzie 505/1 z poziomu ± 0,0 m do poziomu – 120 m, na poziomie – 100 m nastąpiło wypchnięcie bloku węgla z ociosu zachodniego o masie 5÷6 Mg. Brak dokładniejszej informacji na ten temat.

Drugim w porządku chronologicznym, ale bez oznaczonej daty – było zdarzenie w ówczesnej KWK „Manifest Lipcowy", a obecnej KWK „Zofiówka", które wystąpiło podczas głębienia szybu 6 lub 7 na poziomie około – 210 m przed otwarciem pokładu 409. Po przebiciu stropu karbonu i zgłębieniu około 10 m stwierdzono wyprzedzającym otworem badawczym zaleganie pokładu w odległości 4 m poniżej dna szybu. Odstrzał około 2,0 do 2,4 m szybu spowodował wypływ metanu całym przekrojem szybu o stężeniu 6% w ciągu około 2 dni.

Po zjeździe na dno szybu stwierdzono wyłamanie półki skalnej i przemieszanie całego urobku z węglem zalegającym 4 m „poniżej" dna szybu sprzed odstrzału.

Na szczególną uwagę zasługują trzy zdarzenia, jakie miały miejsce w następujących dniach: 19.05.1979 r., 10.08.1979 r. oraz 12.06.1985 r. Poniżej przedstawiamy ich opis.

1.2.1. Wyrzut metanu i skał w KWK „Zofiówka" w dniu 19.05.1979 r.

Wyrzut nastąpił w przodku chodnika nadścianowego F-13 w pokładzie 363 o miąższości 2,15÷2,7 m, poziom 580 m w dniu 19.05.1979 r. Wielkość wyrzutu: masa około 4 Mg, objętość metanu 411 m^3. Chodnik był drążony przy użyciu kombajnu PK-9r w obudowie ŁP-7. Zgodnie z Notatką Służbową [3] oraz Opinią KD „Barbara", [3] i powołaniu się na zeznania przodowego Nikodema Jerzego, zdarzenie miało następujący przebieg.

W czasie wyrównywania przodka kombajnem przy głowicy skierowanej do środka wyrobiska, nastąpiło „wzmożone" ciśnienie połączone z efektem akustycznym i wyrzuceniem węgla w ilości około 2÷3 wozów oraz oberwaniem się skał stropowych w ilości jednego wozu. Równocześnie, z uwagi na przekroczenie stężenia metanu w przodku nastąpiło wyłączenie napięcia elektrycznego.

W dniu zaistnienia wyrzutu, przed zdarzeniem, na zmianie III-ciej dokonano pomiaru parametrów:

- intensywności desorpcji $\Delta P = 1{,}26$ kPa,
- ciśnienia $p = 0{,}4$ MPa,
- zwięzłości węgla $f_z = 0{,}31$.

W czasie wizji lokalnej w dniu 21.05.1979 r. stwierdzono w czole przodka wyrwę o wymiarach: wysokość 1 m, szerokość 2 m i głębokość 1,5 m. Stwierdzono również, że zwięzłość węgla w 10 centymetrowej warstwie pod stropem jest bardzo mała. Węgiel rozsypywał się w dłoni. Pomiar wskaźnika zwięzłości węgla w ociosie, w niższych partiach pokładu wykazał f_z=0,33.

KD „Barbara" prowadziła uprzednio pomiary metanonośności pokładu 363 na poziomie 580 m. W szczególności w dniu 2.02.1979 r. stwierdzono maksymalną metanonośność $G_m = 16{,}28\ m^3/Mg_{csw}$ w chodniku podścianowym F-13. Natomiast w chodniku nadścianowym F-13 stwierdzono maksymalną metanonośność $G_m = 11{,}17\ m^3/Mg_{csw}$ w dniu 24.04.1979 r. Zgodnie z zaleceniem KD „Barbara" były prowadzone w przodku chodnika nadścianowego F-13 pomiary intensywności desorpcji, zwięzłości węgla oraz ciśnienia. Również według ówcześnie obowiązujących przepisów (dla Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego) wskaźniki wykazywały przekroczenia względnie wielkość w pobliżu wartości progowych.

Główne zalecenia KD „Barbara" dla dalszego prowadzenia robót w chodniku nadścianowym F-13 były jak następuje:

- zastosowanie wyprzedzającego odmetanowania,
- dokonywanie pomiarów intensywności desorpcji i ciśnienia metanu w co najmniej dwóch otworach badawczych na 3 i 6 metrze,
- drążenie chodnika za pomocą materiałów wybuchowych.

Niezależnie od tego zalecono wprowadzenie do przodka dodatkowego zabezpieczenia metanometrycznego oraz wyposażenie ludzi przebywających w przodku w indywidualne aparaty tlenowe. Ustalono warunki urabiania przodka kombajnem [3].

W dostępnych materiałach brak informacji o występowaniu zaburzeń geologicznych w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca wyrzutu. Wydaje się, że ruch górniczy kopalni, mimo alarmujących wyników pomiarów został zaskoczony ujawnieniem się zagrożenia w postaci wyrzutu. Z używanego wówczas nazewnictwa wynika, że wystąpiły trudności w odpowiednim zdefiniowaniu przejawów zagrożenia.

1.2.2. Wyrzut metanu i skał w KWK „Zofiówka" w dniu 10.08.1979 r.

Wyrzut nastąpił w przecince drążonej do uskoku z chodnika podścianowego F-5 w pokładzie 360/3 o miąższości około 1,2 m, poziom 580 m w dniu 10.08.1979 r. Wielkość wyrzutu: masa – 15 Mg węgla i przerostu, objętość metanu – 2170 m^3. Zgodnie z informacją [3] wyrzut nastąpił w czasie urabiania kombajnem typu AM-50. W przodku przecinki zatrudnionych było czterech pracowników, spośród których, w wyniku podmuchu oraz uderzenia i zasypania wyrzuconym węglem, jeden uległ wypadkowi śmiertelnemu, jeden wypadkowi bardzo ciężkiemu i jeden lekkiemu. Czwarty z pracowników (przodowy) znajdował się w odległości około 20 m od przodka, został przewrócony podmuchem, lecz nie odniósł obrażeń.

W ocenie ruchu kopalni w pokładzie 360/3 nie występowało zagrożenie wyrzutami. Jednak prowadzono prognozę zagrożenia, a pomiary wskaźników wykonane w lipcu 1979 r. nie wskazywały na możliwość wyrzutu. Chodnik podścianowy F-5 został wydrążony na długości około 700 m. Rozpoczęto z niego drążenie przecinki w obudowie ŁP celem zbadania uskoku. Przecinkę wydrążono na długości 24 m z upadem około 5°. Przybierano kamień w stropie na grubość około 1 m. W czasie wyrzutu metanomierz zarejestrował gwałtowny wzrost zawartości metanu powyżej 12%. Nie zaobserwowano żadnych oznak ostrzegawczych. Wyrobisko zostało zasypane na długości około 8 m.

Babicz i Zieleźnik [1] dokreślili warunki geologiczno-górnicze w sąsiedztwie przecinki. Wyrobisko to było prowadzone dla zbadania zalegania uskoku, początkowo w odprężonej

części pokładu. W odległości 14 m od chodnika podścianowego F-5 w pokładzie 360/3 minęło ono krawędź eksploatacyjną i dalej było prowadzone w nieodprężonej części pokładu, osiągając długość 24 m. Autorzy dopatrują się bezpośredniej przyczyny wyrzutu w koncentracji ciśnień w strefie przodkowej. Tę tezę potwierdzają Borowy i in. [4] oraz Kobiela i in. [6].

1.2.3. Wyrzut metanu i skał w KWK „Zofiówka" w dniu 12.06.1985 r.

Wyrzut nastąpił w chodniku badawczym H-5 w pokładzie 403/1 o miąższości 3,0 m, poziom 580 m w dniu 12.06.1985 r. o godz. 17^{25}. Wielkość wyrzutu wynosiła: masa – 95 Mg, objętość metanu – 5000 m^3. Wyrzut ten ma najobszerniejszą dokumentację. Dane o wyrzucie zostały poddane przez Bodzionego i in. [3] szczegółowej analizie statystycznej.

Zgodnie z opisem zdarzenia [3] wyrzut nastąpił po wykonaniu robót strzałowych. Wyrobisko było objęte zaliczeniem do wyrobisk „zagrożonych wypływem metanu z odrzutem węgla i skał" – według Zarządzenia Nr 1 Ministerstwa Górnictwa i Energetyki [18].

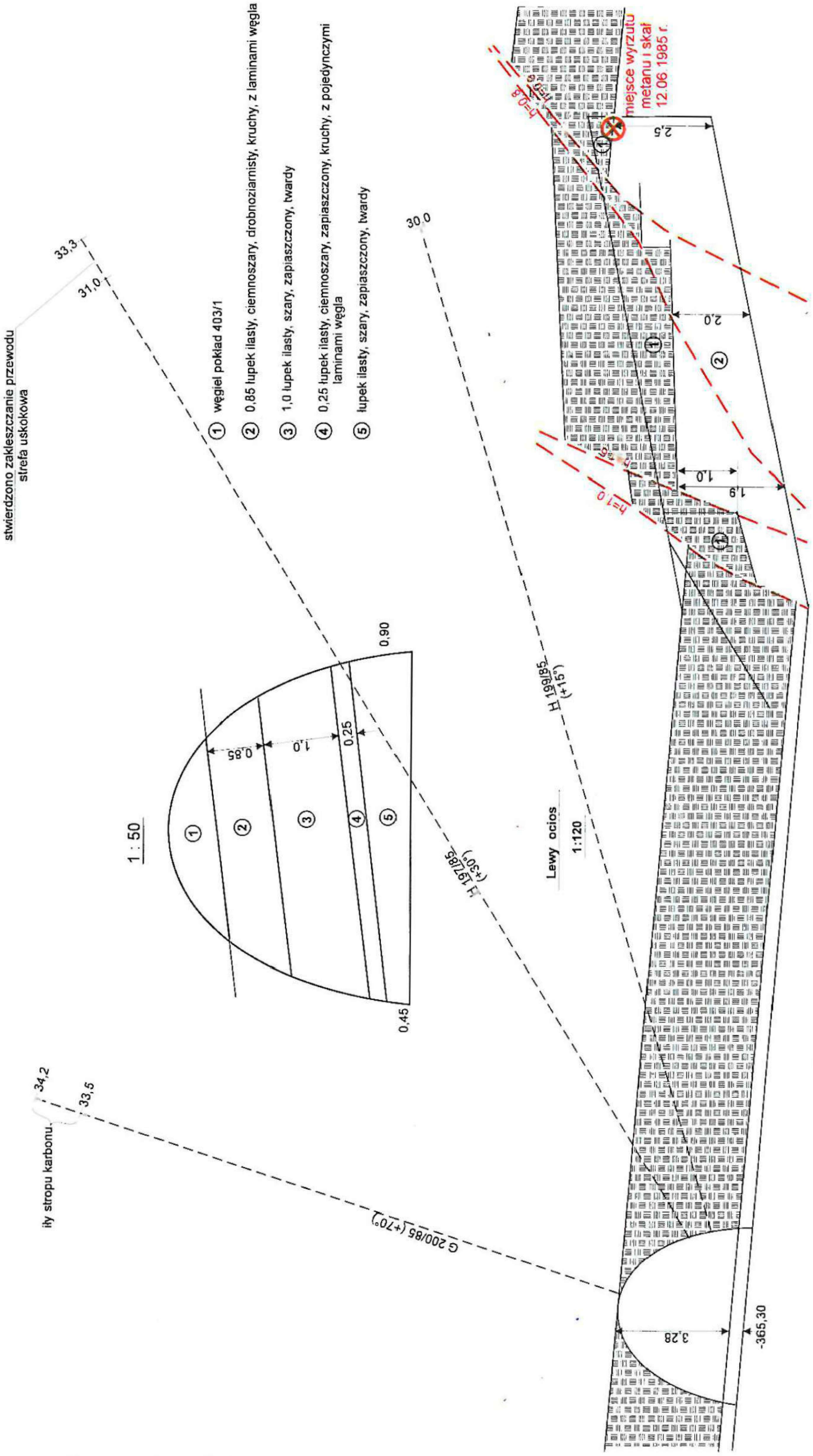
Chodnik badawczy H-5 drążony był w partii niezbadanej wzdłuż strefy bezpieczeństwa dla nadkładu. Oś chodnika była równoległa do uskoku o zrzucie h = 3 m. W dniu zdarzenia wyrobisko miało długość 95 m. W stropie zalegały łupki ilaste kruche z laminami węgla, wyżej łupek ilasty zwięzły. W spągu zalegały łupki ilaste drobnowarstwowe, poniżej łupki ilaste zapiaszczone. Na 83 m od początku wyrobiska stwierdzono strefę uskokową (h =1,0; 1,6; 0,8; 0,9 m) o łącznej szerokości 8 m. Usytuowanie przodka względem zaburzenia geologicznego w dniu 12.06.1985 r. przedstawia rys. 4.

Wyrobisko było objęte odmetanowaniem wyprzedzającym. Otwory były wiercone w pokładzie oraz do warstw stropowych. W czasie wiercenia stwierdzono zasypywanie i zaciskanie otworów. Pomiary wskaźników zagrożenia „wypływem metanu z odrzutem węgla i skał" tzn. intensywności desorpcji, wychodu zwiercin oraz zwięzłości węgla wykonywano raz na dobę. W opinii kopalni pomiary nie wskazywały na wzrost zagrożenia. Jedynie wartość wskaźnika zwięzłości wynosiła $f_z = 0{,}26$. Stan faktycznego zagrożenia nie został należycie oddany w pomiarach wskaźników. W opinii kopalni występował całkowity brak korelacji pomiędzy wskaźnikiem wychodu zwiercin a stanem zagrożenia.

Należy zwrócić uwagę na stosunkowo rzadki przypadek koincydencji czasu wykonywania pomiarów z czasem zajścia wyrzutu. Otóż w dniu 12.06.1985 r., na zmianie A, a więc przed godz. 14^{00}, zostały wykonane pomiary wskaźników zagrożenia wyrzutami w przodku chodnika badawczego H-5 [3]. Były to pomiary rutynowe, wykonywane raz na dobę, ponieważ wyrobisko było zaliczone do „zagrożonych wypływem metanu z odrzutem węgla i skał". Wyniki pomiarów przedstawiały się następująco:

- intensywność desorpcji $\Delta P = 0{,}78$ kPa,
- wychód zwiercin $Z_w = 2{,}7$ dm^3/mb,
- zwięzłość węgla $f_z = 0{,}26$.

Dwa pierwsze wskaźniki były wyznaczone z pomiarów opartych o otwór badawczy o długości 3,0 m. W miejscu pomiaru odsłonięta grubość pokładu (pod stropem wyrobiska) wynosiła 0,6 m [3]. Wyniki oznaczeń zgadzaja się z interpretacją Kopalnianej Komisji, że nie oddają należycie stopnia faktycznego zagrożenia.



Rys. 4. Przekrój przez chodnik badawczy H-5 pokł. 403/1 w dniu zaistnienia wyrzutu metanu i skał (stan na: 12.06.85r. zm.A)

Ważne stwierdzenie przedstawiła w sprawie tego wyrzutu KD „Barbara". Zostały one zamieszczone w protokole z narady w dniu 27.07.1985 r. [3]:

- wyrzut był związany ściśle ze strefą zaburzoną tektonicznie,
- występowanie zaburzeń tektonicznych powinno się uważać za strefę zagrożoną, niezależnie od wyników prognozy,
- najbliższy wartości krytycznej był wskaźnik zwięzłości węgla. Ten wskaźnik winien być preferowany przy obowiązującej prognozie zagrożenia,
- należy opracować zasady ustalania stref bezpośredniego zagrożenia przy prowadzeniu robót chodnikowych w zaburzeniach.

W podsumowaniu dyskusji sformułowano kolejne, ważne stwierdzenia:

- zjawiska gazodynamiczne w większości przypadków występują w wyrobiskach prowadzonych w bliskim sąsiedztwie stropu karbonu z nadkładem,
- źródłem zjawiska może być gaz wolny lub zasorbowany,
- prognozowanie zagrożenia w pobliżu zaburzeń tektonicznych wymaga określenia dodatkowych kryteriów.

Synteza prowadzonych analiz znalazła wyraz w Opinii Resortowej Komisji [3]. W tym dokumencie została zdefiniowana po raz pierwszy dla warunków KWK „Manifest Lipcowy" „strefa wzmożonego zagrożenia „ wypływem metanu z odrzutem węgla" w sąsiedztwie zaburzenia tektonicznego. Przedmiotowa „strefa..." swym zasięgiem obejmuje obszar co najmniej 4 m przed zaburzeniem i 4 m za zaburzeniem. Po napotkaniu przodkiem wyrobiska zaburzenia geologicznego przerywającego ciągłość pokładu o 50% i więcej (wielkość zrzutu uskoku wynosząca minimum połowę miąższości pokładu), a także zmiany kąta nachylenia pokładu o więcej niż 30° podjęto nakaz zatrzymywania przodków, w celu wykonania dodatkowych otworów badawczych umożliwiających rozpoznanie calizny na głębokość co najmniej 4 m przed przodkiem.

1.2.4. Inne zjawiska gazogeodynamiczne w KWK „Zofiówka"

W zestawieniu objawów gazodynamicznych [3] podano informację bez oznaczenia dat (prawdopodobnie rok 1983) o trzech zdarzeniach, scharakteryzowanych w następujący sposób: mocne strzały, wydmuch gazu, minikawerny w postaci leja o średnicy 0,5 m. Miejsca tych zdarzeń: chodnik H-1a, chodnik H-1b, chodnik H-c, wszystkie w pokładzie 403/1.

Niestety nie podano żadnych informacji o czynnościach wykonywanych w tych przodkach do chwili przejawu zagrożenia. Umożliwiłoby to ustalenie, na czym polegała prowokacja tych wyrzutów. Te wyrzuty – bo tak należałoby zakwalifikować w/w zdarzenia różnią się od poprzednio opisanych tym, że towarzyszyły im oznaki, wskazujące na proces gwałtownego odprężenia pokładu 403/1.

W 1984 r. w kopalni miały miejsce następujące nagłe wypływy metanu [6]:

- wypływ metanu w dniu 12.03.1984 r. w chodniku badawczym H-1a w pokładzie 403/1 po wykonaniu robót strzałowych. Łączna emisja metanu 450 m^3. Wydatek 0,148 m^3/s,
- wypływ metanu w dniu 30.05.1984 r. w chodniku badawczym H-3 w pokładzie 404/3 po wykonaniu robót strzałowych. Łączna emisja metanu 250 m^3. Wydatek 0,156 m^3/s,

– wypływ metanu w dniu 13.10.1984 r. w chodniku nadścianowym H-1a w pokładzie 403/1 po wykonaniu robót strzałowych. Łączna emisja metanu 890 m^3. Wydatek 0,37 m^3/s,

1.2.5. Zjawiska gazogeodynamiczne w KWK „ Pniówek"

W zestawieniu objawów gazogeodynamicznych KWK „Zofiowka" [3] za lata 1967÷1983, w odniesieniu do KWK „Pniówek" podano następujące zdarzenia:

– (brak daty), przekop S-6, pokład 361/1, poziom 265 m, ciśnienie gazu 39 atm, gazonośność – 16,7 m^3/Mg, zwięzłość węgla f_z = 0,23÷0,46, przejawy: ciężkie strzały i wydmuch zwiercin,
– 8.08.1975 r., przekop S-1, pokład 360/1, poziom 305 m, przejawy: wydmuchy zwiercin i płuczki.

W komentarzu do zestawienia zwrócono uwagę na to, że w KWK „Pniówek" (tak jak w KWK „Zofiówka") w wyrobiskach drążonych w pokładach przylegających bezpośrednio do stropu karbonu stwierdza się niejednokrotnie nierejstrowane tzw. mocne (ciężkie) strzały, wydmuchy węgla i gazu z otworów strzałowych. Według służb wentylacyjnych objawy te towarzyszą uskokom i innym zaburzeniom geologicznym.

W 1987 r. zarejestrowano w KWK „Pniówek" następujące nagłe wypływy metanu [3]:

– 3.01.1987 r. w pochylni S-4, pokład 363 nastąpiło wzmożone wydzielanie metanu ze stropu pokładu na odcinku 10 m. Wydzielaniu gazu towarzyszyło wykraplanie wody (około 20 l/min). Maksymalne zarejestrowane stężenie gazu w przodku wyrobiska wynosiło 5%. Zagrożenie metanowe zlikwidowano środkami wentylacyjnymi.
– 4.07.1987 r. w pochylni równoległej S-4 w pokładzie 363 nastąpiło wzmożone wydzielanie metanu po robotach strzałowych wykonywanych na II-ej zmianie. Stężenie metanu w przodku powyżej 5%. Zgodnie z zaleceniem Kopalnianej Komisji Zagrożenia Metanowego wykonano 6.07.1987 r. pomiary wskaźników zagrożenia wyrzutami. Otrzymano: $\Delta P = 0{,}92$ kPa, $Z_w = 15{,}5$ dm^3/mb, $f_z = 0{,}28$. W dniu 07.07.1987 r. wykonano ponownie pomiary ΔP = 0,44 kPa, Z_w =10,5 dm^3/mb, f_z =0,28. W przodku po jego prawej stronie stwierdzono uskok o zrzucie h = 0,6 m. Jako środki profilaktyczne zalecono urabianie techniką strzałową z kontrolą powrotu załogi do przodka oraz zwiększenie ilości otworów odmetanowania.
– 20.10.1987 r. w pochylni S-5 w pokładzie 363 nastąpiło wzmożone wydzielanie metanu po robotach strzałowych. Stężenie metanu w przodku bezpośrednio po zdarzeniu wynosiło powyżej 5%, a po 4-ch godzinach 1,6%. Zagrożenie usunięto środkami wentylacyjnymi. Brak danych odnośnie wielkości odrzutu węgla.

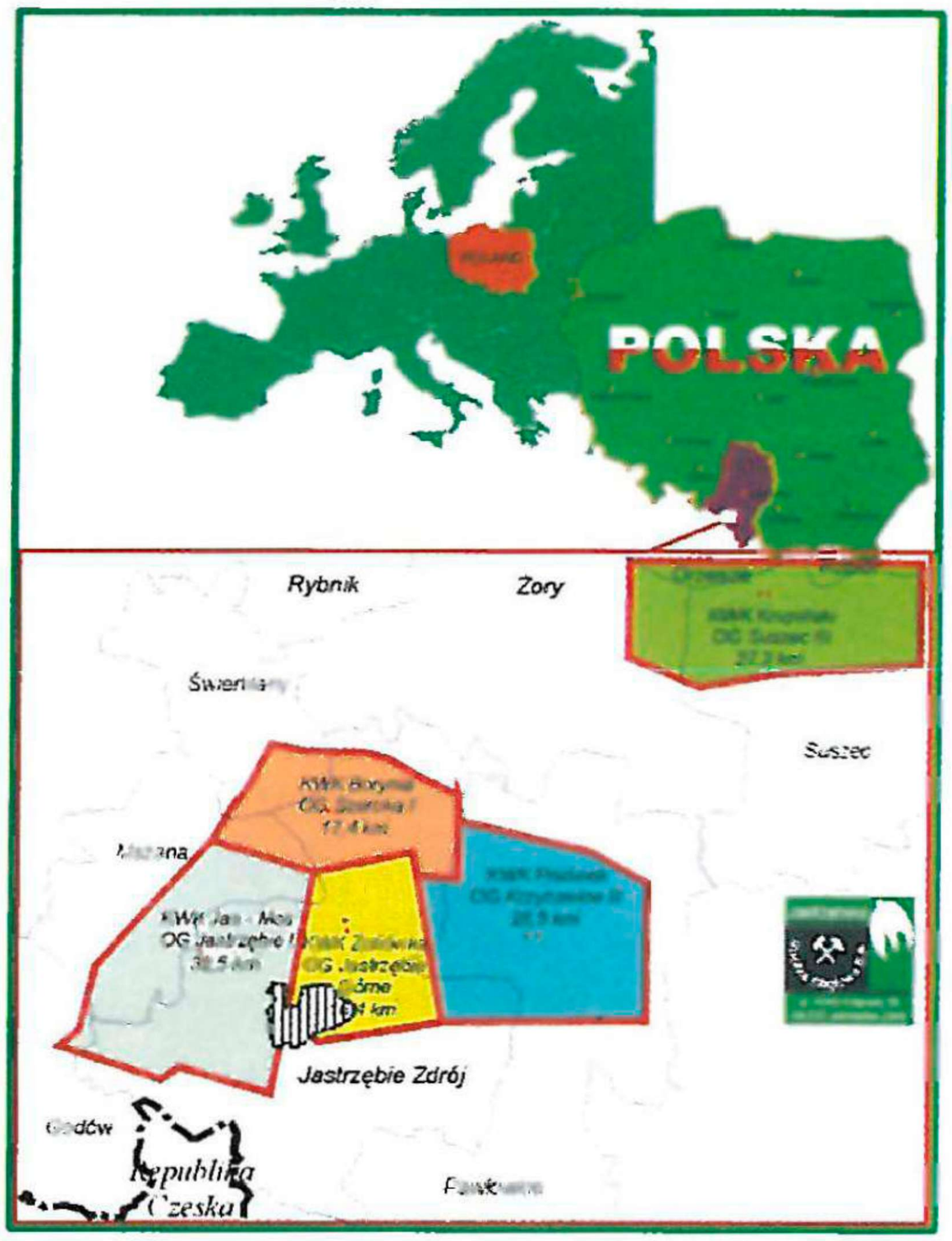
W 1989 r. odnotowano [3]:

– 15.06.1989 r. nagły wypływ metanu i mieszniny wody i piasku z otworu wiertniczego o długości 45 m, prowadzonego pod kątem 70° w stropie pokładu 363 z chodnika B-1. Przyczyną wypływu metanu było połączenie otworem strefy wysokich ciśnień gazu i wody z siecią szczelin i mikropęknięć w warstwach stropowych.

W KWK „Pniówek", do czasu wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej w dniu 23.08. 2002 r., nie zarejestrowano przejawów zagrożenia wyrzutami w rozmiarze, jaki miał miejsce w KWK „Zofiówka".

2. CHARAKTERYSTYKA KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO „PNIÓWEK”

KWK „Pniówek” jest jedną z pięciu kopalń wchodzących w skład Jastrzębskiej Spółki Węglowej. Administracyjnie kopalnia działa na obszarze powiatu pszczyńskiego w gminie Pawłowice (Rys. 5). Obszar koncesyjny pokrywa się z obszarem górniczym „Krzyżowice III”, powierzchnia obszaru górniczego wynosi 28,5 km^2.



Rys. 5. Położenie administracyjne Kopalni Węgla Kamiennego „Pniówek”

Złoże węgla kamiennego kopalni „Pniówek” jest usytuowane geologicznie w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na południowym skłonie Niecki Głównej (na wschód od siodła Jastrzębia).

W budowie geologicznej złoża biorą udział warstwy czwartorzędowe (6-80 m), trzeciorzędowe (210-850 m) i karbońskie. Karbon reprezentują warstwy orzeskie (grupa 300) oraz warstwy rudzkie (grupa 400), w których aktualnie prowadzona jest eksploatacja.

Pokłady warstw orzeskich są liczne i cienkie. Grubość 0,7 – 2,5 m, średnio 1,0 m. Warstwy rudzkie są na ogół grubsze i bardziej stałe od orzeskich. Grubość pokładów 0,7 -7,75 m, średnio 2,0 m. Aktualnie eksploatowane pokłady: 357/1, 360/1, 361, 363, 401/1, 403/1 i 404/2.

Warstwy siodłowe (grupa 500) zalegają głęboko poniżej 1000 m. charakteryzują się bardzo wysoką węglonośnością (pokład 510 osiąga grubość do 12 m).

Złoże kopalni „Pniówek” pocięte jest szeregiem uskoków o kierunkach południkowych i równoleżnikowych oraz NW-SE i zrzutach od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Powyższym uskokom na ogół towarzyszą mniejsze zaburzenia. Szczególnie intensywną tektonikę obserwuje się w rowie tektonicznym utworzonym przez uskoki Warszowicki i Pawłowicki I. Cały obszar górniczy kopalni usytuowany jest między dwoma dużymi równoleżnikowy-

mi strefami uskokowymi o zasięgu regionalnym. Na północ od obszaru górniczego kopalni przebiega Strefa Uskoków Jawiszowickich, natomiast przy południowej granicy obszaru przebiega strefa uskoków Bzie-Czechowice o sumarycznym zrzucie ok. 500 m (Rys. 8).

Kopalnia „Pniówek" eksploatuje pokłady na znacznej głębokości pod powierzchnią ziemi (obecna głębokość eksploatacji wynosi 830 m), charakteryzujące się bardzo dużym zagrożeniem metanowym oraz wysoką temperaturą pierwotną górotworu. Należy ona do kopalń o dużym zagrożeniu klimatycznym oraz o największym zagrożeniu metanowym w Polsce. Wszystkie pokłady zaliczone są do IV kategorii zagrożenia metanowego. Charakterystykę metanowości kopalni przedstawiono w porzednim rozdziale (Tab. 1 i Rys. 2).

Stwierdza się również zróżnicowanie metanonośności węgla z głębokością. W stropowej partii utworów karbonu do poziomu – 300 m występują pokłady o podwyższonej metanonośności z średnią 9,0 m^3CH_4/Mg_{csw}.

Poniżej poziomu – 300 m metanonośność spada, między poziomem – 425 m a – 550 m osiąga najniższą wartość średnio 6,9 m^3CH_4/Mg_{csw}, po czym wzrasta do średniej 9,4 m^3 CH_4/Mg_{csw} poniżej poziomu – 650 m npm.

Nie stwierdzono podwyższonej metanonośności pokładów w rejonie uskoków, nie mniej mogą one stanowić potencjalne niebezpieczeństwo związane z wypływem gazu i wody nasyconej gazem szczególnie w obrębie utworów karbonu.

Występuje również zagrożenie wyrzutami metanu i skał, dlatego części 6 pokładów w partiach B i S oraz część pokładu 404/4+405/1 w partii centralnej została zaliczona do kategorii zagrożonych wyrzutami metanu i skał. Występują także części 5 pokładów zaliczonych do kategorii skłonnych do występowania wyrzutów metanu i skał.

Złoże udostępnione jest pięcioma szybami, z których trzy pełnią funkcję szybów wentylacyjnych wydechowych.

Kopalnia posiada trzy czynne poziomy, w tym poziom wentylacyjny 580 m oraz dwa poziomy wydobywcze 705 m i 830 m. Aktualnie realizowane są przedsięwzięcia inwestycyjne związane z budową poziomu 1000 m.

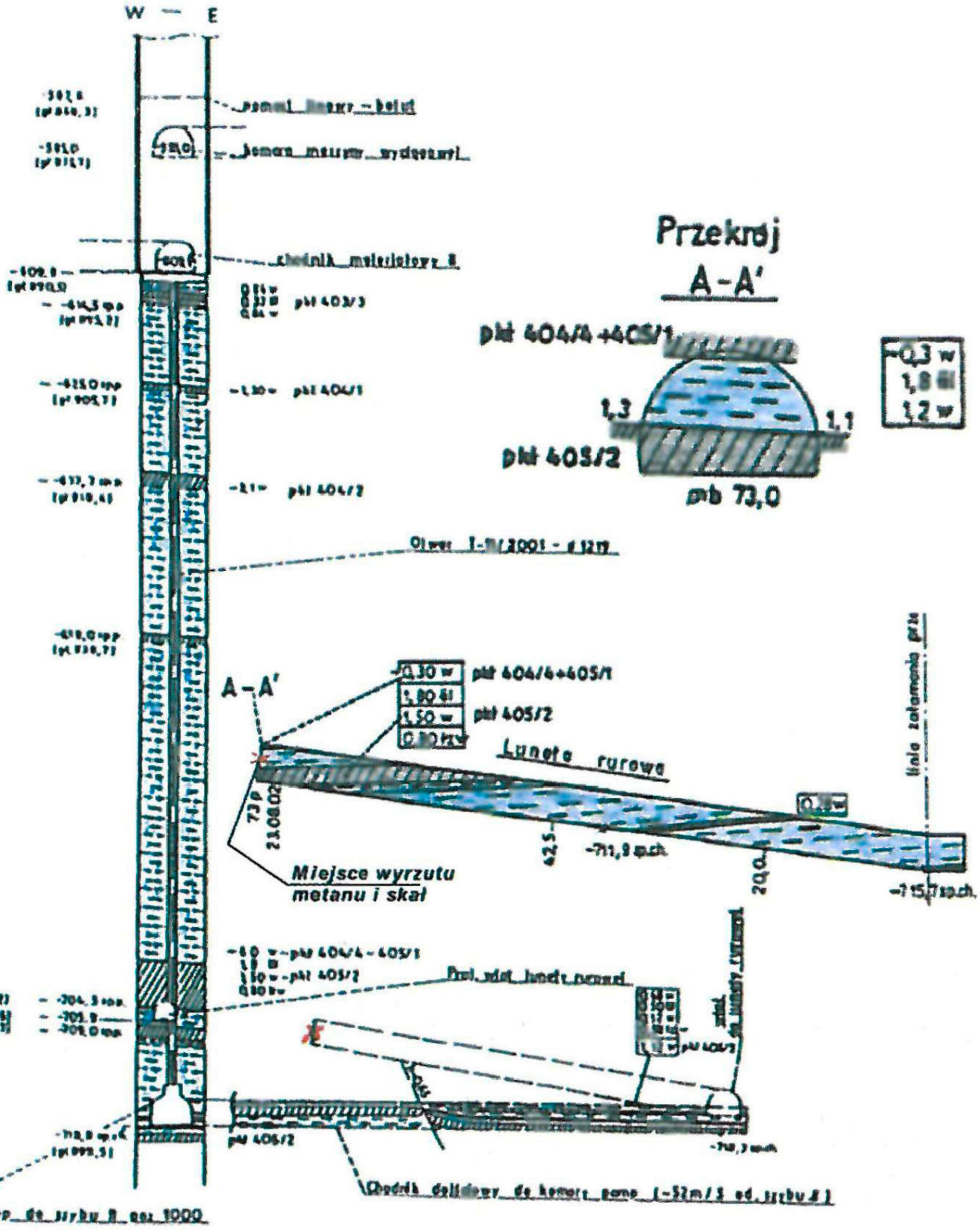
Najważniejsze parametry charakterystyki kopalni „Pniówek" przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Charakterystyka KWK „Pniówek"

Obszar górniczy	[km^2]	28,5
Aktualna zdolność wydobywcza	[Mg/d]	14 100
Głębokość eksploatacji	[m]	830
Typ węgla		35.1 – 35.2
Zasoby operatywne	[mln Mg]	112,7
Eksploatowane pokłady		357/1, 360/1, 361, 363, 401/1, 403/1, 404/2
Zagrożenia naturalne	metanowe pyłowe tąpaniami temperaturowe wyrzutowe	IV kategoria klasa B nie występuje występuje występuje
Średnia metanowość bezwzględna	[m^3CH_4/min]	218
Zatrudnienie		5 553
Przewidywana żywotność		31

3. WARUNKI GÓRNICZO-GEOLOGICZNE I WENTYLACYJNE W OTOCZENIU DRĄŻONEJ LUNETY RUROWEJ DO SZYBU II NA POZIOMIE 1000 m w KWK „PNIÓWEK" [19]

Dla ustalenia przyczyn i mechanizmu zdarzenia wyrzutu metanu i skał w dniu 23.08. 2002 r. niezbędna jest analiza warunków górniczo-geologicznych oraz wentylacyjnych w otoczeniu przodka drążonej lunety rurowej na poziomie 1000 metrów. Luneta rurowa drążona jest w kierunku aktualnie pogłębianego, od poziomu 830 m do poziomu 1000 m, szybu II (Rys. 6). Obudowę lunety stanowi obudowa łukowa V28/8 trzyelementowa z rozstawem odrzwi co 0,5 m. Szerokość wyrobiska w świetle obudowy wynosi 4,60 m, wysokość 3,20 m, nachylenie wyrobiska + 6° 50'.

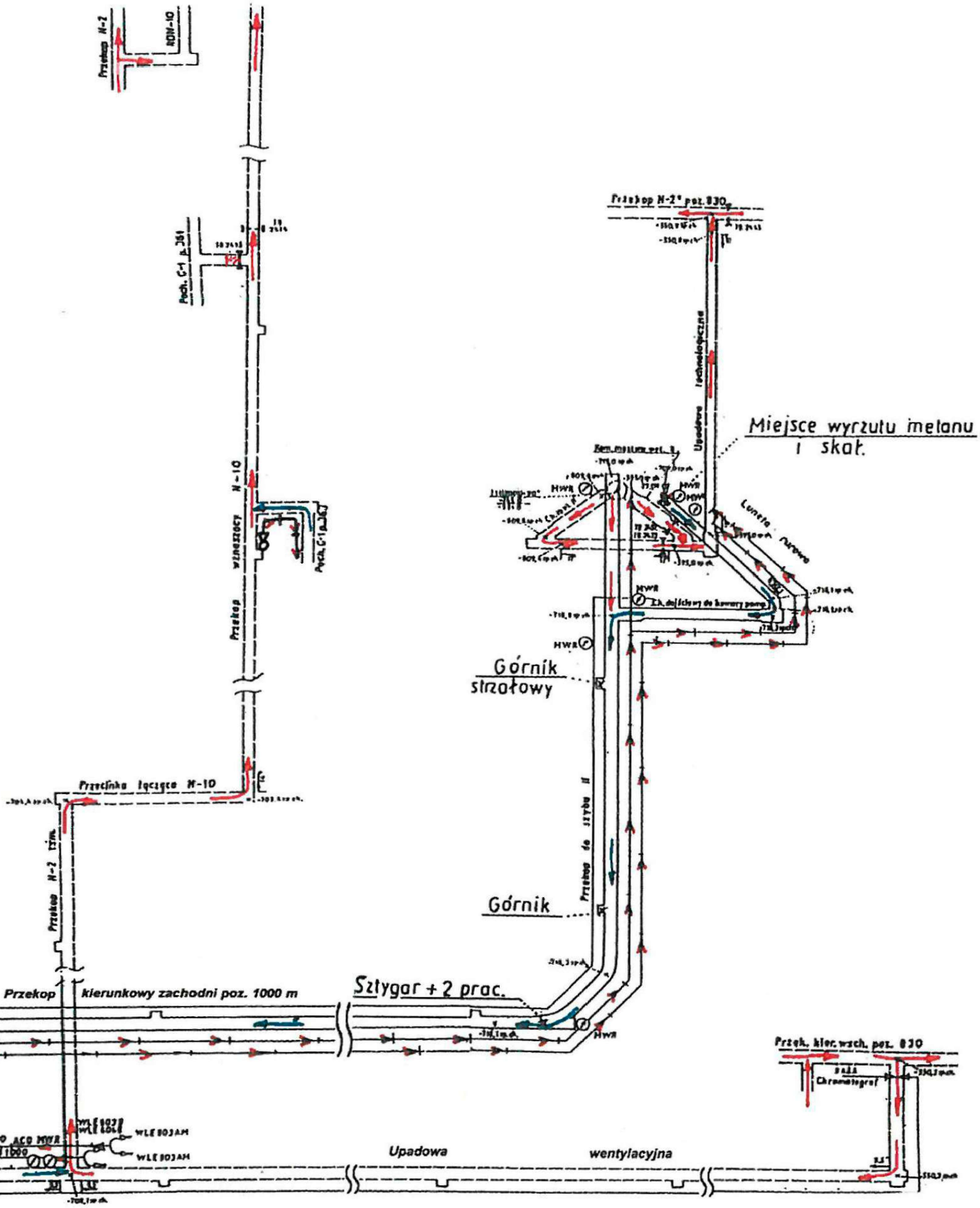


Rys.6. Przkrój geologiczny wyrobisk górniczych w rejonie lunety rurowej poz. 1000 m

Drążenie lunety rurowej rozpoczęto 08.05.2002 r. i wykonywano za pomocą materiałów wybuchowych. W wyrobisku zabudowana jest ładowarka zgarniakowa typu ZPP i przenośnik zgrzebłowy typu „Grot".

W dniu zaistnienia wyrzutu długość wyrobiska wynosiła 73 m.

Wyrobisko przewietrzane było wentylacją odrębną z baterią wentylatorów WLE-603B + WLE-604B w układzie równoległym, zabudowaną w grupowym prądzie świeżego powietrza, tj. w upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000 m przed przekopem N-2 taśmowym poziom 1000 m (Rys. 7).



Rys. 7. Szkic rejonu wyrzutu metanu i skał, który zaistniał w dniu 23.08.2002 r. o godz. 12^{03} w KWK „Pniówek"

Do przodka lunety rurowej lutniociągiem elastycznym ϕ 1000 mm doprowadzane było około 250 m^3/min powietrza, co przy przekroju wyrobiska 12 m^2 dawało prędkość 0,35 m/s. Metanowość wyrobiska kształtowała się średnio na poziomie 0,7 m^3 CH_4/min.

Powietrze z lunety rurowej i pozostałych odcinków wyrobisk poziomu 1000 m przewietrzanych wentylacją odrębną odprowadzane jest do przekopu N-2 taśmowego poziom 1000 m i dalej przekopem wznoszącym N-10 do przekopu N-2 na poziomie 830 m, gdzie łączy się z grupowym prądem świeżego powietrza (Rys. 7).

Z dna drążonego szybu II-go, wykonany jest otwór wielkośrednicowy do poziomu 1000 metrów, który pełni funkcję otworu technologicznego do transportu urobku z dna drążonego szybu na poziom 1000 metrów oraz posiada funkcję wentylacyjną. Na długości otworu wielkośrednicowego ϕ 1200 mm, pomiędzy poziomami 830 m i 1000 m udostępniono pokłady: 404/1, 404/2, 404/3, 404/4+405/1 oraz 405/2 (Rys. 6).

Otwór wielkośrednicowy ϕ 1200 mm, udostępniający ww. pokłady, powinien wpłynąć na częściowe odgazowanie pokładów w bezpośrednim jego sąsiedztwie, przyczyniając się do obniżenia w tych pokładach poziomu zagrożenia metanowego oraz wyrzutami metanu i skał. Literatura zagraniczna podaje, że częściowe odgazowanie pokładów następuje w odległości do 12 metrów od czoła przodka drążonych wyrobisk korytarzowych w węglu [9].

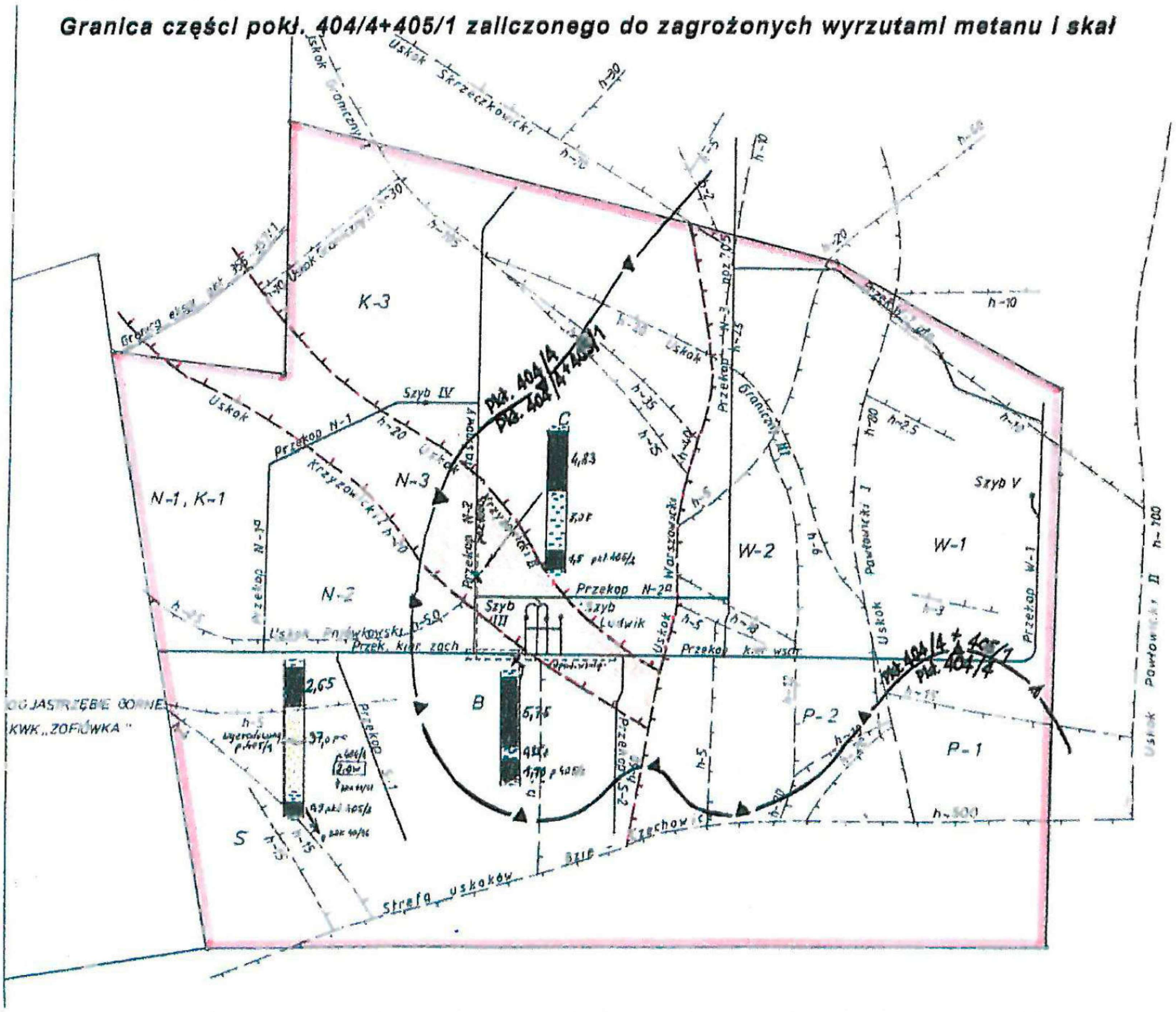
Drążona luneta rurowa w dniu zaistnienia wyrzutu była wyrobiskiem kamienno-węglowym, a czoło przodka znajdowało się w odległości 16 metrów od otworu wielkośrednicowego ϕ 1200 mm.

Uwzględniając powyższe, powinny istnieć warunki do częściowego odgazowania się pokładów 405/2 i 404/4+405/1 w bezpośrednim sąsiedztwie czoła przodka lunety rurowej. W przekroju czoła przodka drążonej lunety rurowej zalegał pokład 405/2 na wysokość 1,2 metra od spągu lunety rurowej, natomiast w stropie pokład 404/4+405/1 o miąższości około 6 metrów (Rys. 6). W obszarze górniczym KWK „Pniówek" w części zachodniej pokłady 404/4 i 405/1 występują oddzielnie, natomiast od linii ich połączenia jako jeden pokład (Rys. 8). Z pokładu 405/2 w trakcie jego udostępnienia lunetą rurową w dniu 25.07.2002 r., pobrano próby węgla do badań metanonośności, wykonane przez Zakład Odmetanowania Kopalń „ZOK" Spółka z o.o. w Jastrzębiu Zdroju. Oznaczenie metanonośności pokładu 405/2 wynosiło 3,358 m^3CH_4/Mg_{csw} przy intensywności desorpcji 0,55 kPa i zwięzłości $f_z = 0{,}39$. Niska wartość metanonośności pokładu 405/2, udostępnionego lunetą rurową, wyklucza możliwość powstania zagrożenia wyrzutu związanego z tym pokładem.

Pokład 404/4+405/1 występujący w stropie czoła przodka lunety rurowej objęty był w 1997 roku badaniami wyrzutowymi przez KD „Barbara", podczas drążenia upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000 metrów. Wyniki z przeprowadzonych badań zagrożenia wyrzutowego „in situ" wykazały:

- intensywność desorpcji metanu z węgla $\Delta P = 8{,}8$ hPa,
- wychód zwiercin $Z_w = 2{,}4$ l/mb,
- zwięzłość $f_z = 0{,}56$,
- kruszalność $F = 9{,}12$,
- własności sorpcyjne węgla względem metanu: pojemność sorpcyjna $a = 9{,}034$ cm^3/g, współczynnik dyfuzji $De = 0{,}185 \cdot 10^{-8}$ cm^2/s, wskaźnik początkowej prędkości desorpcji $\Delta p = 13{,}3$ hPa.

Metanonośność udostępnionego pokładu 404/4 w upadzie wentylacyjnym do poziomu 1000 metrów wynosiła 9,5 m^3CH_4/Mg_{csw} i jest nieco wyższa od określonej badaniami pojemności sorpcyjnej [9].



Rys. 8. Mapa przeglądowa obszaru górniczego Krzyżowice III KWK „Pniówek", z zaznaczeniem tektoniki i granicy rozwarstwienia pokładu 404/4+405/1

W orzeczeniu końcowym KD „Barbara", w oparciu o wyniki badań parametrów zagrożenia wyrzutami metanu i skał, uznała pokład 404/4+405/1 w partii B poniżej poziomu 830 metrów, za nieskłonny do występowania zagrożenia wyrzutami metanu i skał oraz niezagrożony wyrzutami metanu i skał. Udostępnienie pokładu 404/4+405/1 w lunecie rurowej, miało miejsce w filarze szybów głównych w innym bloku tektonicznym ograniczonym uskokami „Krzyżowicki I" i „Krzyżowicki II". Szyby główne KWK „Pniówek" umiejscowione są pomiędzy dwoma dużymi, prawie równoległymi do siebie, dyslokacjami tektonicznymi o przebiegu NW – SE zrzucającymi w kierunku NE. W pokładzie 404/4+405/1 pierwszy z nich – Uskok „Krzyżowicki I" o zrzucie $h \sim 5 \div 20$ m przebiega w odległości około 170 m na SW od szybu II, natomiast Uskok „Krzyżowicki II" o zrzucie $h \sim 8 \div 18$ m, przebiega w odległości około 350 m na NE od szybu II (Rys. 8).

Skały stropowe pokładu są suche. Otwór wielkośrednicowy wykonany w osi szybu II dla celów jego pogłębiania nie stwierdził żadnych wypływów wody oraz innych zagrożeń geologicznych i górniczych.

Pokład 404/4+405/1 w przedmiotowym rejonie zaliczony jest do I stopnia zagrożenia wodnego, IV kategorii zagrożenia metanowego oraz klasy „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

4. WYRZUT METANU I SKAŁ W DRĄŻONEJ LUNECIE RUROWEJ DO SZYBU II NA POZIOMIE 1000 m w dniu 23.08.2002 r. [19]

4.1. Opis akcji ratowniczej prowadzonej po zaistniałym wyrzucie metanu i skał

W dniu 23.08.2002 roku na zmianie I w przodku drążonej lunety rurowej do szybu II na poziomie 1000 m zatrudniona była pięcioosobowa brygada, która miała za zadanie m.in. odwiercić otwory strzałowe i wykonać prace strzałowe. Po odwierceniu otworów i załadowaniu do nich materiału wybuchowego, brygada przodkowa wycofała się do stanowiska strzałowego oddalonego o prawie 150 m od przodka lunety rurowej. Po odpaleniu ładunków, o godz. 12^{03}, strzałowy oraz znajdujący się w pobliżu pracownicy górnik i elektryk usłyszeli huk i trzaski dobiegające od strony przodka.

W następstwie wykonanych robót strzałowych zaistniał wyrzut metanu i skał, który spowodował koncentrację metanu w przodku do 84%, zarejestrowaną przez czujnik metanometrii automatycznej, zabudowany w czole drążonej lunety rurowej. Tak intensywny wypływ metanu spowodował automatyczne uruchomienie sygnalizacji alarmowej i zadziałanie zabezpieczeń prądowych.

Niezwłocznie podjęto akcję ratowniczą, którą w pierwszym etapie kierował dyspozytor ruchu kopalni, a następnie Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego.

Natychmiast przystąpiono do alarmowania zagrożonej załogi oraz powiadamiania osób kierownictwa kopalni i instytucji zgodnie z planem ratownictwa kopalni. W strefie zagrożenia znalazło się łącznie 70 pracowników.

W następstwie wyrzutu zaistniało bardzo poważne zagrożenie metanowe, powstałe w związku z wydzieleniem się znacznych objętości metanu. Gaz ten mógł w krótkim czasie wypełnić wyrobiska na drodze odprowadzenia powietrza z rejonu zaistniałego wyrzutu do szybu wentylacyjnego, co skutkowało, oprócz zagrożenia atmosferą niezdatną do oddychania, powstaniem również zagrożenia wybuchowego.

W związku z powyższym bezpośrednio po rozpoczęciu akcji ratowniczej wyznaczono strefę zagrożenia po wyrzucie metanu i skał (Rys. 9), która objęła swym zasięgiem wszystkie wyrobiska znajdujące się na drodze odprowadzenia powietrza od czoła lunety rurowej do szybów wentylacyjnych.

Wszystkich zagrożonych wycofano, w tym ze strefy bezpośredniego zagrożenia pięciu pracowników zatrudnionych w lunecie rurowej (sztygar zmianowy oddziału Przedsiębiorstwa Robót Górniczych wraz z 4-ma pracownikami wycofali się z użyciem aparatów regeneracyjnych SR-100A). **Żadna ze znajdujących się w strefie zagrożenia osób nie doznała obrażeń.**

Następna faza prowadzonej akcji ratowniczej miała na celu dotarcie przez zastępy ratownicze możliwie jak najbliżej czoła przodka, rozpoznanie wielkości i zasięgu powstałych zniszczeń po wyrzucie metanu i mas powyrzutowych oraz przywrócenie wentylacji lutniowej.

wyrobiska objęte strefą zagrożenia

Rys. 9. Schemat strefy zagrożonej po wyrzucie metanu i skał w lunecie rurowej

W szczególności, w czasie akcji ratowniczej uszczelniono lutniociąg ϕ 1000, służący do przewietrzania lunety rurowej oraz zabudowano w upadowej wentylacyjnej dodatkowy lutniociąg ϕ 800 wraz z wentylatorem 803B, ponadto wykorzystano sprężone powietrze do uintensywnieniu przewietrzania wyrobiska.

W dniu 26.08.2003 r. o godz 11^{50} Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego, uwzględniając brak zagrożenia i stabilizację występującej zawartości metanu na całej długości wyrobisk przewietrzanych wentylacją odrębną wraz z wyrobiskiem odprowadzającym zużyte powietrze z lunety rurowej, zakończył prowadzenie akcji ratowniczej.

Dzięki sprawnie przeprowadzonej akcji ratowniczej, a w szczególności bezpiecznemu wycofaniu załogi zatrudnionej w drążonej lunecie rurowej na poziomie 1000 m oraz na drodze odprowadzenia powietrza, bezpośrednio po wyrzucie metanu i skał, uniknięto ofiar i nie dopuszczono do wystąpienia katastrofy w kopalni.

4.2. Zagrożenie metanowe powstałe po wyrzucie metanu i skał

Rejon lunety rurowej na poziomie 1000 m zabezpieczony był metanometrią automatyczną o pomiarze ciągłym pracującą w systemie SMP, której czujniki MM zlokalizowane były w następujący sposób (Rys. 10):

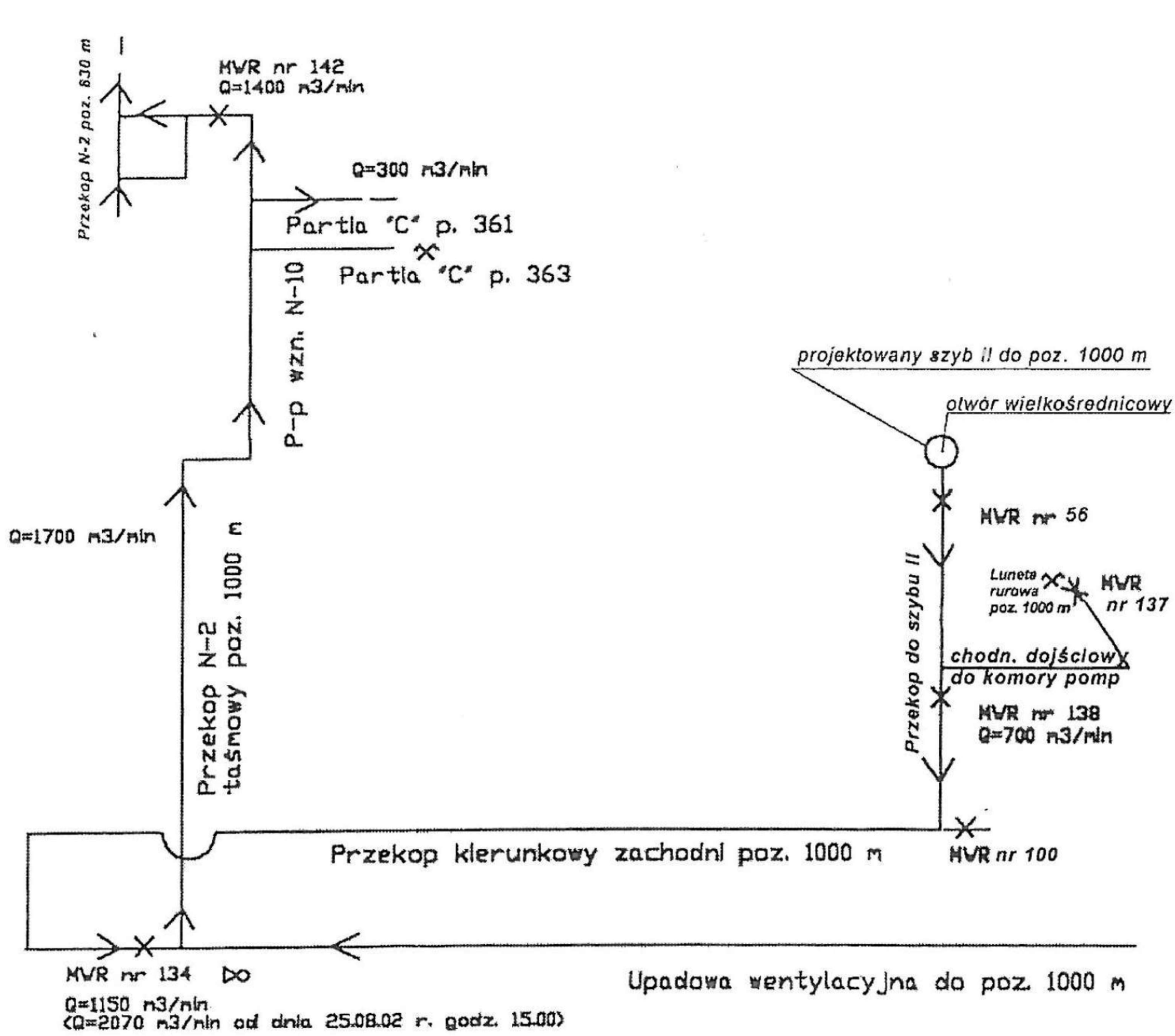
- MM 137 zabudowany w przodku lunety rurowej poziom 1000 m,
- MM 56 zabudowany w przekopie dojściowym do szybu II poziom 1000 m, 15 m od otworu wielkośrednicowego,
- MM 138 zabudowany w przekopie do szybu II poziom 1000 m, 10 m przed transformatorem,
- MM 100 zabudowany w przekopie kierunkowym wschodnim poziom 1000 m na skrzyżowaniu z przekopem do szybu II,
- MM 134 zabudowany w upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000 m, 15 m poniżej przekopu N-2 taśmowego poziom 1000 m,
- MM 142 zabudowany w przecince z przekopu N-2 na poziomie 830 m do przekopu wznoszącego N-10.

Wszystkie te metanomierze posiadają próg wyłączenia 1,5%. Metanomierz MM 137 był podczas akcji metanomierzem rejestrującym, a pozostałe były metanomierzami rejestrująco-wyłączającymi.

Wyrzut metanu i skał, jaki miał miejsce w dniu 23.08.2002 r. w drążonej lunecie rurowej poziom 1000 m, spowodował wyrzucenie do przedmiotowego wyrobiska znacznych objętości mas powyrzutowych (rozkruszonego węgla oraz otaczających pokład skał), jednak zasięg tego wyrzutu był ograniczony do 73 m, czyli długości wydrążonego wyrobiska.

Analizę zagrożenia metanowego po zaistniałym wyrzucie przeprowadzono w oparciu o pomiary koncentracji metanu rejestrowane na wybranych czujnikach MM o numerach: 137, 134 oraz 142. Odległość od czujnika MM 137 zabudowanego w czole przodka lunety rurowej na poziomie 1000 m do czujnika MM 142 zabudowanego w przecince z przekopu wznoszącego N-2 na poziomie 830 m wynosiła około 2 900 m.

Stężenia metanu na czujniku MM 137, zabudowanym w pobliżu czoła przodka lunety rurowej, od momentu zaistnienia wyrzutu metanu i skał do dnia 28.08.2002 r. przedstawia



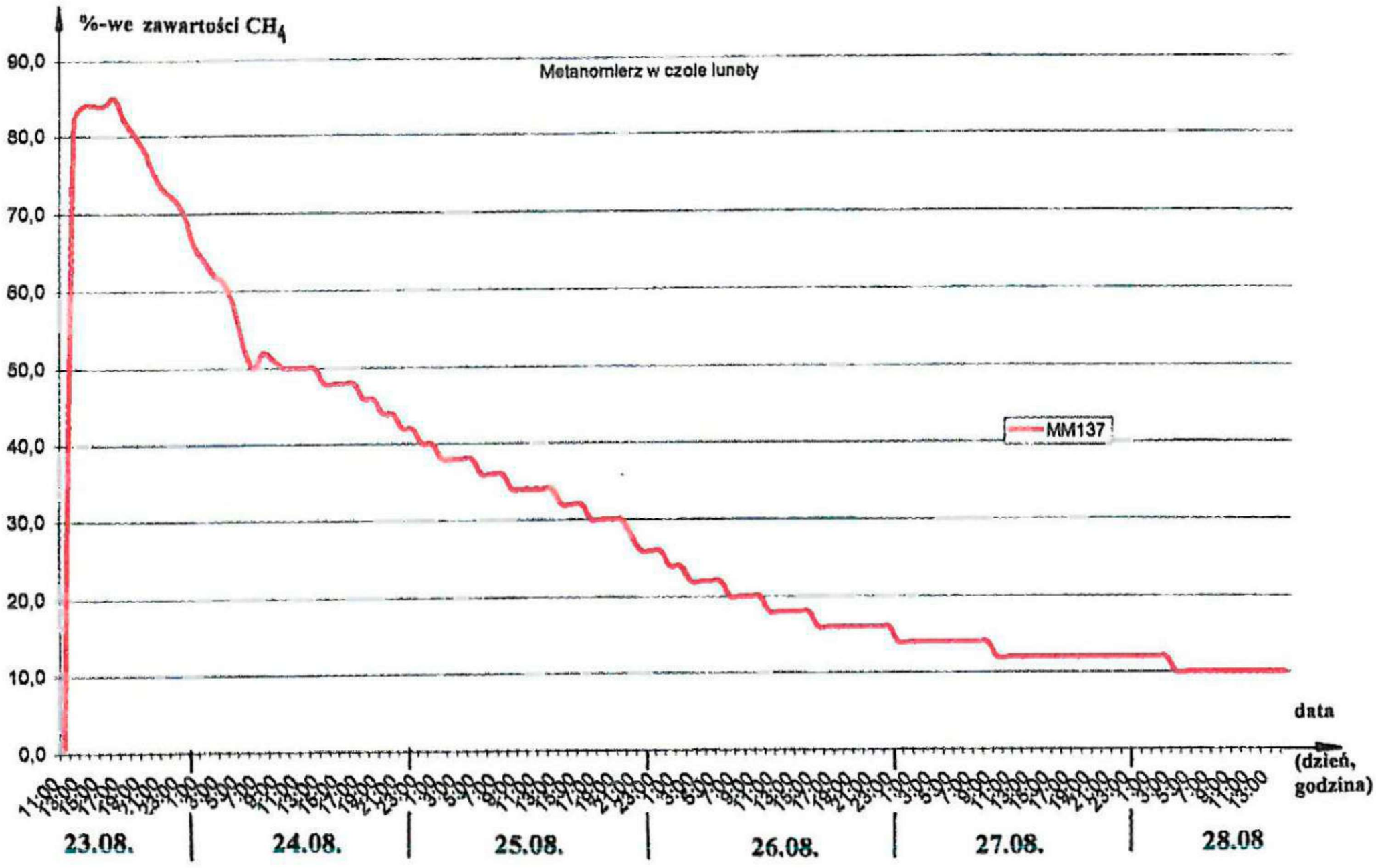
Rys. 10. Szkic usytuowania czujników metanometrii automatycznej w rejonie wyrzutu

rys. 11. Wyraźnie widoczne jest utrzymywanie się wysokiego, powyżej 50% stężenia metanu w okresie pierwszej doby po wyrzucie metanu i skał, po czym następuje powolny spadek do 10% CH_4 w dniu 28.08.2002 r. W czasie wyrzutu metanomierz ten został objęty masami powyrzutowymi. Wskazania metanomierza, o których mowa powyżej, obniżały się sukcesywnie potwierdzając zanikającą desorpcję metanu z masy węglowej powyrzutowej w lunecie rurowej.

Stężenie metanu w upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000 metrów rejestrowane przez metanomierz MM 134 w pierwszych godzinach po wyrzucie metanu i skał przedstawiono na rys. 12.

Koncentracja metanu powyżej 30%, na tym czujniku, utrzymywała się do godz. 12^{23} tj. około 11 min., a metanowość bezwzględna w tym okresie w upadowej wentylacyjnej była wyższa od 340 m^3/min. Ekstremalna wartość metanowości bezwzględnej w powietrzu płynącym w upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000 metrów wynosiła 620 m^3 CH_4/min przez 20 sekund. Przy 30% zawartości metanu w powietrzu wentylacyjnym ubytek procentowej zawartości tlenu wynosi 6,25%, tzn., że zawartość tlenu kształtowała się na poziomie ok. 14%.

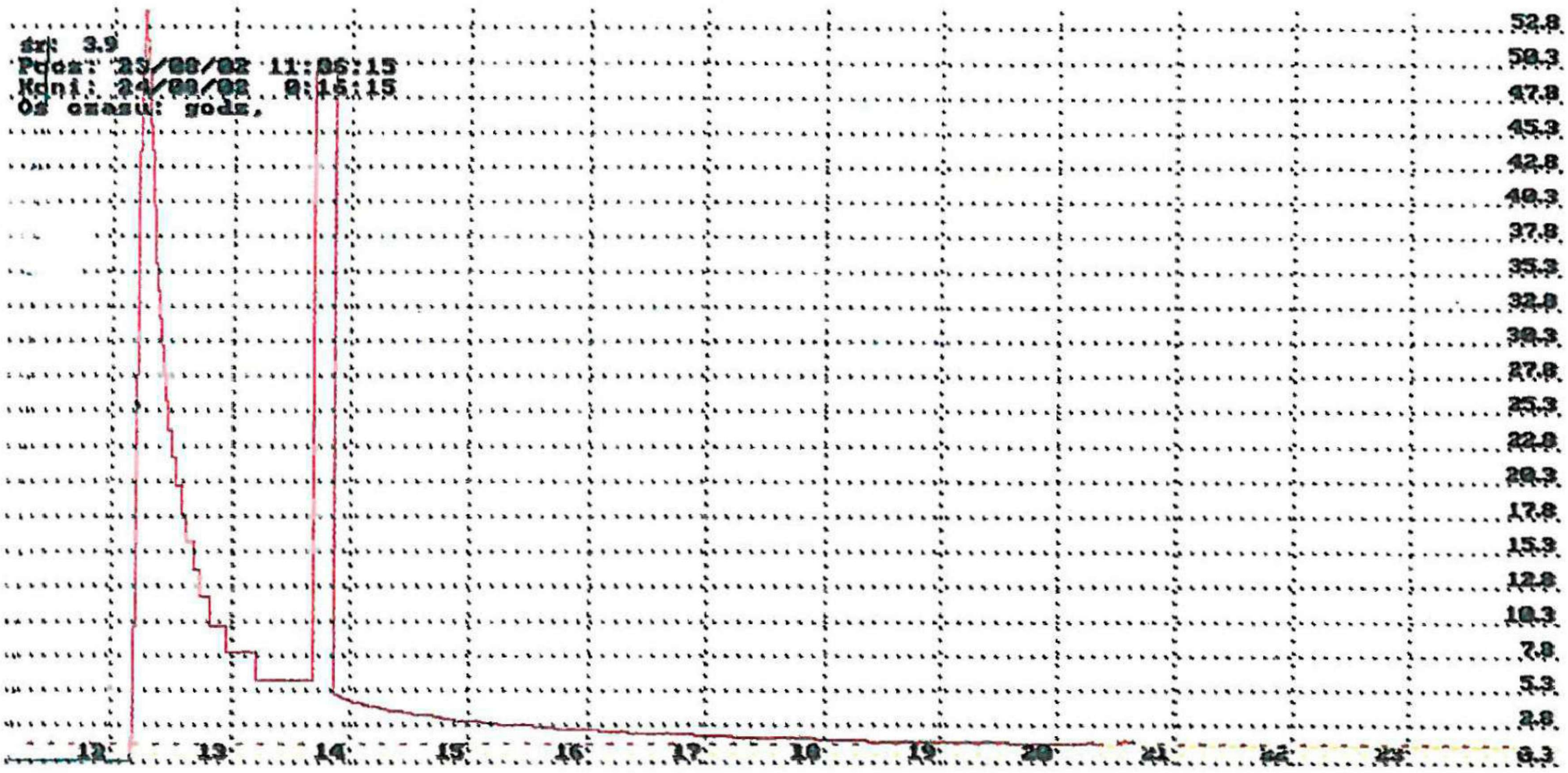
W pozostałych wyrobiskach na poziomie 1000 m oraz na drodze odprowadzenia powietrza zawartość tlenu w powietrzu kopalnianym kształtowała się na poziomie 16-17%, natomiast w kolejnych wyrobiskach na drodze odprowadzenia powietrza z poziomu 1000 metrów koncentracja metanu w powietrzu chwilowo kształtowała się od zawartości ponadwybuchowych do wybuchowych oraz w przedziale 5-2%.



Rys. 11. Stężenia metanu na czujniku MM 137, zabudowanym w pobliżu czoła przodka lunety rurowej, od momentu zaistnienia wyrzutu metanu i skał do dnia 28.08.2002 r.

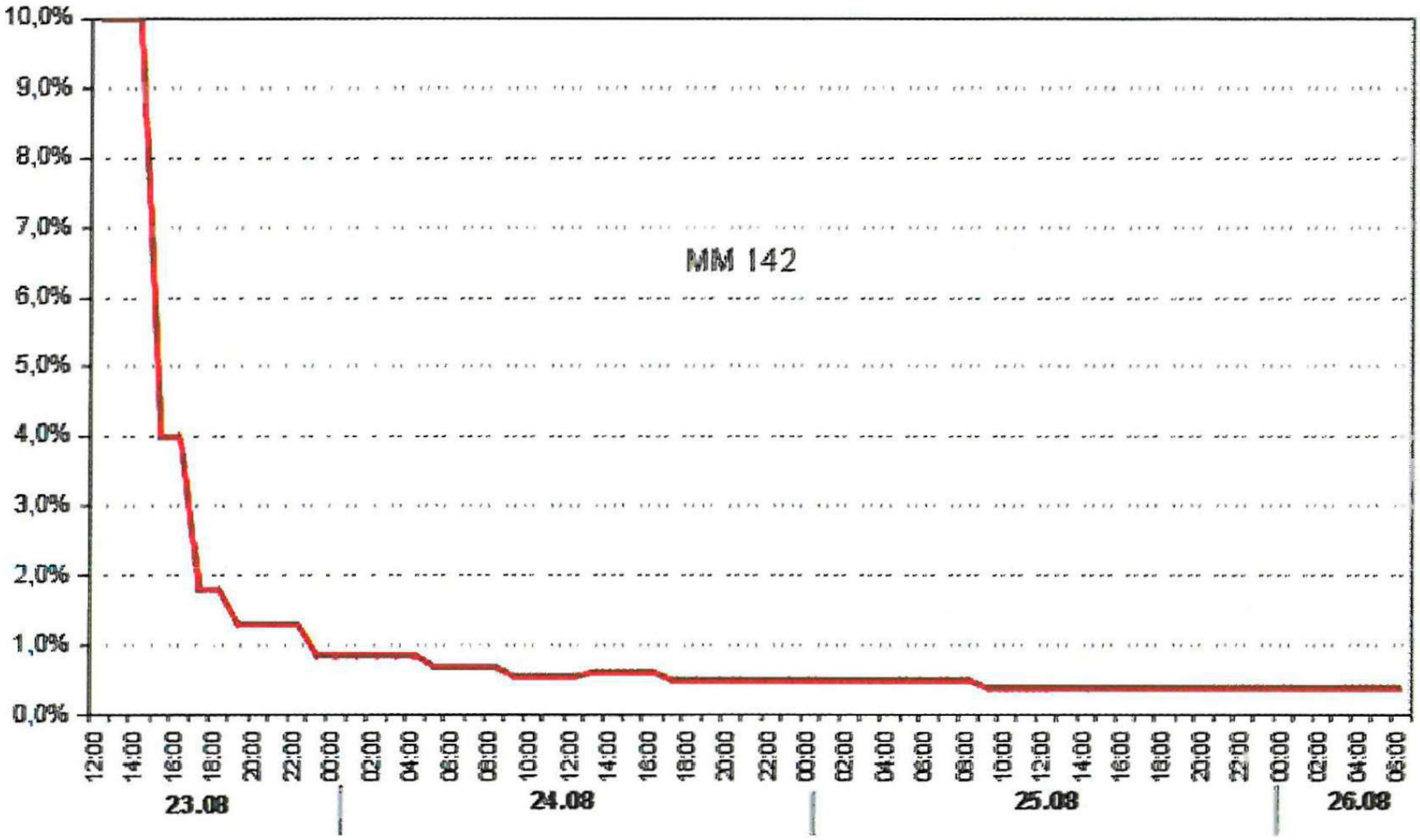
Za okres: 23.08.2002 11:06:15 ... 24.08.2002 0:16:15

Czujnik :MM134
Rejon : 1 .
Miejsce zabudowy :Upadowa wentyl.do poz.1000
Próg alarmowy : 1.5 %CH4
Próg ostrzegawczy : 0.8 %CH4



Rys. 12. Wskazania czujnika MM 134 w pierwszych godzinach po wyrzucie

Średnia zawartość metanu w okresie pierwszej doby po wyrzucie, zmierzona metanomierzem MM 142, zabudowanym w przecince z przekopu N-2 na poziomie 830 m przedstawiona została na rys. 13.



Rys. 13. Średnia zawartość metanu na czujniku MM 142 w dniach 23÷26.08.2002 r.

Warto zaznaczyć, że na metanomierzu tym, oddalonym aż o 2900 metrów od miejsca wyrzutu, stężenie CH_4 powyżej dopuszczalnej wartości 1.5% utrzymywało się przez okres około 5,5 godziny.

Objętość metanu, jaka wydzieliła się do wyrobisk w trakcie i po wyrzucie metanu i skał w lunecie rurowej, na podstawie rejestracji metanomierza MM 134 wyniosła [9]:

- od godz. 12^{03} w dniu 23.08.2002 r. do godz. 12^{00} w dniu 24.08.2002 r. – 35815 m^3CH_4/dobę,
- od godz. 12^{00} w dniu 24.08.2002 r. do godz. 12^{00} w dniu 25.08.2002 r. – 8556 m^3CH_4/dobę,
- od godz. 12^{00} w dniu 25.08.2002 r. do godz. 6^{00} w dniu 26.08.2002 r. – 7077 m^3CH_4/dobę.

Łącznie w okresie 66 godzin po wyrzucie metanu i skał wydzieliło się **51 448 m^3CH_4.**

Średnia metanowość bezwzględna w okresie 1 doby wyniosła 24,87 m^3/min.

Należy podkreślić, że wyrzut metanu i skał, jaki miał miejsce w drążonej lunecie rurowej na poziomie 1000 m w dniu 23.08.2002 r. stworzył nie tylko zagrożenie wybuchowe, związane z obecnością metanu oraz niebezpiecznym pyłem węglowym lecz również zagrożenie z tytułu powstania atmosfery okresowo niezdatnej do oddychania.

Wyrzut ten, sprowokowany robotami strzałowymi, był największym z dotychczas zaistniałych wyrzutów metanu i skał w kopalniach górnośląskich.

4.3. Przyczyny wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej poziom 1000 m

Przeprowadzona dokładna analiza okoliczności wyrzutu metanu i skał przez Komisję ds. Zagrożeń Atmosfery Kopalnianej i Klimatyzacji w Podziemnych Zakładach Górniczych (Protokół nr 5/2002 oraz Uchwała nr 7/2002 z dnia 23.09.2002 r.) wykazała, że przyczyny zaistniałego w lunecie rurowej poziom 1000 m KWK „Pniówek" zdarzenia były następujące [19]:

- niezidentyfikowane zaburzenia geologiczne przed czołem przodka (potwierdzone po wybraniu mas powyrzutowych – uskok o zrzucie h ~ 0,70 m) wraz ze strefą spiętrzenia gazowego, której energia potencjalna wzrosła, powodując wyrzut metanu i skał,
- zmniejszona przepuszczalność gazowa w związku z prowadzeniem robót górniczych na głębokości około 1000 m w nieodprężonym filarze ochronnym szybów głównych,
- silnie metanowy charakter złoża w otoczeniu szybów, o czym świadczy wysoka metanowość bezwzględna szybów wdechowych głównych, wynosząca aktualnie 8 m^3CH_4/min.

Wymienione czynniki, które mogły wpłynąć na powstanie zagrożenia wyrzutowego, nie pozwoliły na wcześniejsze zidentyfikowanie tego zagrożenia, stanowią potwierdzenie, że wraz z głębokością prowadzenia robót górniczych występuje wzrost zagrożenia metanowego oraz wyrzutami metanu i skał.

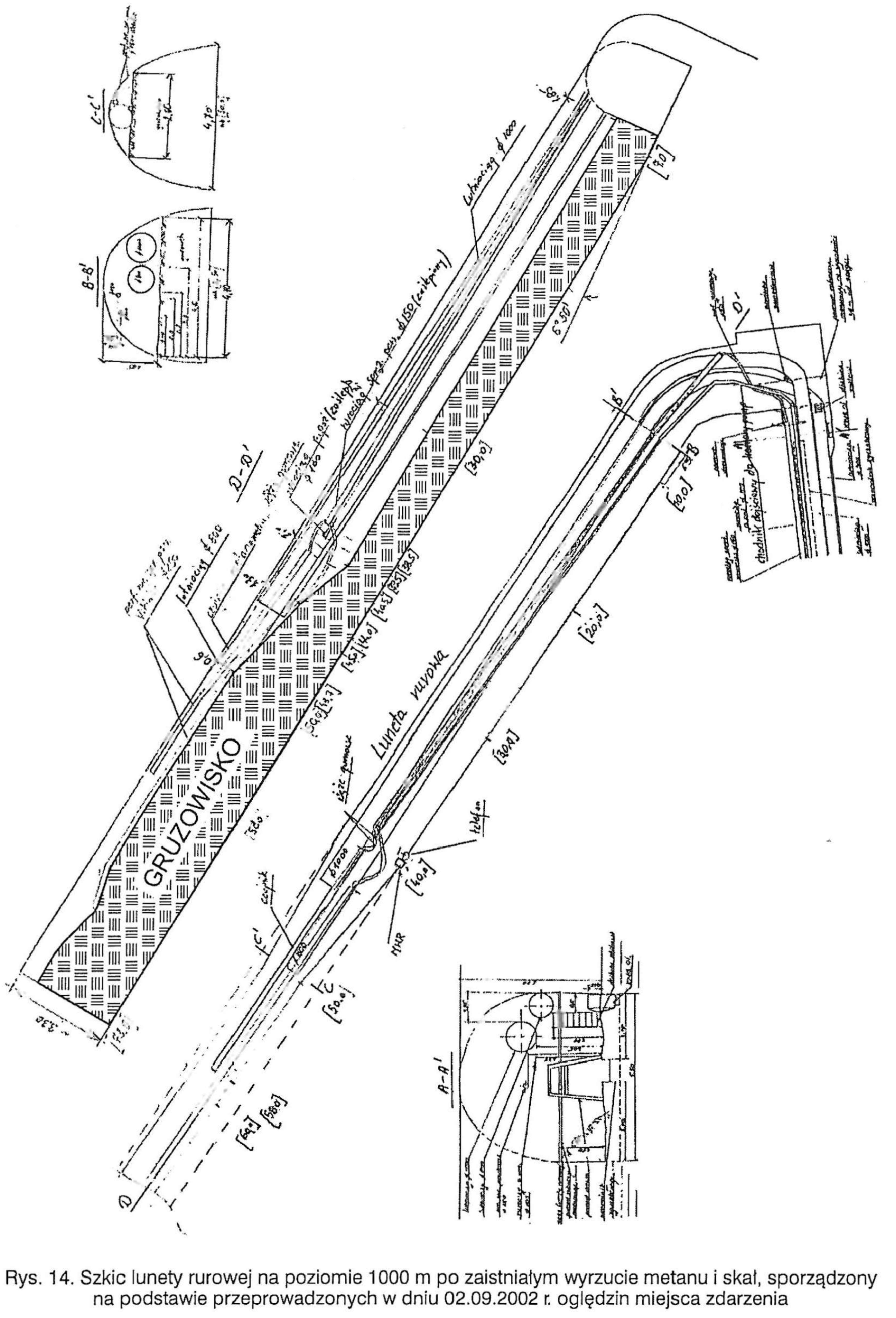
4.4. Skutki wyrzutu metanu i skał oraz sposób ich usuwania

Wyrzut metanu i skał, jaki miał miejsce w dniu 23.08.2002 r. w drążonej lunecie rurowej poziom 1000 m, spowodował wyrzucenie do przedmiotowego wyrobiska znacznych objętości mas powyrzutowych (rozkruszonego węgla oraz otaczających pokład skał), jednak zasięg tego wyrzutu był ograniczony do 73 m, czyli długości wydrążonego wyrobiska. Szkic lunety rurowej poziom 1000 m po zaistniałym wyrzucie metanu i skał, sporządzony na podstawie przeprowadzonych w dniu 02.09.2002 r. oględzin miejsca zdarzenia, przedstawiono na rys. 14. Masy powyrzutowe znajdujące się w lunecie rurowej oszacowano na 250 m^3 rozdrobnionego węgla i innych skał.

W następstwie wyrzutu zaistniało bardzo poważne zagrożenie metanowe, powstałe w związku z wydzieleniem się znacznych objętości metanu. Bilans objętości metanu wydzielonego do wyrobisk w trakcie i po wyrzucie metanu i skał w lunecie rurowej na poziomie 1000 metrów KWK „Pniówek" za okres od godz. 12^{oo} w dniu 23.08.2002 r. do godz. 6^{oo} w dniu 26.08.2002 r., sporządzony na podstawie rejestracji metanomierza MM 134, potwierdził skalę zagrożenia występującego po zdarzeniu. Metan w krótkim czasie wypełnił wyrobiska na drodze odprowadzenia powietrza z rejonu zaistniałego wyrzutu do szybu wentylacyjnego, co skutkowało, oprócz zagrożenia atmosferą niezdatną do oddychania, powstaniem również zagrożenia wybuchowego. Ekstremalne wielkości wydzielonego metanu bezpośrednio po wyrzucie przez okres 13 minut mieściły się w przedziale od 620 m^3/min do 340 m^3/min.

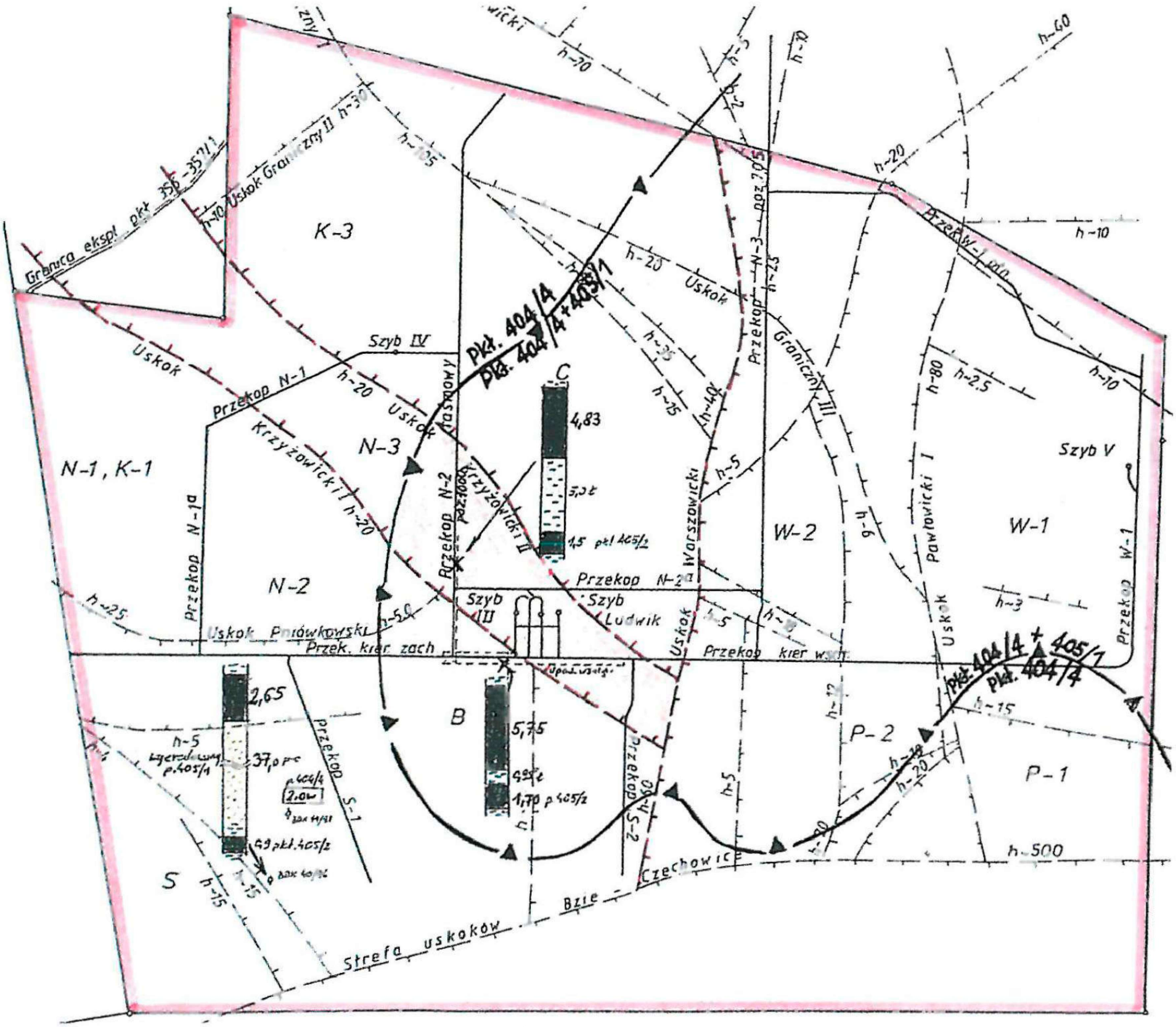
Łącznie, jak wspomniano wcześniej, w okresie 66 godzin po wyrzucie metanu i skał wydzieliło się do wyrobisk górniczych 51 448 m^3CH_4.

W związku z zaistniałym wyrzutem metanu i skał w drążonej lunecie rurowej na poziomie 1000 m zaliczono część pokładu 404/4+405/1 do kategorii zagrożonych wyrzutami metanu i skał. Granica zaliczenia przedmiotowej części pokładu 404/4+405/1 została oparta o granice naturalne występujące w pokładzie, tj. 3 uskoki przerywające ciągłość pokładu



Rys. 14. Szkic lunety rurowej na poziomie 1000 m po zaistniałym wyrzucie metanu i skał, sporządzony na podstawie przeprowadzonych w dniu 02.09.2002 r. oględzin miejsca zdarzenia

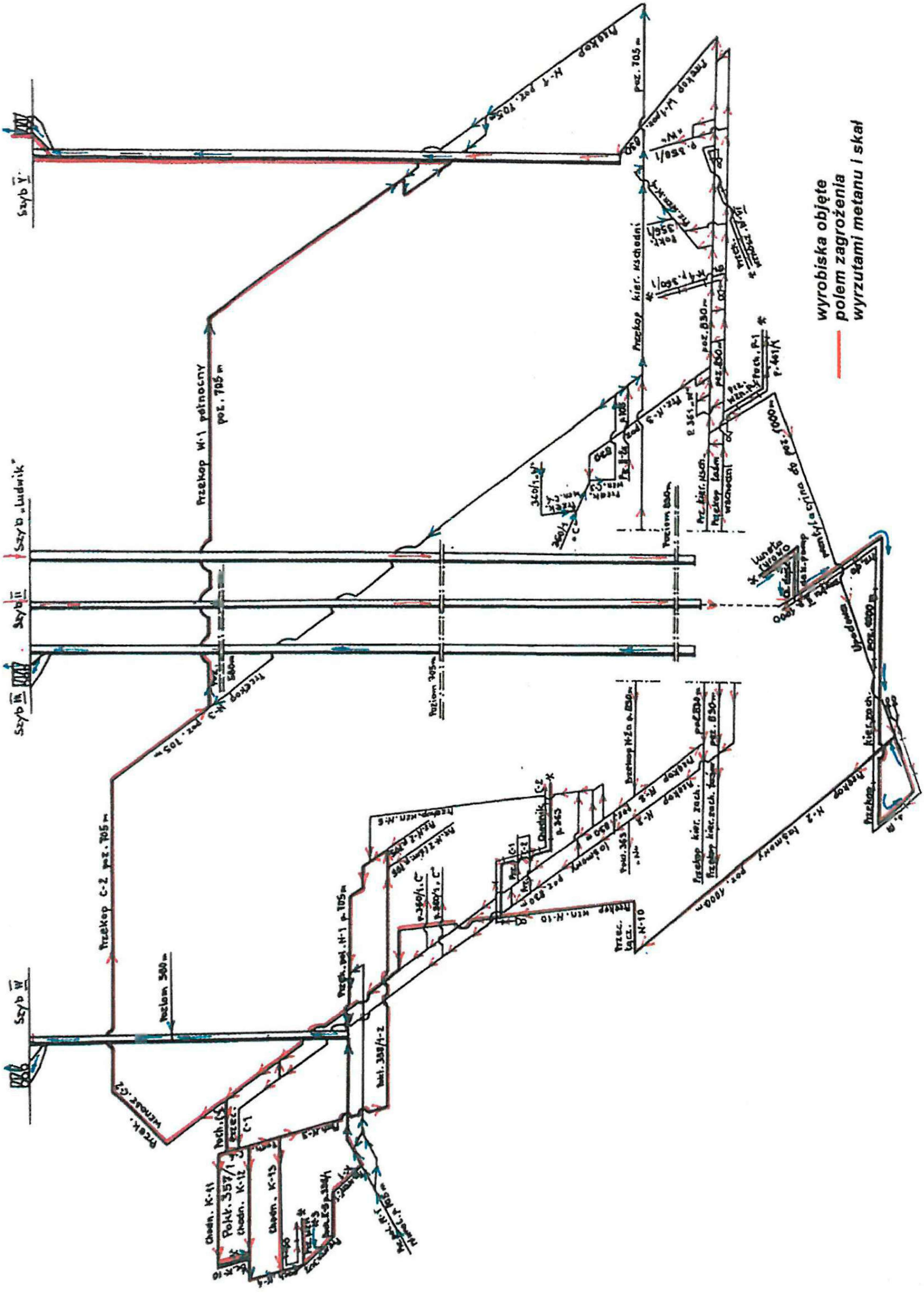
oraz linię granicy rozwarstwienia tego pokładu na pokład 404/4 i pokład 405/1. Granice zaliczenia przedstawiono na rys. 15.



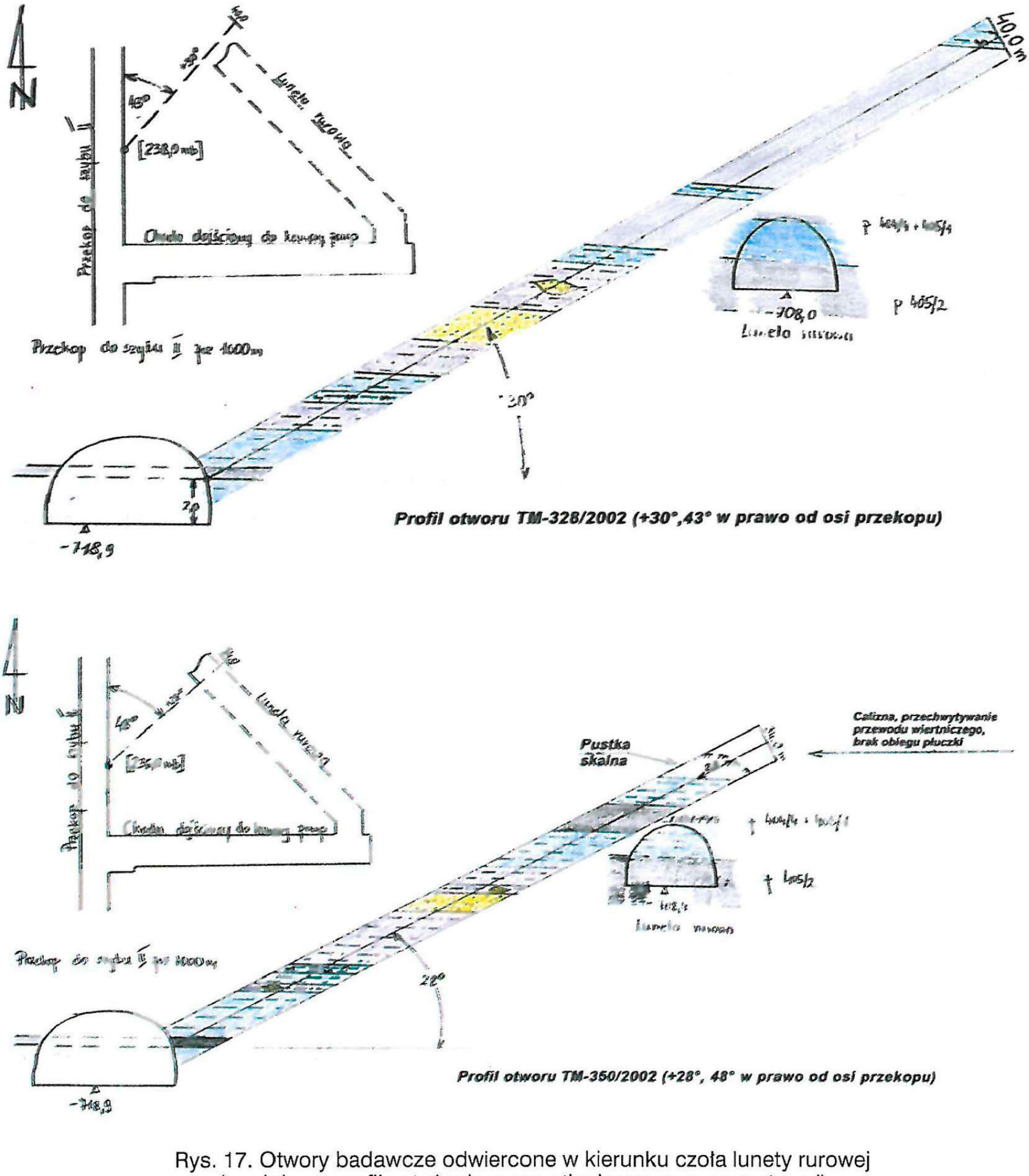
Rys. 15. Granice zaliczenia części pokładu 404/4+405/1 do kategorii zagrożonych wyrzutami metanu skał

Wyznaczone granice pól zagrożonych wyrzutami metanu i skał dotyczą wyrobisk na drodze odprowadzenia powietrza, w których skutki wyrzutu lub wypływu metanu mogą spowodować zaburzenie przewietrzania. Oznaczono je kolorem czerwonym na schemacie przestrzennym KWK „Pniówek" i przedstawiono na rys. 16.

Po zabezpieczeniu mas węglowych powyrzutowych w lunecie rurowej przed możliwością samozagrzania i powstania zagrożenia wybuchem pyłu węglowego przystąpiono do ich wybierania. Jednocześnie z przekopu do szybu II na poziomie 1000 m odwiercono w kierunku czoła lunety rurowej 4 otwory badawcze (Rys. 17 i 18) mające na celu określenie zasięgu występowania kawerny powyrzutowej oraz odmetanowanie sąsiedztwa przodka. Spośród 4-ch otworów tylko jednym nawiercono niewielką kawernę wypełnioną rozluzowanym materiałem. Na czas wybierania mas powyrzutowych otwory podłączono pod depresję stacji odmetanowania.



Rys. 16. Schemat przestrzenny granic pola zagrożonego wyrzutem metanu i skał



Profil otworu TM-328/2002 (+30°,43° w prawo od osi przekopu)

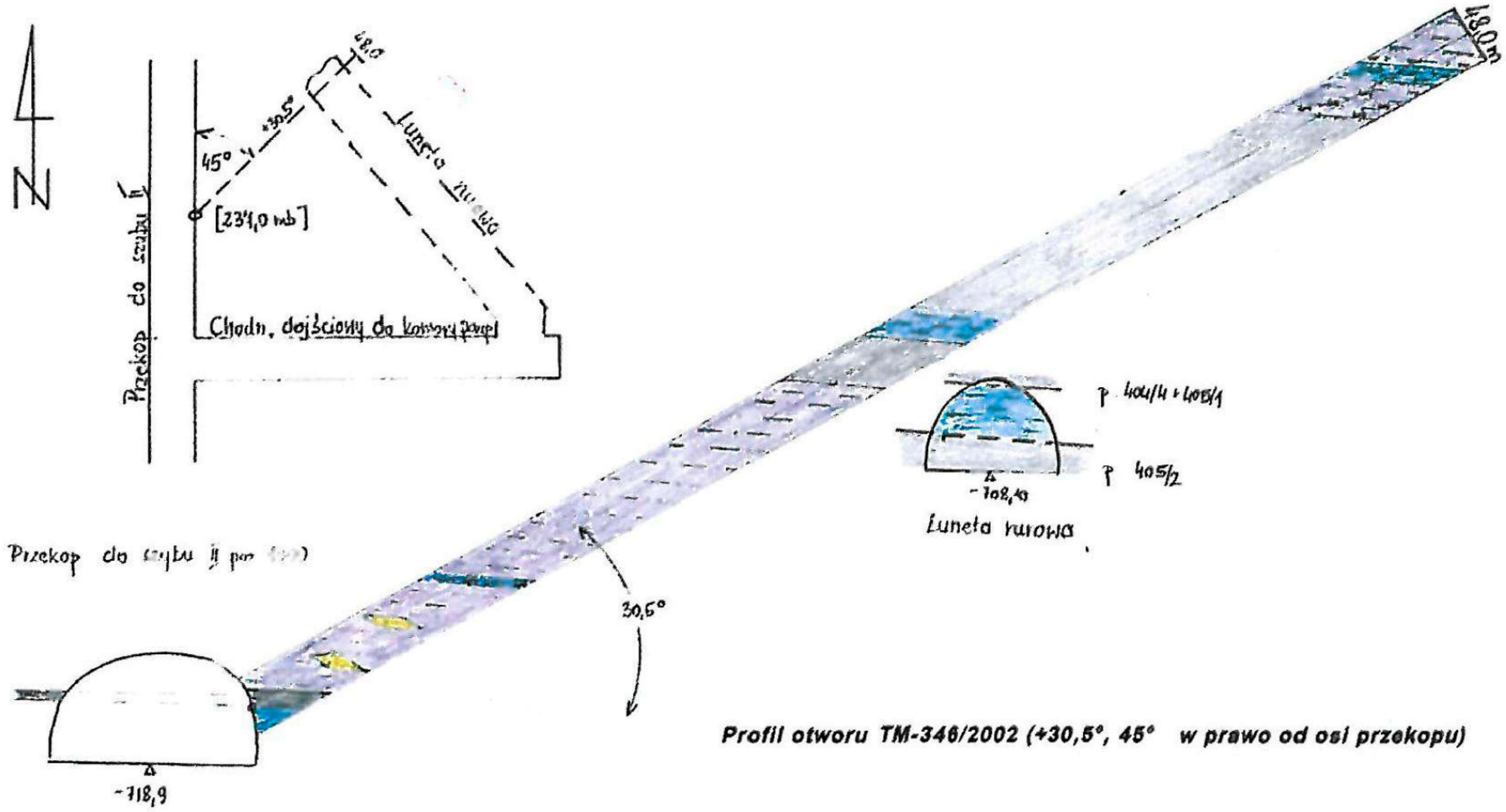
Profil otworu TM-350/2002 (+28°, 48° w prawo od osi przekopu)

Rys. 17. Otwory badawcze odwiercone w kierunku czoła lunety rurowej (na dolnym profilu stwierdzona pustka kawerny powyrzutowej)

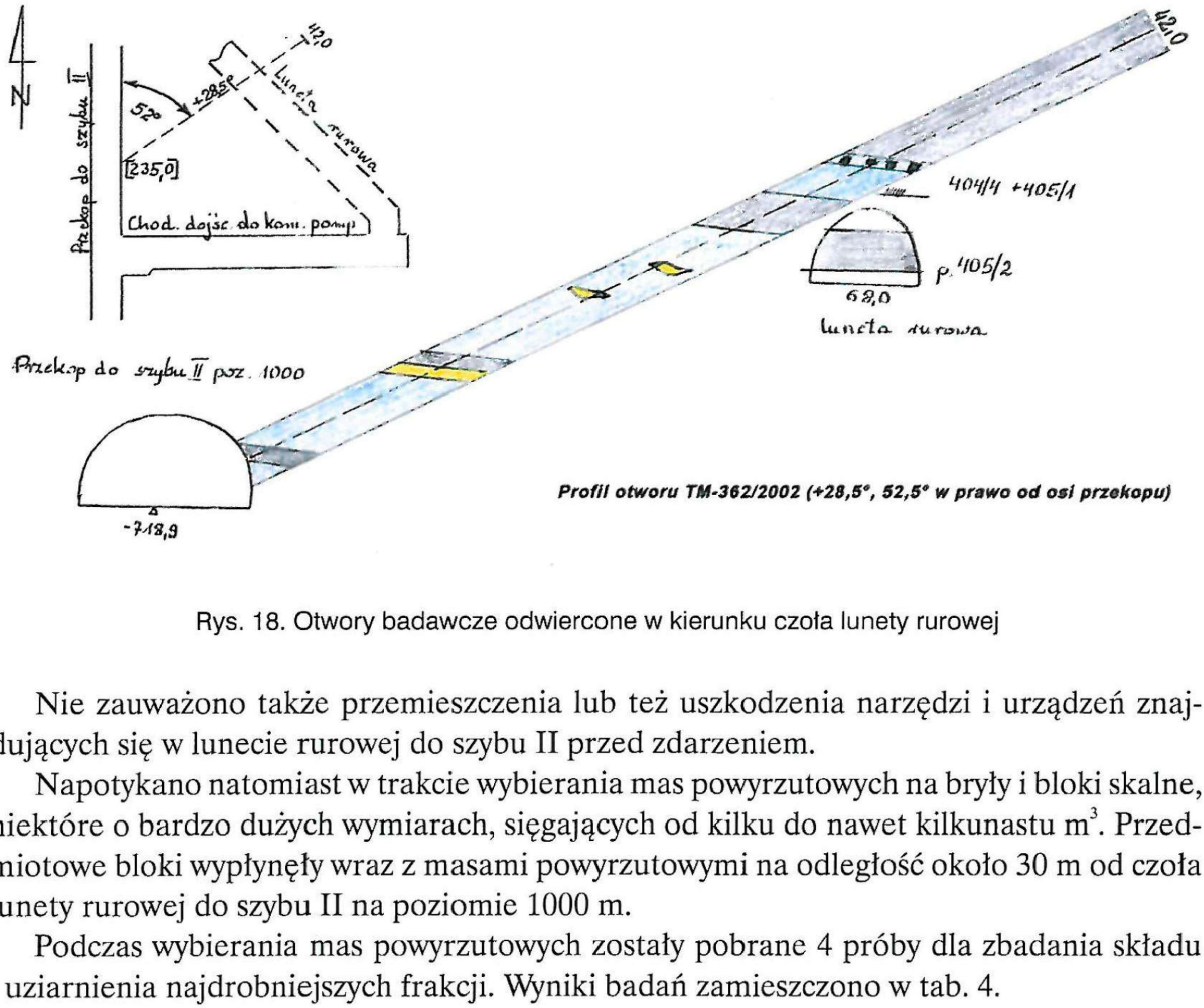
Wybieranie mas powyrzutowych rozpoczęto w dniu 27.09.2002 r. i zakończono w dniu 08.11.2002 r. Roboty powyższe prowadzone były w oparciu o zatwierdzoną przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego technologię i pod stałym nadzorem osoby dozoru.

Przez cały okres wybierania mas powyrzutowych prowadzono kontrolę stanu obudowy lunety rurowej do szybu II oraz sprawdzano położenie narzędzi i urządzeń, które znajdowały się w tym wyrobisku przed zaistnieniem wyrzutu metanu i skał.

Nie stwierdzono, podczas wybierania mas powyrzutowych, na całej długości uszkodzeń obudowy przedmiotowego wyrobiska, mogących powstać w trakcie wyrzutu metanu i skał.



Profil otworu TM-346/2002 (+30,5°, 45° w prawo od osi przekopu)



Profil otworu TM-362/2002 (+28,5°, 52,5° w prawo od osi przekopu)

Rys. 18. Otwory badawcze odwiercone w kierunku czoła lunety rurowej

Nie zauważono także przemieszczenia lub też uszkodzenia narzędzi i urządzeń znajdujących się w lunecie rurowej do szybu II przed zdarzeniem.

Napotykano natomiast w trakcie wybierania mas powyrzutowych na bryły i bloki skalne, niektóre o bardzo dużych wymiarach, sięgających od kilku do nawet kilkunastu m^3. Przedmiotowe bloki wypłynęły wraz z masami powyrzutowymi na odległość około 30 m od czoła lunety rurowej do szybu II na poziomie 1000 m.

Podczas wybierania mas powyrzutowych zostały pobrane 4 próby dla zbadania składu i uziarnienia najdrobniejszych frakcji. Wyniki badań zamieszczono w tab. 4.

Tabela 4. Wyniki badania składu i uziarnienia prób pobranych z mas powyrzutowych

Miejsce pobrania próby	Przeważająca frakcja w próbie	Zawartość pyłu kamiennego i pyłu węglowego w próbie
Od wlotu do 15 m	poniżej 0,05 mm	50 ÷ 65% pyłu kamiennego i 30 ÷ 45% pyłu węglowego
15 ÷ 30 m	0,05 ÷ 0,75 mm	40 ÷ 50% pyłu węglowego
30 ÷ 54 m	0,75 ÷ 0,120 mm	ok. 75% pyłu węlowego
54 ÷ 65 m	0,120 ÷ 1,00 mm	Powyżej 75% pyłu węglowego
Powyżej 65 m	1,00 ÷ 50,00 mm	
Lokalnie bryły skalne o wymiarach kilku do kilkunastu m^3		

Po wybraniu mas powyrzutowych i dotarciu w pobliże czoła przodka (4-5 m) okazało się, że w wyniku wyrzutu metanu i skał przed czołem przodka powstała kawerna powyrzutowa, której objętość oszacowano na około 250÷300 m^3.

W związku z powyższym zatrzymano dalsze wybieranie mas powyrzutowych, a po udokumentowaniu kształtu kawerny, przystąpiono do jej wypełniania. Na zdjęciach i rysunku (Rys. 19, 20, 21, 22 i 23) przedstawiono kształt i zasięg powyższej kawerny.

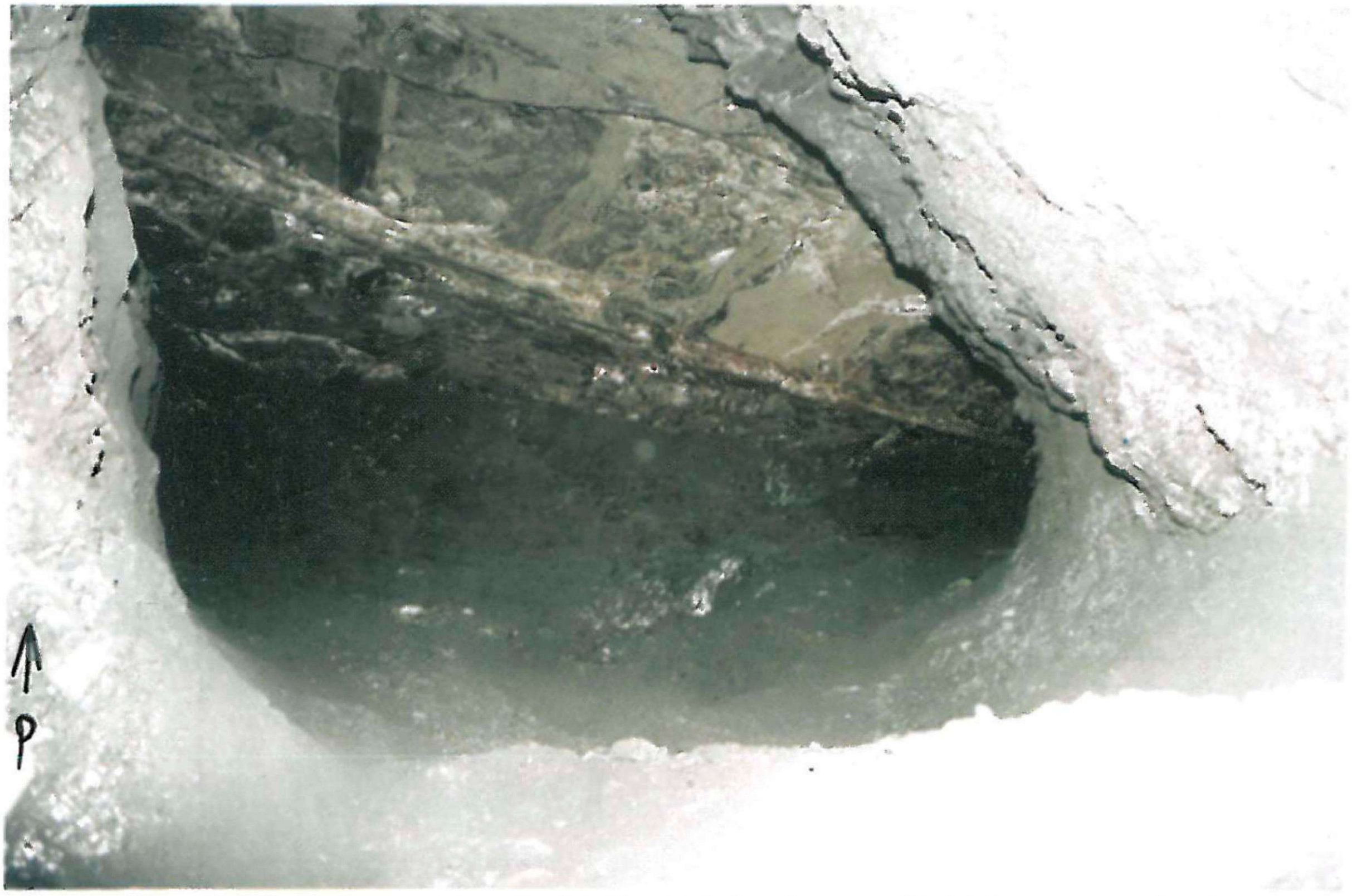
Kawerna powyrzutowa została wypełniona spoiwem mineralnym UTEX-15 oraz EKOBET. Wypełnianie prowadzono poprzez zatłaczanie mieszaniny spoiwa z wodą przy pomocy pomp przez otwory wykonane wcześniej z przekopu do szybu II poziom 1000 m oraz z sąsiedztwa czoła lunety rurowej. Ogółem zatłoczono 234 tony materiału wypełniającego, w tym 221,5 tony spoiwa mineralnego UTEX-15 oraz 12,5 tony spoiwa EKOBET.

Po zakończeniu wypełnienia kawerny powyrzutowej wykonano ponownie szereg otworów badawczych dla określenia stopnia wypełnienia tej pustki w górotworze. Otwory powyższe pomocne były również do określenia zalegania pokładów 404/4+405/1 i 405/2 w sąsiedztwie zaburzenia tektonicznego, stwierdzonego w czole kawerny powyrzutowej oraz podjęcia decyzji w zakresie opracowania projektu dalszego drążenia lunety rurowej.

Koszty, które zostały poniesione w następstwie wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej (akcja ratownicza, prace związane z wybieraniem mas powyrzutowych oraz wypełnianiem kawerny powyrzutowej) wyniosły ponad milion złotych, a ponadto wyrzut metanu i skał spowodował opóźnienie o około 6 miesięcy, w stosunku do harmonogramu, robót związanych z budową poziomu 1000 m.

Rys. 19. Zdjęcie gruzowiska na wlocie do kawerny powyrzutowej w czole lunety rurowej

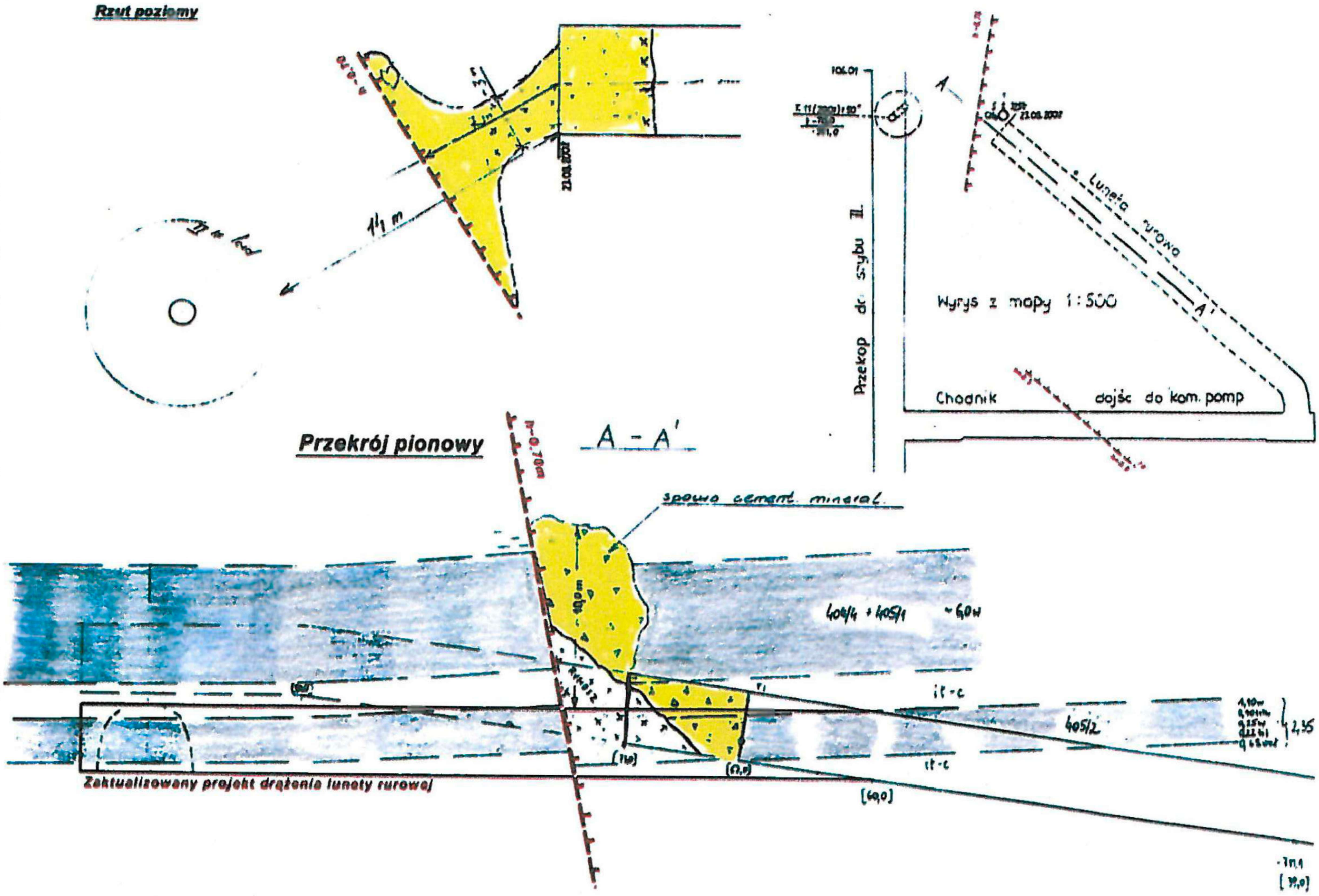
Rys. 20. Zdjęcie kawerny powyrzutowej w czole lunety rurowej (widok lewego ociosu)



Rys. 21. Zdjęcie kawerny powyrzutowej w czole lunety rurowej (widok prawego ociosu)

Rys. 22. Zdjęcie kawerny powyrzutowej j.w. – widok w głąb (nie obejmuje całości kawerny)

Rys. 23. Przekrój geologiczny przez lunetę rurową po wypełnieniu kawerny



5. PODSUMOWANIE

Zaistniały w dniu 23.08.2002 r. wyrzut metanu i skał w drążonej lunecie rurowej do szybu II na poziomie 1000 m w KWK „Pniówek", sprowokowany został robotami strzałowymi i był największym z dotychczas udokumentowanych wyrzutów w kopalniach górnośląskich. Do lunety rurowej wyrzucone zostało około 250 m^3 silnie rozdrobnionych mas powyrzutowych, ponadto w okresie 66 godzin po wyrzucie wydzieliło się około 51 500 m^3 metanu. Zasięg wyrzutu objął wyrobisko na całej długości 73 metrów.

Na uwagę zasługuje skala zagrożenia jaka wystąpiła po wyrzucie metanu i skał. Obejmowała ona nie tylko zagrożenie wybuchowe, związane z obecnością metanu i wzniesionego niebezpiecznego pyłu węglowego lecz również zagrożenie powstania atmosfery niezdatnej do oddychania w warunkach wysokich koncentracji metanu, płynących w powietrzu od miejsca wyrzutu metanu i skał. Ekstremalne wielkości wydzielonego metanu bezpośrednio po wyrzucie, przez okres 13 minut mieściły się w przedziale od 620 m^3/min do 340 m^3/min.

Bardzo istotne znaczenie w obliczu tak poważnego zagrożenia odegrała metanometria automatyczna o pomiarze ciągłym, pracująca w systemie SMP. System ten spowodował wyłączenie urządzeń elektrycznych w wyrobiskach przed pojawieniem się wybuchowych stężeń metanu w przepływającym powietrzu. Umożliwił on również dokładne monitorowanie stanu zagrożenia w trakcie akcji ratowniczej.

Warto podkreślić, że dzięki sprawnie prowadzonej akcji ratowniczej, a w szczególności bezpiecznemu wycofaniu załogi zatrudnionej w drążonej lunecie rurowej oraz na drodze odprowadzenia powietrza, bezpośrednio po wyrzucie metanu i skał, uniknięto ofiar i nie dopuszczono do wystąpienia katastrofy w kopalni.

Jako przyczyny wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej określono:

- **niezidentyfikowane zaburzenia geologiczne przed czołem przodka (potwierdzone po wybraniu mas powyrzutowych – uskok wyrzucający o zrzucie h ~ 0,70 m) wraz ze strefą spiętrzenia gazowego, której energia potencjalna wzrosła, powodując wyrzut metanu i skał,**
- **zmniejszona przepuszczalność gazowa w związku z prowadzeniem robót górniczych na głębokości około 1000 m w nieodprężonym filarze ochronnym szybów głównych,**
- **silnie metanowy charakter złoża w otoczeniu szybów, o czym świadczy wysoka metanowość bezwzględna szybów wdechowych głównych, wynosząca aktualnie 8 m^3CH_4/min.**

Doświadczenia wynikające z analizy wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej stanowią potwierdzenie, że wraz ze wzrostem głębokości prowadzenia robót górniczych w nieodprężonych, silnie metanowych częściach pokładów węgla – szczególnie w sąsiedztwie zaburzeń geologicznych, występuje wzrost zagrożenia metanowego oraz wyrzutami metanu i skał.

Ze względu na fizyczne własności wegli koksowych zagrożenie wyrzutami metanu i skał dotyczy głównie kopalń Rybnickiego Okręgu Węglowego.

LITERATURA

[1] Babicz W., Zieleźnik J., 1985: Prowadzenie robót górniczych w częściach pokładów zagrożonych wypływami metanu z odrzutem węgla i skał – uzyskane doświadczenia. Wiadomości Górnicze, 10.

[2] Berger J., Nowak E. 2001: Methane Capturing from Mines under closure processes in the Rybnik Coal District. Conference Proceedings 29th International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Szczyrk.

[3] Bodziony J. i in., 1997: Analiza i ocena stanu zagrożenia wyrzutami metanu i skał oraz stosowanych metod profilaktyki w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., Kraków, (niepublikowana).

[4] Borowy B, Michalik H, Nawrat S., Stobiński J., 1988: Kształtowanie się zagrożenia metanowego w kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego. Materiały konferencyjne. Referat na XII Międzynarodowe Kolokwium „Kierunki Zwalczania Zagrożenia Wyrzutami Metanu i Skał w Górnictwie Podziemnym". Nowa Ruda–Radków, 19-23 sierpień.

[5] Cybulski W., 1973: Wybuchy pyłu węglowego i ich zwalczanie. Wyd. Śląsk, Katowice.

[6] Kobiela Z., Krzystolik P., Zawierucha M., 1988: Strefy wysokiej metanonośności a zagrożenie wyrzutami metanu i skał w pokładach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Materiały konferencyjne. Referat na XII Międzynarodowe Kolokwium „Kierunki Zwalczania Zagrożenia Wyrzutami Metanu i Skał w Górnictwie Podziemnym". Nowa Ruda–Radków, 19-23 sierpień.

[7] Kozłowski B., 1980: Zagrożenie wyrzutami metanu i skał w górnictwie węglowym. PWN, Warszawa – Kraków.

[8] Kozłowski B., Grębski Z., 1982: Odmetanowanie górotworu w kopalniach. Wyd. Śląsk, Katowice.

[9] Krause E., Chrószcz A., 2002: Wyrzut metanu i skał w lunecie rurowej poz. 1000 metrów KWK „Pniówek". Materiały konferencyjne. XXVII Dni Techniki ROR'2002. XIX Seminarium. Zagrożenie wybuchem metanu i pyłu węglowego w kopalniach – teoria i praktyka.

[10] Majcherczyk T., 1990: Zagadnienie możliwości występowania zjawisk gazogeodynamicznych w świetle pomiarów przeprowadzonych w kopalniach. Zeszyty Naukowe AGH, ser. Górnictwo, zeszyt 157, Kraków.

[11] Lama R., Bodziony J., 1996: Outburst of gas, coal and rock in underground coal mines. Ed. Lama & Associates, Wollongong NSW, Australia.

[12] Pietuchow I. M., 1994: ECE Classification of dynamic phenomena in mines. UN-ECE Symp. on Rock Burst and Sudden Outburst of Gas and Coal in Mines, St. Petersburg, Russia 4-6 June.

[13] Roszkowski J., Szlązak N., Szlązak J. 1997: Odmetanowanie jako środek zwalczania zagrożeń oraz sposób pozyskiwania paliwa. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków

[14] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14.06.2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych. Dziennik Ustaw nr 94, poz. 841.

[15] Szlązak N., Tor A., Jakubów A., 2002: Analiza ujęcia i wykorzystania metanu w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Materiały konferencyjne. 2 Szkoła Aerologii Górniczej, Zakopane, 7-11 październik.

[16] Werne, 1913: Das Auftreten von Kohlensäure im niederschlesischen Steinkohlebezirk. Materiały z konferencji XII Ogólnoniemieckiego Dnia Górnika. Wrocław.

[17] Wierzbicki M., 2002: Wpływ warunków inicjacji na przebieg wyrzutu skalno-gazowego. Praca doktorska. IMG PAN, Kraków.

[18] Zarządzenie Nr 1 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 16.02.1984 r. w sprawie prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia wypływami metanu z odrzutem węgla i skał w kopalniach węgla kamiennego „Manifest Lipcowy" i „XXX-lecia PRL". Katowice.

[19] Zestawienie materiałów i dokumentacji dotyczących wyrzutu metanu i skał w lunecie rurowej do szybu II w KWK „Pniówek" zaistniałego w dniu 23.08.2002 r. KWK „Pniówek", Pawłowice, 2002 (Materiały niepublikowane).

[20] Znormalizowana „Klasyfikacja zjawisk dynamicznych w kopalniach wg Europejskiej Komisji Gospodarczej. Grupa Robocza EKG do spraw Węgla. ENERGIA/WP.4/8, paragraf 38. 18 – 20 październik 1995 r.