

## Problemy eksploatacji złoża zagrożonego tąpnięciami w warunkach współwystępowania zagrożenia gazowego w ZG „Polkowice-Sieroszowice”

Exploitation problems of rock bursts hazardous deposit in the conditions of coexisting gas hazard in “Polkowice-Sieroszowice” mine



*Mgr inż. Marcin Danis\**



*Dr inż. Sebastian Gola\**



*Mgr inż. Czesław Matusz\**

**Treść:** Do niedawna w kopalniach rud miedzi głównym zagrożeniem naturalnym, warunkującym prowadzenie robót górniczych, było występowanie wysokoenergetycznych wstrząsów sejsmicznych. Większość z pól, w których prowadzone jest obecnie wydobywanie, zaliczone jest do II i III stopnia zagrożenia tąpnięciami. Po udostępnieniu obszarów złoża na głębokości przekraczającej 1000 m, w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. ujawniło się nowe zagrożenie naturalne, jakim jest występowanie gazów szkodliwych, głównie siarkowodoru. Aktualnie, w kopalni „Polkowice-Sieroszowice”, eksploatacja złoża rud miedzi odbywa się w 13 oddziałach górniczych, przy czym zagrożenie gazowe występuje tylko w dwóch, a mianowicie w G-62 i G-63. W wymienionych oddziałach stężenia siarkowodoru stwierdzane są głównie w przestrzeniach zrobowych, co łączy się z potencjalną możliwością przedostawania się gazów do wyrobisk. Stosowny system przewietrzania oraz wydatki powietrza doprowadzane do frontów eksploatacyjnych skutecznie eliminują możliwość wystąpienia niedopuszczalnych stężeń w przestrzeniach roboczych, w których zatrudniani są pracownicy. W celu zapewnienia pełnego bezpieczeństwa pracownikom zatrudnionym w ww. oddziałach, wprowadzono monitoring indywidualny oraz nakaz stosowania środków ochrony indywidualnej, tj. półmasek przeciwgazowych i okularów ochronnych. W wyniku wstrząsu wysokoenergetycznego, którego epicentrum zlokalizowano w przestrzeni roboczej piętra F2W oddziału G-63, stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych stężeń w pobliżu miejsca lokalizacji wstrząsu. W artykule opisano dotychczasowe działania profilaktyki zagrożenia gazowego oraz przedstawiono pierwsze wnioski z prowadzenia eksploatacji złoża rud miedzi w warunkach współwystępowania zagrożeń tąpnięciami i gazami szkodliwymi.

**Abstract:** Until recently the main natural hazard in copper ore mines determining mining activities was high-energy seismic bursts occurrence. Most of the panels within which excavation is currently carried out belong to II and III degree of rock bursts hazard. After developing parts of the deposit located over 1000m below surface level in the mines of KGHM a new natural hazard occurred, which is presence of harmful gases, mainly hydrogen sulphide. At present in „Polkowice-Sieroszowice” mine exploitation of the copper ore deposit is carried out in 13 mining sections, but gas hazard occurs only in two of them – G-62 and G-63 mining sections. In the two mining sections, the hydrogen sulphide concentration is found mainly in goaf areas, which means there is a possibility of gases penetration into headings. Gas sources are identified as small emanations from fissures formed in uncovered roof plains, as the result of liquidation of the mined out areas and occasionally in working zone of the front. However, a proper ventilation system and amounts of air directed to excavation fronts successfully eliminate the possibility of impermissible concentrations occurrence in workspaces where workers are employed. In order to ensure full safety for workers employed in the above mentioned mining section, individual monitoring as well as order to use means of individual protection, that is anti-gas half-masks and protective goggles, were introduced. As the result of a high-energy rock burst, whose epicentre was located in the workspace of F2W sub-panel of G-63 mining section, exceeding of permissible concentration was found near the rock burst location. This paper describes the so far applied gas hazard prevention measures and shows first conclusions regarding the copper ore deposit exploitation in the conditions of coexisting rock bursts and harmful gas hazards.

\* ) O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”, KGHM Polska Miedź S.A.

**Słowa kluczowe:**

górnictwo rud miedzi, zagrożenie łąpaniami, zagrożenie gazowe, siarkowodor

**Key words:**

copper ore mining, rock-burst hazard, gas hazard, hydrogen sulphide

**1. Wprowadzenie**

Kopalnia „Polkowice-Sieroszowice” prowadzi eksploatację złoża rudy miedzi w około 20 polach eksploatacyjnych zaliczonych do II i III stopnia zagrożenia łąpaniami. W trzech spośród tych pól, w trakcie eksploatacji, miały miejsce emanacje związków siarki o nasileniu przekraczającym wartości dopuszczalne. Fakt ten miał wpływ na sposób realizacji szczegółowego projektu eksploatacji oraz spowodował konieczność uwzględnienia możliwości wystąpienia atmosfery niezdanej do oddychania w wyrobiskach górniczych, jako zjawiska zainicjowanego wstrząsem.

**2. Charakterystyka złoża w rejonie piętra F2W OG „Sieroszowice I”**

Głębokość zalegania złoża wynosi 1026÷1081 m. Złoże bilansowe występuje w spągu skał węglanowych cechsztynu i w stropie szarych piaskowców czerwonego spągowca i obejmuje:

- **piaskowce szare** – w zależności od rodzaju spoiwa występują w kilku odmianach:
  - piaskowce o spoiwie dolomityczno-ilastym,
  - piaskowce o spoiwie węglanowym i węglanowo-ilastym i ilastym, w stropie występuje kilkudziesięciocentymetrowa warstwa piaskowca silnie związłego o bogatym spoiwie węglanowym – okruszcowanie piaskowców występuje od 0,0 m do 1,8 m średnio 0,8 m.
  - piaskowce o spoiwie anhydrytowym o miąższości od 0,0 do 2,50 m, w strefach bezłupkowych w obrębie elewacji piaskowców czerwonego spągowca;
- **łupki miedzionośny** – o miąższości do 0,06 m;
- **dolomit szary**, zawierający znaczną domieszkę substancji ilastej, związły, masywny, słabo spękany, drobnokrystaliczny, okruszczony w przedziale miąższości od 0,0 m do 0,2 m;
- **dolomit wapnisty szary** i beżowo-szary, twardy, spękany z wyraźną podzielnością ławicową, okruszcowanie bilansowe występuje jedynie w jego spągowej części i obejmuje interwał od 0,0 do 0,50 m – dolomit wapnisty o miąższości od 7,50 do 9,0 m, buduje strop bezpośredni wyrobisk górniczych.

Skały węglanowe w furcie mają wytrzymałość na ściskanie  $R_c = 88,5 \div 148,7$  MPa.

**2.1. Charakterystyka skał stropowych**

Miąższość serii węglanowej cechsztynu w rejonie projektowanego frontu wynosi od 7,5 do 13,0 m.

W interwale 0÷3 m nad stropem wyrobisk występują dolomity wapniste szare i beżowo-szare, mikrytowe, o wyraźnej budowie ławicowej podkreślonej cienkimi wkładkami substancji ilastej o miąższości 0,5 mm do 3 mm. Grubość poszczególnych ławic zmienia się w granicach 0,1÷1,3 m. Są to skały silnie związłe, masywne z nielicznymi spękaniem wypełnionymi kalcytem, gipsem lub/i anhydrytem. Sporadycznie obserwuje się żyłki i soczewki anhydrytowe. Spotykane są szwy stylolitowe oraz nieliczne ślizgi tektoniczne.

W interwale 3,0÷7,5 m nad stropem wyrobisk występują te same dolomity wapniste szare i beżowo-szare, mikrytowe

i przekształcone, miąższość ławic zmienia się od 0,1 do 0,8 m, średnio wynosi 0,4 m. Oprócz sporadycznych spęknięć skośnych i licznych szwów stylolitowych obserwuje się nieliczne gniazda i żyłki głównie anhydrytu i gipsu.

Powyżej dolomitów występują anhydryty o miąższości 60,0 ÷ 100,0 m. Wzrost miąższości anhydrytów dolnych związany jest z występowaniem zredukowanej miąższości soli kamiennej, która wynosi od 30 do 60 m. Anhydryty to skały barwy białej, biało-szarej o teksturze drobnokrystalicznej, czasem afanitowej. Struktura ich jest pasemkowa, rzadziej wstęgowa, sporadycznie plamista. Z drobnymi przerostami ilastymi lub ilasto-dolomitycznymi. W całym przedziale anhydryt wydziela silny zapach bituminów rzadziej siarkowodoru. Sporadycznie występują w ich obrębie niewielkie wykroplenia węglowodorów. Skały stropowe mają wytrzymałość  $R_c = 114,6 \div 139,1$  MPa. Klasa stropu II i III.

**2.2. Charakterystyka skał spągowych**

W spągu węglanów występują szare piaskowce czerwonego spągowca o miąższości od 4,0 do 10,0 m. Są to drobnziarniste piaskowce kwarcowe o spoiwie węglanowo-ilastym i ilastym. Miejscami występują piaskowce o spoiwie siarczanowym (w sąsiedztwie elewacji piaskowca), które odznaczają się bardzo wysokimi parametrami wytrzymałościowymi.

Skały spągowe osiągają wytrzymałość  $R_c = 15,4 \div 23,4$  MPa. Klasa spągu I.

**2.3. Tektonika**

Rozciągłość ma kierunek NW-SE, upad 2÷6° na NE, lokalnie przekracza nachylenie 8°. Górótwór jest słabo zaangażowany tektonicznie, uskoku nie stwierdzono. W stropie występują nieliczne spęknięcia pionowe, skośne oraz ślizgi wypełnione kalcytem lub gipsem. Obserwuje się sporadyczne ślizgi tektoniczne o kącie nachylenia płaszczyzny ~5-30°.

**2.4. Warunki hydrogeologiczne**

Wyrobiska górnicze prowadzone są w warstwie spągowej dolomitu podstawowego i w stropie piaskowców szarych czerwonego spągowca. Skały stropowe są słabo zawodnione, zaś niewielkie wysączenia i zawilgocenia stwierdza się wokół otworów kotwowych. Wyższe poziomy wodonośne są izolowane od wyrobisk górniczych wystarczającą pod względem ciągłości i miąższości serią nieprzepuszczalnych warstw anhydrytu.

**3. System eksploatacji**

W piętrze F2W złoże wybierane jest systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu i ruchowym filarem zamykającym. Pustka eksploatacyjna jest likwidowana poprzez tzw. ugięcie warstw stropowych, co oznacza samoczynne zaciśnięcie się tej pustki na skutek konwencji. Szczegółowo zasady stosowania systemu J-UGR-PS są opisane w „Katalogu systemów eksploatacji złóż rud miedzi dla kopalń KGHM Polska Miedź S.A.” [1]. Front piętra F2W przemieszcza się wzdłuż zrobów piętra F1W. Złoże jest rozcinane na filary o wymiarach 8×7m, z usytuowaniem dłuższej osi prostopadle do linii pro-

jektowanych pasów. Minimalne otwarcie przestrzeni roboczej określono na 2 pasy. W Projekcie Technicznym Eksploatacji określono usytuowanie linii frontu z wymaganym wzajemnym wyprzedzeniem przodków przy zrobach piętra F1W. Wyznaczono tam również „Strefę szczególnego zagrożenia tapaniami”. Określono czas wyczekiwania po robotach strzałowych oraz limit grupowo strzelanych przodków (min. 3).

#### 4. Zasady prowadzenia robót w polu zagrożonym emanacją siarkowodoru do wyrobisk

Przewietrzanie oddziału odbywa się poprzez doprowadzanie powietrza od szybu SG-1 upadowymi F-5 i F-6, a następnie wyrobiskami bezpośrednio do strefy roboczej prawego, przyczalnego skrzydła pola eksploatacyjnego, gdzie dalej powietrze wentyluje front robót prądem wznoszącym. Po przewietrzeniu piętra, powietrze odprowadzane jest komorami wyłączonymi z likwidacji w strefie pomiędzy piętrami F1W i F2W, oraz częściowo filarem ruchowym, do upadowych F-3b, F-3a i F-99, skąd poprzez lunetę wentylacyjną, bezpośrednio do szybu wydechowego SG-2. Na podstawie badań modelowych i doświadczeń określono, że wymagany minimalny wydatek rejonowego prądu powietrza doprowadzanego do piętra F2W, powinien mieć wartość nie mniejszą od 3000 m<sup>3</sup>/min. Sposób przewietrzania piętra przedstawiono na rys. 1.

Pojawienie się pierwszych emanacji gazów szkodliwych pochodzenia naturalnego w piętrze F2W, w tym siarkowo-

doru, o stężeniach przekraczających wartości dopuszczalne, stwierdzono już w pierwszym etapie eksploatacji, w środkowej części pola na wysokości pasów P-4, P-5, P-6. W ramach działań zabezpieczających atmosferę kopalnianą przed stwierdzonymi emanacjami gazowymi, przestrzeń wymienionych komór szczelnie wyizolowano tamami murowymi oraz wydzielono tzw. „tunel wentylacyjny” do odprowadzania gazu z otomowanej przestrzeni bezpośrednio do szybu wydechowego SG-2. „Tunelem wentylacyjnym” w nomenklaturze kopalnianej nazywane jest wyrobisko (grupa wyrobisk), wyłączone z dostępu ludzi, służące do odprowadzenia do szybu wydechowego powietrza zawierającego stężenia gazów szkodliwych dla zdrowia [2]. Wszystkie przebudowy i inne prace, np. pogłębianie tych wyrobisk, odbywają się w dni wolne od pracy, po zapewnieniu warunków wentylacyjno-klimatycznych zgodnych z obowiązującymi przepisami, poprzez wykonanie rewersji lokalnej lub krótkiego spięcia wentylacyjnego.

W czasie dalszego postępu frontu eksploatacyjnego piętra F2W i sukcesywnie prowadzonej likwidacji przestrzeni wybranej, emanacje siarkowodoru stwierdzano na pasie przyzobowym. Wartości stwierdzanych stężeń siarkowodoru elektronicznymi analizatorami gazów wynosiły od 7 do 13 ppm. W celu zabezpieczenia załogi na froncie eksploatacyjnym przed ewentualną możliwością przepływu gazów ze zrobów, przystąpiono do szczelnego tamowania kolejnych pasów likwidowanej przestrzeni oraz przedłużenia „tunele wentylacyjnego”. Dotychczas stwierdzane emanacje gazowe



Rys. 1. Szkic wyrobisk pola F, piętra F1W i F2W z zaznaczeniem kierunków przepływu powietrza oraz lokalizacji wstrząsu klasy E7

Fig. 1. Sketch of F panel, F1W and F2W sub-panels with marked air flow directions and E7 category bump location

występują przede wszystkim z odsłoniętych płaszczyzn stropu, z otworów zabudowanej obudowy kotwowej czy niewielkich spękań warstw stropowych i ociosowych. Obserwacje samego mechanizmu emanacji gazów szkodliwych oraz przeprowadzane pomiary zmian stężeń siarkowodoru, potwierdziły możliwość występowania zagrożenia gazowego przede wszystkim w przestrzeni zrobowej. W wyniku odkształcania eksploatacyjnego warstw stropowych i ich degradacji, poprzez powstające spękania i szczeliny następuje uwalnianie gazów ze spągowych warstw anhydrytowych, zalegających w polu F stosunkowo blisko nad złożem, do wolnych przestrzeni wyrobisk. Nie stwierdzano obecności szkodliwych dla zdrowia gazów pochodzenia naturalnego w wyrobiskach górniczych drążonych w całości złożowej.

W celu rozpoznania i kontroli zagrożenia gazowego we wszystkich piętrach oddziału górniczego G-63, na bieżąco wykonywane są rozpoznawcze otwory wiertnicze oraz kontrolowane jest stężenie siarkowodoru w atmosferze kopalnianej. Wymienione otwory rozpoznawcze wykonywane są jako wyprzedzające kierunkowe lub skośne przed frontami eksploatacyjnymi, na odległość do 250 m. Na podstawie wykonanych otworów, dokonuje się rozpoznania i oceny występowania naturalnych pułapek mogących zawierać nagromadzone gazy i stref o podwyższonej porowatości, szczelinowatości i przepuszczalności oraz występowania zaburzeń strukturalno-tektonicznych stanowiących kontakt pneumatyczny z pułapkami mogącymi zawierać nagromadzone gazy. Doświadczenia z dotychczasowych robót wiertniczych, prac geologicznych oraz badań laboratoryjnych wykonanych w piętrze F2W, potwierdzają występowanie stref w górotworze o podwyższonym nasyceniu gazami pochodzenia naturalnego. Występują one bezpośrednio nad pokładem złoża rud miedzi na kontakcie skał węglanowych i spągu anhydrytu dolnego. W otworach przewiercających wymienione warstwy stropowe, stwierdzano pulsacyjne laminarne wypływy gazów, które w krótkim czasie mogą przechodzić w emanację gazowe.

Kontrola stężenia siarkowodoru w atmosferze kopalnianej przeprowadzana jest poprzez wykonywanie pomiarów składu powietrza przenośnymi analizatorami gazów oraz pobieranie prób powietrza do analizy laboratoryjnej. Niniejsze pomiary, jak też pobieranie prób do analizy laboratoryjnej, wykonywane są głównie przez służbę wentylacyjną kopalni, przy czym dodatkowo na każdej zmianie roboczej, dozór górniczy ww. oddziałów ma bezwzględny obowiązek kontrolowania składu powietrza przenośnymi analizatorami gazów i dokumentowania mierzonych zawartości. W przypadku stwierdzenia przekroczeń wartości dopuszczalnych stężeń gazów, dozór górniczy postępuje zgodnie z zasadami, które dla takich sytuacji zostały specjalnie opracowane.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom zatrudnionym w oddziale G-63, wprowadzono bezwzględny nakaz stosowania przeciwgazowych środków ochrony indywidualnej (rys. 2.), tj. półmasek i masek z filtropochłaniaczami

oraz okularów ochronnych [2]. Stosowane typy półmasek i masek przeciwgazowych spełniają Podstawowe Wymogi Bezpieczeństwa określone w Dyrektywie Europejskiej 89/686/EWG oraz zalecenia normy EN 14387:2004. Chronią zarówno w przypadku występowania gazów pojedynczych, jak też przy występowaniu mieszanin i spełniają jedoczesną ochronę typu A, B i E.

Dodatkowo, w celu realizacji ciągłego indywidualnego monitoringu stanu zagrożenia siarkowodorem, wyposażono wszystkich pracowników zatrudnionych w rejonie oddziału G-63, w indywidualne przyrządy elektroniczne do pomiaru  $H_2S$  (rys. 3.) oraz przeszkolono z „Zasad obsługi i wykonywania pomiarów przyrządem elektronicznym”, a także w zakresie występującego zagrożenia gazowego, tj. właściwości gazów szkodliwych i wybuchowych, identyfikacji ich oddziaływania na organizm ludzki, objawów ich występowania w podziemnych wyrobiskach górniczych, sposobów postępowania w przypadku wystąpienia zjawisk gazodynamicznych lub objawów wskazujących na działanie samych gazów. Przyrządy mają ustawione progi alarmowe, których przekroczenie sygnalizowane jest pracownikowi dźwiękiem, migającym światłem i wyczuwalną wibracją.

Niezależnie od posiadanych środków ochrony indywidualnej, każdy pracownik po stwierdzeniu stężenia siarkowodoru o wartości powyżej 7 ppm, ma obowiązek bezwarunkowego wycofania się z miejsca zagrożenia do miejsca bezpiecznego. Doświadczenia w zakresie prowadzenia eksploatacji złoża w oddziale G-63, przy występowaniu zagrożenia gazami szkodliwymi, potwierdzają, że wprowadzony indywidualny monitoring stężeń siarkowodoru, stanowi najbardziej niezawodny sposób zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom.



Rys. 3. Elektroniczny analizator gazów  
Fig. 3. Electronic gas analyser

Przy stwierdzeniu zwiększonych emanacji gazowych w powietrzu kopalnianym lub w otworach badawczych, każdorazowo odbywają się posiedzenia kopalniane zespołu ds. rozpoznawania i zwalczania zagrożenia gazowego i zagrożenia wyrzutami gazów i skał, na których podejmowane są decyzje co do działań profilaktycznych przy zwalczaniu zagrożenia gazowego.



Rys. 2. Pracownicy oddziału G-63  
Fig. 2. Workers of G-63 mining section

Ze względu na dotychczasowe obserwacje emanacji gazów w podziemnych wyrobiskach górniczych oddziału G-63, ich miejsca, przebiegu i częstości występowania, stosowana profilaktyka przeciwgazowa polega głównie na:

- szczelnym tamowaniu przestrzeni, z której stwierdzono emanacje,
- wyznaczaniu stref zagrożenia i ich odpowiednim oznakowaniu,
- skutecznym izolowaniu zrobów od wyrobisk transportujących powietrze,
- stosowaniu środków chemicznych do uszczelniania tam i izolowania górotworu,
- zabudowie rurociągów do kontrolowanego odprowadzania gazów z wyizolowanych przestrzeni,
- drenażu warstw stropowych w miejscach stwierdzonych emanacji,
- wydzieleniu wyrobisk z zakazem ruchu ludzi i maszyn, na tzw. „tunele wentylacyjne” do odprowadzania gazów bezpośrednio do szybu wydechowego,
- neutralizacji gazów szkodliwych poprzez ich zamglawianie środkami chemicznymi,
- eliminacji gazów z powietrza przez wprowadzanie molekuł z mat żelowych,
- utrzymywaniu odpowiednich przekrojów wyrobisk wlotowych i wylotowych dla doprowadzania większych ilości powietrza w celu maksymalnego rozrzedzenia gazów,
- zwiększaniu intensywności przewietrzania w miejscach wystąpienia zwiększonych emanacji gazów szkodliwych, przy zastosowaniu wentylatorów wolnostrumieniowych,
- stosowaniu specjalnie opracowanych sposobów postępowania w przypadkach wystąpienia zagrożenia gazowego.

Wymieniona profilaktyka zagrożenia gazowego oraz podjęte kierunki działań mających na celu rozpoznawanie i zwalczanie zagrożenia gazowego, zostały pozytywnie zaopiniowane przez rzeczoznawcę do spraw ruchu zakładu górniczego.

## 5. Podstawowe zasady prowadzenia robót w złożu zagrożonym tapaniami

Wymogi dotyczące prowadzenia robót eksploatacyjnych w złożu zagrożonym tapaniami, określone są szczegółowo w przepisach [3] wydanych na podstawie Ustawy: Prawo geologiczne i górnicze [4]. Doświadczenia wskazują, że najważniejsze spośród tych licznych zasad to:

- stosowanie właściwego systemu wybierania i technologii urabiania,
- doprowadzanie calizny i filarów na frontach eksploatacyjnych do stanu odprężonego,

- utrzymywanie wyrównanej linii rozcinaki,
- utrzymywanie wyprzedzenia części frontu w sąsiedztwie zrobów,
- odprężanie górotworu robotami strzałowymi (grupowe strzelania, strzelania odprężające), technologicznymi lub specjalnymi.

Dodatkowo, w kopalniach funkcjonują ściśle określone procedury postępowania po zaistniałych wstrząsach, w tym procedury związane z dokonywaniem wizji wyrobisk dla oceny skutków wstrząsów i dopuszczaniem do ponownego wykonywania robót.

W dniu 13.07.2013 r. o godz. 6<sup>15</sup> w piętrze F2W, miał miejsce wstrząs o energii  $E=1,4 \times 10^7$  J. Po upływie ustalonego czasu wyczekiwania, osoba dozoru standardowo wyposażona w urządzenia do wykrywania i pomiaru stężeń gazów, przystąpiła do oględzin stanu wyrobisk w celu ustalenia warunków ich dopuszczenia do ruchu po zaistniałym wstrząsie, zgodnie z wymogami zawartymi w instrukcji pt. „Zasady postępowania po tąpnięciach i silnych wstrząsach górotworu w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A.”. Oględziny nie zostały dokończone, ponieważ w środkowej części frontu, w rejonie przodków, stwierdzono stężenia siarkowodoru o wartościach przekraczających wartości dopuszczalne.

W okresie poprzedzającym wystąpienie bardzo silnego wstrząsu, robotom górniczym wykonywanym w polu F towarzyszyła średnia aktywność sejsmiczna. Rejestrowane wstrząsy nie przekraczały energii rzędu  $10^5$  J. W okresie od stycznia do lipca 2013 r. wystąpiło pięć zjawisk o energii  $10^4$  J, czternaście zjawisk o energii  $10^3$  J oraz aktywność śladowa, co przedstawiono w tabeli 1. W polu F nie wystąpiło żadne zjawisko o charakterze tąpnięcia lub odprężenia. Opisowywany wstrząs został spowodowany robotami strzałowymi. Strzelono 13 przodków. Łącznie odpalono 1136 kg MW.

W trakcie wykonywania robót górniczych prowadzono pomiary i obserwacje stanu górotworu. Pomiary konwergencji wyrobisk wskazywały na średnią miesięczną prędkość zaciśnięcia wyrobisk, wynoszącą ok. 5÷6 mm/dobę. Syntetyczny Wskaźnik Stabilności Górotworu (pomiary licznikiem trzasków MLT), przybierał w ostatnim miesiącu wartości 1. Obserwacje wizualne i pomiary prowadzone w okresie poprzedzającym wstrząs nie wskazywały na wzrost zagrożenia sejsmicznego. Wstrząs górotworu nie był poprzedzony zmianami zachowania mierzonych i obserwowanych parametrów górotworu. W opinii kopalnianego zespołu ds. zwalczania tapani i zawałów, przyczyną wstrząsu było załamanie się sztywnych warstw stropowych nad eksploatowaną przestrzenią pod wpływem zmniejszenia podparcia na linii krawędzi rozcinanej calizny. Spowodowanie wstrząsu robotami strzałowymi świadczy o właściwie dobranej geometrii rozcinaki oraz właściwym doborze zasad profilaktyki tapaniowej.

**Tabela 1. Zestawienie liczby wstrząsów w poszczególnych klasach energetycznych oraz wielkości wyemitowanej energii w piętrze F2W oddz. G-63 w 2013 r.**

**Table 1. Account of bumps number in separate energy categories and emitted energy in F2W sub-panel of G-63 mining section in 2013**

Miesiąc	Rząd energii							Liczba	Suma energii
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7		
styczeń	11	3	-	-	-	-	-	14	2,20E+03
luty	30	4	-	-	-	-	-	34	1,40E+04
marzec	17	4	3	1	-	-	-	25	2,56E+04
kwiecień	19	3	-	1	-	-	-	23	4,20E+04
maj	10	3	3	2	-	-	-	18	6,30E+04
czerwiec	11	2	2	-	-	-	-	15	2,24E+03
lipiec	14	6	6	1	-	-	1	28	1,40E+07
Razem	112	25	14	5	-	-	1	157	1,41E+07

W związku z zaistniałym zdarzeniem, tj. wystąpieniem wstrząsu sejsmicznego, którego następstwem mogło być pojawienie się stężeń siarkowodoru o wartościach przekraczających dopuszczalne, problem analizowano dwutorowo. Należało podjąć decyzję, co do dalszego prowadzenia robót w odniesieniu do aktualnej sytuacji na froncie piętra F2W, gdzie w środkowej części pola eksploatacyjnego, w przodkach komór, a nie tak jak do tej pory w części przyrobowej, ujawniło się zjawisko przedostawania się gazów do wyrobisk. Dodatkowo należało przeanalizować i ustalić zasady prowadzenia ewentualnej akcji ratowniczych, jakie potencjalnie mogą mieć miejsce po silnym wstrząsie (tąpnięciu), w warunkach współwystępowaniu zagrożeń.

W odniesieniu do dalszego kontynuowania robót piętra F2W dokonano następujących zmian w „Projekcie Technicznym”:

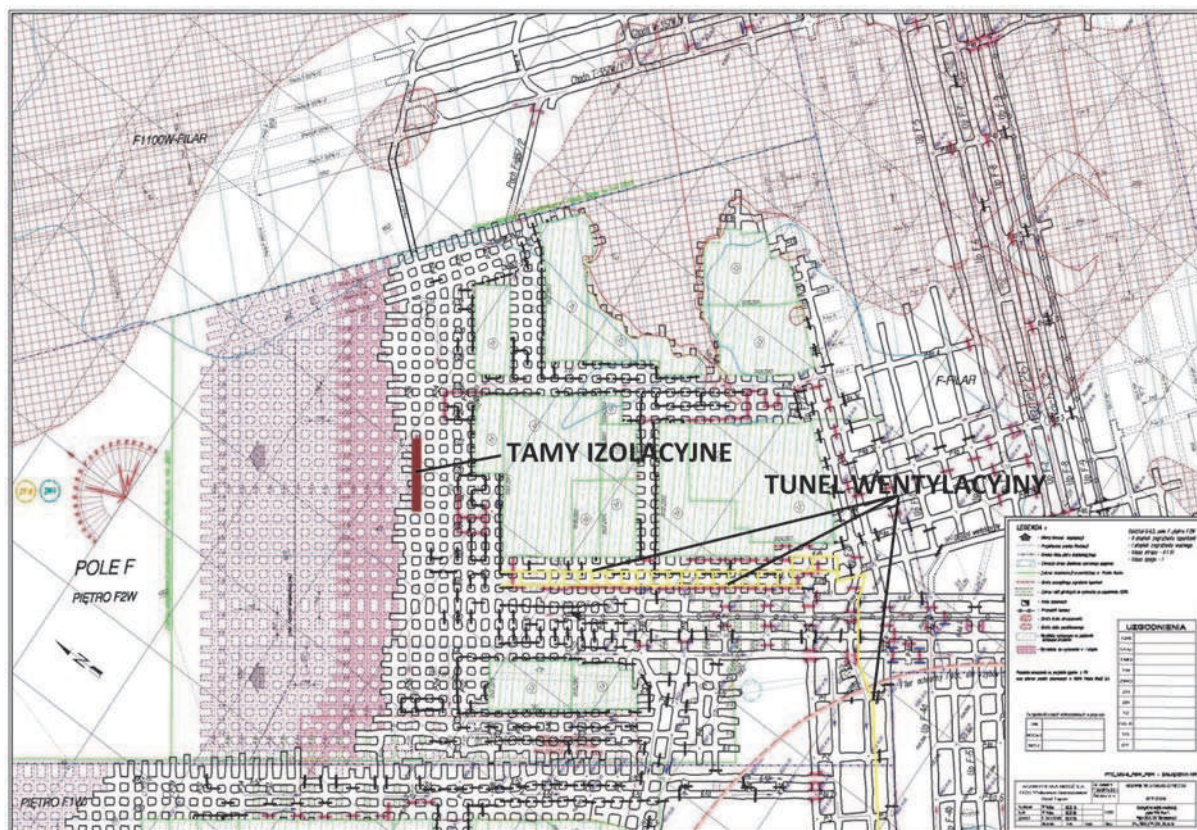
- zatrzymano postęp przodków komór K-18÷K-22 (ich wybiegi zawierały się między pasami P-26 i P-27), gdzie stwierdzono wystąpienie stężeń siarkowodoru przekraczających wartości dopuszczalne,
- w celu zabezpieczenia przestrzeni roboczej wyizolowano komory K-18÷K-22 powyżej pasa P-25, poprzez zabudowę tam styropianowych uszczelnionych pianami, łącząc wyizolowaną przestrzeń za pomocą rurociągu z wydzielonym wyrobiskiem, tzw. „tunelem gazowym”,
- ustalono zasady odtworzenia linii frontu na wysokości zatrzymanych komór poprzez wykonanie tzw. „obejścia”, polegającego na zwiększeniu wybiegu prawego skrzydła frontu, przewietrzanego świeżym powietrzem doprowadzonym od strony calizny, rozcięciem pasów P-28, P-29, P-30 na wysokości zatrzymanych komór, wznowieniu

postępu komór K-18, K-22 bez wstecznego przebijania ich do wyizolowanej przestrzeni (rys. 4.),

- w związku z prowadzeniem robót odtwarzających zaburzających linię frontu, zaostrożono rygor grupowo strzelanych przodków, zwiększając ich minimalną ilość do 6,
- w odniesieniu do całego pola F, podjęto decyzję o zabudowie dodatkowej infrastruktury wentylacyjnej, umożliwiającej w razie zaistniałej potrzeby, bezzwłoczne przekierowanie w rejon przodków zwiększonych ilości świeżego powietrza, umożliwiając ich intensywne przewietrzanie,
- zmiany w „Projektach Technicznych” podlegają zaopiniowaniu zarówno przez kopalniany zespół ds. zwalczania tąpnięć i zawałów, jak również przez kopalniany zespół opiniotawczy ds. zwalczania zagrożenia gazowego i zagrożenia wyrzutami gazów i skał.

Przeanalizowano „Zasady prowadzenia akcji ratowniczych przy współdziałaniu zagrożeń” i podjęto decyzję o zaopatrzeniu drużyn ratowniczych w ubrania gazoszczelne oraz określono wytyczne ich korzystania. Ustalono również, że w przypadku nagłego, znacznego przekroczenia stężeń siarkowodoru, ponad zakres pomiarowy indywidualnych przyrządów, który w przypadku stosowanych aktualnie PAC 5500 wynosi 100 ppm, pracownik w trakcie wycofywania się z rejonu robót ma obowiązek użyć aparatu uciezkowego, całkowicie izolującego układ oddechowy od atmosfery kopalnianej.

Uwzględniając doświadczenia wykonanej wcześniej eksploatacji, w tym przypadki wystąpienia emancji gazowych z otworów endoskopowych i głębokiego wiercenia wykonanego w celu zabudowy sygnalizatorów rozwarstwień stropu, emancji z miejsc po obrywie stropu, można sformułować następujące wnioski:



Rys. 4. Szkic wyrobisk piętra F2W, z zaznaczeniem zakresu rozcinki traktowanej jako odtworzenie frontu w związku ze stwierdzeniem emancji gazowych w środkowej części pola

Fig. 4. Sketch of F2W sub-panel's headings with marked development range treated as the front reconstruction due to finding gas emanation in the middle part of the panel

1. Prowadzenie eksploatacji w warunkach współwystępowania zagrożeń: tąpnięciami, gazowego oraz zawałowego, wymaga zweryfikowania wszystkich właściwych dla danego zagrożenia metod jego eliminacji pod kątem ich wpływu na wystąpienie innych zagrożeń.
2. Należy stosować przede wszystkim metody ograniczania zagrożeń nieposiadające negatywnego wpływu na zagrożenia współistniejące.
3. Zmiany w „Projekcie Technicznym” eksploatacji powinny podlegać zaopiniowaniu przez zespoły zajmujące się zwalczaniem poszczególnych, współistniejących zagrożeń.
4. Prowadzenie robót w polu, gdzie lokalnie występują miejsca emanacji gazów, o ile poziom zagrożenia sejsmicznego i zawałowego na to pozwala, może wymagać:
  - rezygnacji z wykonywania wysokich obrywk i przebudów na rzecz wykonywania tzw. obejść i odtwarzania frontu,
  - izolowania miejsc emanacji nawet za cenę zatrzymania postępu przodka i wykonania tzw. „obejścia” (w przeszłości takie zabiegi wykonywano wyłącznie ze względu na zagrożenie zawałowe),
  - ograniczenia do niezbędnego minimum wykonywania przystrzałek stropu, np. pod wyspy oddziałowe,
  - ograniczenia wykonywania głębokich otworów w tym pod zabudowę sygnalizatorów rozwarstwień,
  - zastosowania iniekcji i kotwi wklejanych w celu likwidacji otworów w stropie,
  - zwiększenia filarów technologicznych dla ograniczenia deformacji stropu,
  - wydłużenie filarów na granicy zrobów w celu zmniejszenia ilości tam izolacyjnych i zwiększenia skuteczności izolacji od zrobów,
  - zmniejszenia szerokości otwarcia frontu eksploatacyjnego dla poprawy efektywności wentylacji,
  - podsadzania zrobów dla ograniczenia deformacji stropów nad zrobami,
  - ograniczenia likwidacji filarów technologicznych,
  - wygradzania w zrobach tuneli wentylacyjnych,
  - wcześniejszego okonturowania pola wyrobiskami przygotowawczymi, umożliwiającymi prowadzenie

świeżego powietrza do strefy roboczej frontu wyrobiskami w caliznie, a nie wyrobiskami wydzielonymi wzdłuż zrobów.

## 6. Podsumowanie

Zaistniały w oddziale górniczym G-63 wysokoenergetyczny wstrząs, którego następstwem było pojawienie się w przekrojach wyrobisk przestrzeni roboczej stężeń siarkowodoru o wartościach przekraczających dopuszczalne, wymusił nowe spojrzenie na możliwość prowadzenia eksploatacji złoża rud miedzi na głębokościach przekraczających 1000 m. Kierownictwo kopalni „Polkowice-Sieroszowice” stanęło przed problemem zapewnienia bezpieczeństwa załodze górniczej poprzez stosowanie adekwatnych rozwiązań technicznych i technologicznych, w sytuacji, gdzie brak jest regulacji prawnych, bezpośrednio odnoszących się do opisanych współwystępujących zagrożeń naturalnych. W artykule przedstawiono podejmowane działania profilaktyczne oparte na pierwszych, aczkolwiek krótkich doświadczeniach, obrazując skalę problemu nowego zagrożenia oraz wskazując tym samym kierunki bezpiecznego prowadzenia robót oraz na konieczność modyfikacji regulacji prawnych.

## Literatura

1. Katalog systemów eksploatacji złóż rud miedzi dla kopalń KGHM Polska Miedź S.A., KGHM Polska Miedź S.A. w Lubinie. Grudzień 2001.
2. *Kijewski P., Kubiak J., Gola S.*: Siarkowódór - nowe zagrożenie w górnictwie rud miedzi. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Zeszyty Naukowe nr 83, rok 2012.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych.
4. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze. (Dz. U. Nr 163 poz. 981).