

# Wpływ zjawisk gazogeodynamicznych na zagrożenie zawałami w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A.

## The effect of outburst phenomena on the roof fall hazard in KGHM Polska Miedź S.A. mining plants



Mgr inż. Grzegorz Wowczuk<sup>\*)</sup>



Mgr inż. Dariusz Juszyński<sup>\*)</sup>

**Treść:** W artykule została przedstawiona prawdopodobna koincydencja zagrożenia gazogeodynamicznego oraz zagrożenia zawałami, do jakiej może dochodzić w trakcie prowadzenia robót górniczych w rejonie obszaru górniczego „Głogów Głęboki-Przemysłowy” oraz struktur geologicznych kojarzonych z możliwością występowania pułapek gazowych. Jednym z zagrożeń występujących podczas wykonywania robót górniczych jest możliwość utraty stateczności warstw stropowych, której przyczyny, mechanizm oraz stan, zostały przedstawione w artykule. Autorzy przytoczyli przyczyny i okoliczności zawału z dnia 27 lutego 2018 r., który zaistniał na głębokości ok. 1200 m, w rejonie wiązki pięciu chodników. Przdoki chodników zbliżyły się do Fleksury Jakubowa – struktury geologicznej kojarzonej z możliwością występowania pułapek gazowych. Po przeprowadzeniu oględzin miejsca zdarzenia oraz dokonanej ocenie charakteru i skutków zjawiska, zakwalifikowano je jako zawał wywołany prawdopodobnie zjawiskiem gazogeodynamicznym. W artykule zostały również przedstawione podjęte działania, mające zapobiec podobnym wypadkom w przyszłości.

**Abstract:** This article presents the probable simultaneity of gaso-geodynamic (rock outburst) hazards and the risk of roof fall that may occur during mining operations in the area of the “Głogów Głęboki-Przemysłowy” mining zone and the geological structures associated with the possible encounter of “gas traps”. One of the threats occurring during mining works is the possibility of roof fall. The reasons behind it, along with the specific mechanism and conditions of such event were presented in this article. The authors drew the example from circumstances and causes of the roof fall of February 27, 2018, which took place at a depth of about 1200 m, in the vicinity of five excavation. The mining excavations reached the area of a geological structure associated with the possible presence of “gas traps” and the risk of an outburst. After the inspection of the site of the incident and the assessment of the nature and effects of the phenomenon, it was classified as a roof fall caused likely by an outburst of gaso-geodynamic nature. The study also presents what actions were taken to prevent similar accidents in the future.

### Słowa kluczowe:

zagrożenie zawałami, opady i obwały skał, bezpieczeństwo pracy, zjawiska gazogeodynamiczne

### Keywords:

roof fall, roof stability conditions, work safety, outburst phenomena

## 1. Wstęp

W artykule została przedstawiona koincydencja zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi oraz zagrożenia zawałami, do jakiej może dochodzić w trakcie prowadzenia robót górniczych w rejonach struktur geologicznych kojarzonych z możliwością pojawiania się pułapek gazowych. Występujące zagrożenia naturalne oraz zastosowana profilaktyka, charakteryzują się swoimi szczególnymi relacjami oraz wzajemnymi

oddziaływaniami (Kabiesz 2002). Powiązane ze sobą zagrożenia naturalne określa się mianem skojarzonych i rozumie się przez to, że współwystępując wzajemnie wpływają na inicjację, intensywność oraz przejawy każdego z nich. Przyczyny i okoliczności zawału, do jakiego doszło w dniu 27 lutego 2018 roku, mogą świadczyć, że pomimo wieloletnich prób wypracowania skutecznych sposobów ograniczenia zagrożenia zawałami, w sytuacji współwystępowania zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi, prawdopodobieństwo wystąpienia zawału jest wyższe.

<sup>\*)</sup> Okręgowy Urząd Górniczy we Wrocławiu

## 2. Zagrożenie zawałami

Jednym z zagrożeń występujących podczas wykonywania robót górniczych, jest możliwość utraty stateczności warstw stropowych. Jak podają Prusek i in. (2017), wyróżniamy następujące utrudnienia w utrzymaniu stropu:

- opad - to drobne fragmenty, łaty i kawałki skał opadające ze stropu,
- obwał - to opad skał stropowych do wyrobiska, niepowodujący jednak jego niedrożności,
- zawał - to nagłe, niespodziewane obsunięcie się rozluźnionych skał stropowych do wyrobiska, przebiegające w sposób gwałtowny i mogące powodować wypadki i zaburzenia w produkcji.

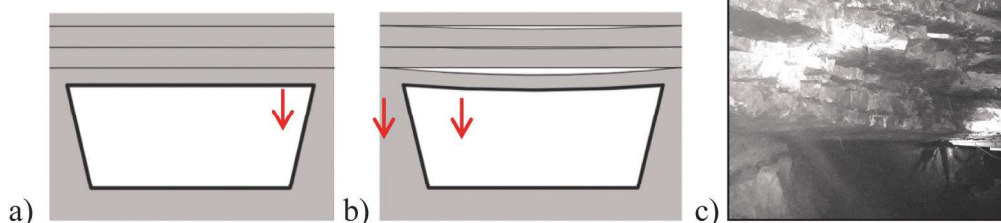
Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 (Rozporządzenie ... 2016) roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych definiuje zawał jako niezamierzone, grawitacyjne przemieszczenie się do wyrobiska mas skalnych na skutek opadu skał stropowych na wysokość równą lub większą od długości kotwi obudowy podstawowej, powodujące całkowitą lub częściową utratę funkcjonalności lub bezpieczeństwa użytkowania wyrobiska.

Zagrożenie zawałami jest zagrożeniem technicznym, nie jest więc kategoryzowane w polskich przepisach dotyczących zagrożeń naturalnych. W przeciwieństwie do masywnego górotworu (ang. *hard rock*) – (Hoek i in. 1995, Vergne 2003), nieosłabionego mikrotektoniką, w którym roboty górnicze mogą być prowadzone bez obudowy (rys. 1), w górotworze słabym (ang. *soft rock*) wokół wyrobiska powstaje strefa spękań, wymuszająca stosowanie obudowy w celu zapewnienia stateczności wyrobiska. Obecnie w Polsce kopalnia gipsu i anhydrytu (podziemna) oraz kopalnie soli nie wymagają zastosowania obudowy. W warunkach Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (dalej – LGOM), górotwór można zaliczyć do typu *hard rock*, ale charakteryzującego się dodatkowo uwarstwieniem stropu (rys. 2c). Jak podaje Butra (2010), w tym przypadku przyczyną zawałów są niewłaściwie dobrane do istniejących warunków naturalnych parametry górniczo-techniczne robót górniczych, prowadzące do znacznych koncentracji naprężeń w górotworze oraz przekroczenia lokalnej wytrzymałości skał i powstania spękań na obrysie wyrobiska



Rys. 1. Deformacja warstw stropowych w nieuwarstwowionym jednorodnym górotworze

Fig. 1. Deformation of roof layers in a hard rock mass



Rys. 2. Rozwarstwienia warstw stropowych w uwarstwowionym jednorodnym górotworze a) stan pierwotny, b) rozwarstwianie stropu, c) uwarstwienie stropu

Fig. 2. Stratification of roof layers in a hard rock mass a) original state, b) stratification of roof, c) roof in mining

górnictwa. Ze względu na skłonność skał do odspajania się i pod wpływem sił grawitacji, powstaje zagrożenie zawałem wyrobiska (rys. 2 a, b).

Z kolei według Pytla (2012) mechanizm powstawania wysokich zawałów w stropie uwarstwowionym tłumaczy się w dwojaki sposób:

- przez powstanie pęknięcia ukośnego w jednorodnym materiale lub uaktywnienie się ukośnej albo pionowej powierzchni nieciągłości przy ociosie wyrobiska; powstała szczelina propaguje w kierunku poziomym, przekształcając strop bezpośredni w belkę (płyte) wspornikową, która, przy istnieniu odpowiednich warunków naprężeniowych, prowadzi do zawału całego elementu,
- na skutek działania sił rozciągających kotwy - w poziomym zakotwienia jednopoziomowego obudowy, generowana jest strefa naprężeń rozciągających, powodująca odspojenie skotwionych ławic stropu bezpośredniego od wyżej znajdujących się mas skalnych.

Dodatkowo Pytel (2012) zwraca uwagę, że w typowej sytuacji geologiczno-górnictwa LGOM sam ciężar własny zawałonego materiału jest zwykle niewystarczający by generować pęknięcia pionowe stropu. Jak podaje Pytel, w kopalniach LGOM występują następujące rodzaje zawałów:

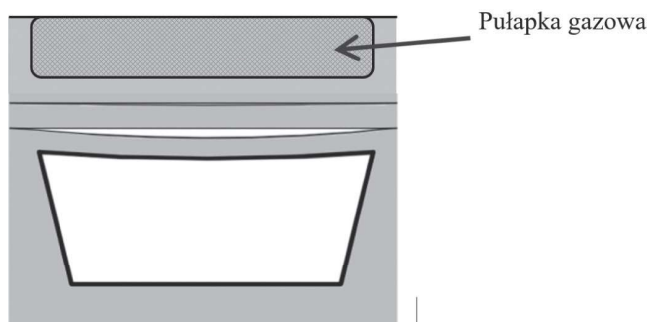
- ze względu na gęstą siatkę spękań, strop zachowuje się jak nieuwarstwiony – materiał skalny opada spomiędzy kotew i powstaje powierzchnia stropu w postaci sklepienia;
- strop pracuje jak odseparowana od ociosów i odspojona od wyższych warstw stropu kamienna belka, której ugięcie jest na tyle znaczne, że możliwe jest zerwanie żerdzi kotew lub przeciągnięcie nakrętek przez podkładki;
- odspojenie stropu powyżej poziomu zakotwienia oraz ścięcie powyżej ociosów przekształca strop bezpośredni w belkę, która przy dostatecznej szerokości otwarcia traci stateczność i opada do wyrobisk.

Jak podaje Butra (2010) do czynników decydujących o możliwości wystąpienia zawału można zaliczyć:

- występowanie w stropie zasadniczym stref zaburzeń tektonicznych, stanowiących naturalne płaszczyzny poślizgu warstw skalnych,
- występowanie spękań pierwotnych i wtórnych,
- występowanie stref koncentracji naprężeń w górotworze,
- wielkość powierzchni odsłonięcia stropu,
- występowanie wysokoenergetycznych zjawisk sejsmicznych,
- czas istnienia wyrobisk oraz wpływ długotrwałego zawodnienia skał.

Analiza zawałów zaistniałych w latach 1990-99, wykonana przez Butrę i innych wykazała, że w 69% przypadków, główną przyczyną była blokowa budowa skał stropowych i ich naturalne zawilgocenie (Butra 2010). W przypadku

wystąpienia struktur utożsamianych ze zjawiskami gazogeodynamicznymi, mechanizm powstania zawału ze względu na dodatkowe obciążenie skotwionego pakietu skał, będzie przebiegał odmiennie (rys. 3).

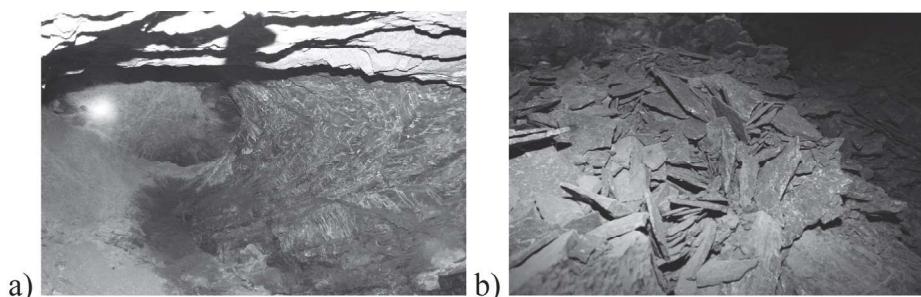


Rys. 3. Rozwarstwienia warstw stropowych w uwarstwowionym jednorodnym górotworze pod wpływem zjawisk gazogeodynamicznych

Fig. 3. Stratification of roof layers under the influence of gaso-geodynamic phenomena

### 3. Zjawiska gazogeodynamiczne

Na rysunku 4 zostały przedstawione dwa charakterystyczne elementy związane ze zjawiskami gazogeodynamicznymi. Po zaistnieniu wyrzucie skał powstała kawerna, która w odróżnieniu od stropu ulegającemu zawałowi, charakteryzuje się gładką powierzchnią. Wyrzucony urobek zostaje ukształtowany w charakterystyczne „talarki” (blaszki). Przedstawione fotografie zostały wykonane po zjawisku gazogeodynamicznym zaistniałym w 2015 roku. Obecnie uważa się, że strefy uskokowe (lub inne formy tektoniczne w postaci antyklin, synklin czy fleksur) o przebiegu W–E, były drogą uprzywilejowaną, lateralnej migracji gazów wzdłuż stref tektonicznych i towarzyszących im spękań górotworu, od złóż gazu ziemnego znajdujących się na północ od obszaru górniczego Głogów Głęboki - Przemysłowy, w kierunku złóż rud miedzi (Aktualizacja ... 2017). Przypuszcza się, iż strefa antykliny, w której rejonie doszło do pierwszego w historii wyrzutu w LGOM, ma kontynuację w kierunku złóż gazu ziemnego Aleksandrówka i Wierzowice. Obecnie prowadzone są m.in. dwie wiązki wyrobisk udostępniających w kierunku głębionego szybu GG-1 oraz struktury geologiczne kojarzonej z możliwością występowania pułapek gazowych.



Rys. 4. Charakterystyczna dla zjawisk gazogeodynamicznych. a) gładka powierzchnia kawerny, b) struktura wyrzuconej skały, średnia wielkość od 3 do 5 cm

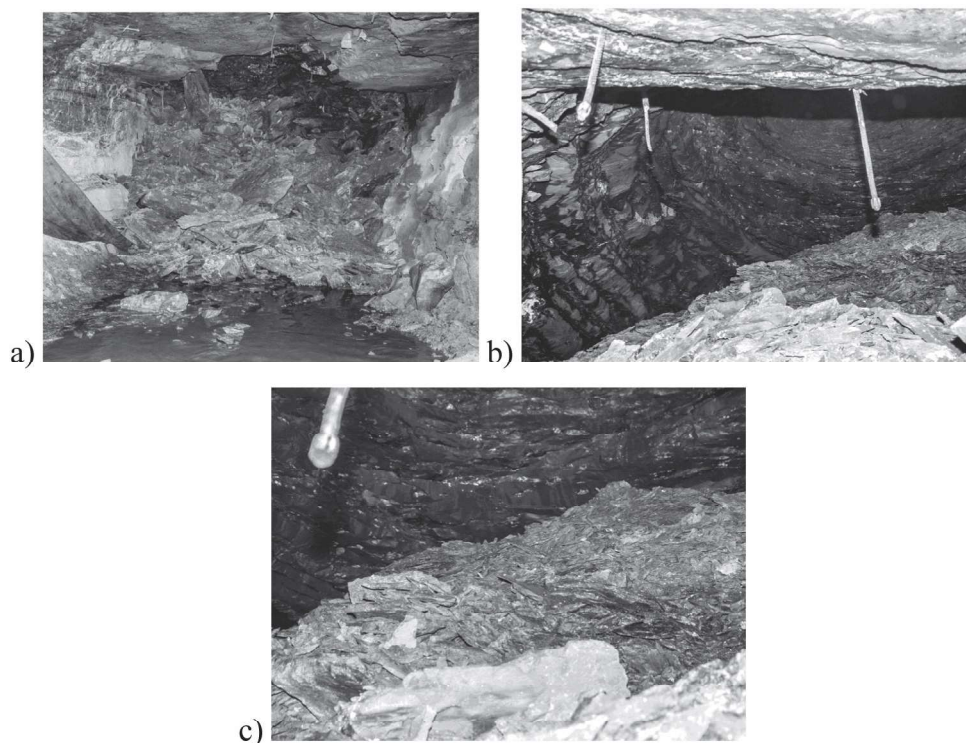
Fig.4. Characteristic for gaso-geodynamic phenomena. a) smooth cavern surface, b) structure of rock

### 4. Zdarzenia z 27 lutego i 1 marca 2018 roku

W dniu 27 lutego 2018 r. na głębokości ok. 1200 m, doszło do zawału w rejonie wiązki pięciu chodników drążonej w kierunku głębionego szybu GG-1 dla udostępnienia złoża w obszarze górniczym Głogów Głęboki-Przemysłowy. Przdki chodników zbliżały się do Fleksury Jakubowa – struktury geologicznej kojarzonej z możliwością występowania pułapek gazowych. Spąg wyrobisk prowadzony był w szarych piaskowcach, a strop po podzielności między dolomitem wapnistym a smugowanym. Miąższość złoża waha się od 0,8 do 3,0 m. Rejon jest słabo zaangażowany tektonicznie. Wyrobiska o wysokości 3,2 m zabezpieczone były obudową kotwową wklejaną (na całej długości) o długości żerdzi 1,8 m, w siatce 1,5 x 1,5 m. Strop ponad opadłym materiałem skalnym charakteryzował się gładką powierzchnią (rys. 5 b). Błoczny materiał skalny ze załamane go stropu bezpośredniego (rys. 5 a) był przykryty zdeintegrowanym, drobnym urobkiem w formie charakterystycznych cienkich płatków (rys. 5 c). Struktura nagromadzonego materiału skalnego oraz pęknięcie stropu w osi wyrobiska wskazywały na przerwanie prawidłowo skotwionej półki skalnej stanowiącej strop wyrobiska. Zjawisko zakwalifikowano jako zawał wywołany prawdopodobnie zjawiskiem gazogeodynamicznym.

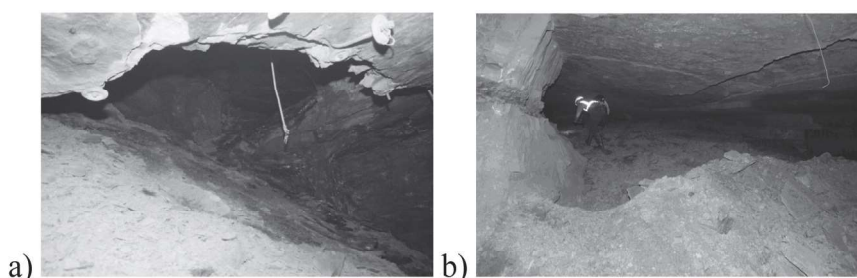
W dniu 1 marca 2018 roku, doszło do wyrzutu nieznanego gazu i skał (rys. 6 b), spowodowanego robotami strzałowymi w wiązce upadowych drążonych w kierunku głębionego szybu GG-1. W związku ze zdarzeniem niebezpiecznym z lipca 2017 r., polegającym na wysypaniu się do wyrobiska blaszkowatego materiału skalnego (rys. 6 a) i odsłonięciu kawerny w stropie (rejon zdarzenia z marca 2018 r.), Urząd Górniczy zalecił wprowadzenie dodatkowych rygorów prowadzenia robót rozpoznawczych (wiercenia rdzeniowe, endoskopia) i profilaktycznych (aparatura pomiarowa, tlenowe aparaty ucieczkowe „Manta”) w tym rejonie. Wymienione rygory były stosowane, a wiercenia rozpoznawcze nie wykazały wzrostu zagrożenia gazogeodynamicznego w strefie prowadzonych robót. Nagromadzenie urobku obejmowało 23 mb wyrobiska od miejsca wykonywanych robót strzałowych. Wyrzucony materiał skalny układał się w pryzmę o naturalnym kącie stoku. Górna powierzchnia utworzyła prześwit, umożliwiający wgląd do dalszej części wyrobiska, w której widoczna była kawerna sięgająca do spągu anhydrytu, tj. na wysokość ok. 7 m. Zjawisko zakwalifikowano jako wyrzut nieznanego gazu i skał z pułapki gazowej, zlokalizowanej pomiędzy stropem wyrobiska a spągiem anhydrytu, spowodowany robotami strzałowymi. Miejsce zdarzenia z dnia 1 marca, znajdowało się w odległości ok. 1,8 km od miejsca zawału z dnia 27 lutego oraz 0,6 km od strefy tektonicznej.





Rys. 5. Zawal stropu z dnia 27 lutego 2018 r. Widok: a) zawalu, b) odsłoniętego stropu, c) wierzchołek usypiska zawalu

Fig. 5. Roof fall - February 27, 2018. View: a) roof fall, b) roof, c) the top of debris



Rys. 6. Zdjęcie (a) kawerny wyrzutu z lipca 2017 r. oraz (b) wyrzutu z marca 2018 r.

Fig. 6. Photograph of (a) the caverns of July 2017 and (b) the caverns of March 2018

W miarę postępu wyrobisk górniczych, głównie w kierunkach północnym i północno-wschodnim, w szczególności na poziomie 1200 m i poniżej tego poziomu, nasycenie górotworu gazami (w tym węglowodorami i siarkowodorem) będzie wzrastać i należy oczekiwać zwiększenia prawdopodobieństwa wystąpienia lokalnych stref górotworu o podwyższonej gazonośności. W otworach badawczych wierconych w najgłębiej położonych chodnikach stwierdza się już zawartości metanu przekraczające 20%. Występują również lokalnie wysokie koncentracje siarkowodoru (*Aktualizacja ... 2017*).

## 5. Profilaktyka zagrożeń

W kopalniach LGOM w ramach profilaktyki zawałowej jest wykonywana kontrola stateczności stropu. Identyfikacja zagrożenia zawałowego polega na ocenie stateczności stropu oraz pracy obudowy i obejmuje (*Mateusz, Szczerbiński 2013*):

- obserwacje sygnalizatorów rozwarstwienia stropu, które są montowane w otworach specjalnie odwierconych na

- wszystkich skrzyżowaniach wyrobisk eksploatacyjnych,
- obserwacje wizualne powstawania i rozwoju spękań stropu,
- wykonywanie badań endoskopowych stropu (wziernikowanie) w celu rozpoznania jego budowy (rozwarstwienia, płaszczyzny podzielnosci, przerosty),
- badanie momentu dokręcenia kotwi mechanicznych i nośności obudowy kotwowej,
- obserwację zachowania się obudowy pod wpływem przejmowanych obciążeń (deformacja blach-podkładek kotwowych, pęknięcie i łamanie stojaków obudowy drewnianej, kontrola pracy indywidualnych stojaków hydraulicznych). Na podstawie stwierdzonych opadniętych elementów sygnalizatorów rozwarstwienia stropu, przeprowadza się wziernikowanie oraz interwencje (obrywka, wyłączenie z ruchu) mające zapobiec zagrożeniu.

W przypadku zagrożenia gazowego i zjawiskami gazogeodynamicznymi, roboty górnicze w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A., są wykonywane według „Wytycznych rozpoznawania zagrożenia gazowego i możliwości wystąpienia zjawisk gazodynamicznych oraz prowadze-

nia robót udostępniających i przygotowawczych w warunkach występowania tych zagrożeń w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A.”.

**6. Analiza statystyczna zagrożenia zawałami**

W tabeli 1, przedstawiono statystykę zawałów z lat 2005-18. Zebrane podstawowe dane o zaistniałych zawałach stropu w latach 2009-18 wskazują, że średnia wysokość zawału wynosiła 2,7 m, a najwyższy zawał obejmował pakiet 4 m (tab. 2). Dla porównania zawał z dnia 2017 roku objął pakiet 4,8 m skał stropowych, a wyrzut z dnia 1 marca 2018 roku pakiet 7 metrów.

**Tabela 1. Statystyka zawałów w polskich kopalniach rud miedzi w latach 2005-18**

**Table 1. Statistics on roof fall in Polish copper ore mines in 2005-18**

Rok	Liczba zawałów	Rok	Liczba zawałów
2005	2	2012	2
2006	1	2013	0
2007	0	2014	1
2008	0	2015	1
2009	2	2016	2
2010	1	2017	0
2011	5	2018 <sup>1</sup>	1

<sup>1</sup> - do dnia 1.10.2018 r.

Przekroje i szkice sporządzone przez służby kopalniane przedstawiają zróżnicowane kształty obrysu powstałych pustek pozawałowych, stąd wielkości podane w tabeli 2 są wielkościami przybliżonymi, ukazującymi wpływ zróżnicowania budowy geologicznej stropu, w wyniku czego zaistniałe zdarzenia odbiegają od teoretycznych mechanizmów ich powstania, a profile odsłoniętego stropu różnią się kształtem od obrysów kawern wyrzutowych. Na podstawie otrzymanych wartości statystycznych można wyznaczyć minimalny zakres badania pakietu skał stropowych (zwyczajowo przyjęte w praktyce ruchowej „minimum szerokość wyrobiska, nie mniej niż...”). Średnia powierzchnia obwału (tab. 2), obrazuje, że jest to znikoma część odsłanianej co roku powierzchni stropu (koniecznej do objęcia obserwacjami), a zarazem wystarczająco duża do skutecznego monitorowania zjawiska przez punktowe urządzenia sygnalizacyjne (np. sygnalizatory SRS, budowane na wszystkich czynnych skrzyżowaniach pól eksploatacyjnych). Wobec ok. 2 mln budowanych rocznie kotwi (pojedyncza kotew zabezpiecza 2,25 m<sup>2</sup> stropu), średnia powierzchnia ulegająca rocznie zawałowi (263,7 m<sup>2</sup>) stanowi ok. 5,86×10<sup>-5</sup> zabezpieczanego co roku stropu.

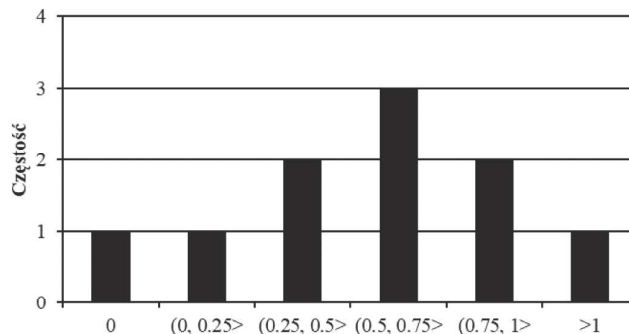
**Tabela 2. Statystyka zaistniałych zawałów w latach 2009-18**

**Table 2. Statistics on roof fall in 2009-18**

Parametr	Wielkość
Średnia wysokość	2,7 m (max 4 m)
Średnia powierzchnia	175,8 m <sup>2</sup>
Średnia objętość	462,1 m <sup>3</sup>

Histogram (rys. 7) przedstawia informację dotyczącą wysokości zawału ponad wysokość obudowy podstawowej. Zgodnie z definicją, przez zawał rozumie się przemieszczenie skał o wysokości równej lub większej niż wysokość obudowy podstawowej. Przyjęto 25 cm jako szerokość przedziałów.

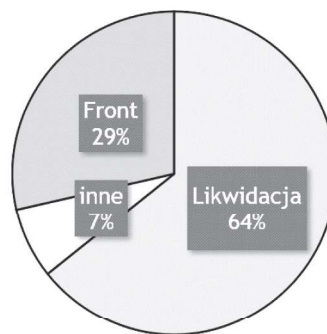
Histogram wysokości zawału w stosunku do skotwionej półki stropu bezpośredniego (rys. 7) pokazuje, że w zakresie (0,5:0,75 m), zaistniało najwięcej zawałów, ale również w każdym przyjętym przedziale doszło do co najmniej jednego zdarzenia. Nie ma więc granicznych wielkości (wysokości), wskazujących na możliwość zaistnienia zawału, bądź brak możliwości jego zaistnienia (dolna granica może wynikać z minimalnego ciężaru własnego).



**Rys. 7. Histogram wysokości zawału ponad wysokość kotwienia**

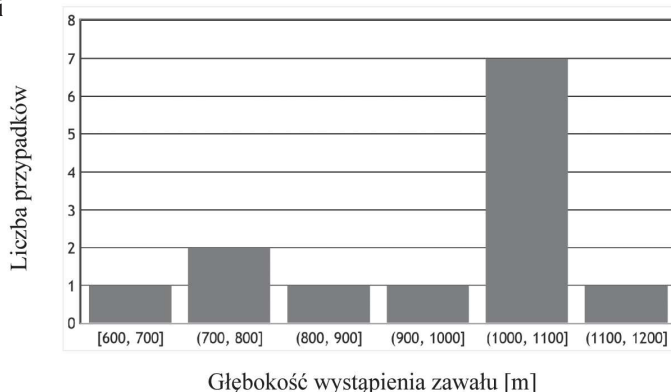
**Fig. 7. Histogram of height of roof fall above anchoring height**

Zawał stropu z lutego 2018 r. odbiega od zdarzeń zaistniałych w latach 2009-18 ze względu na miejsce jego zaistnienia oraz głębokość. Zagrożenie zawałami utożsamiane jest głównie z prowadzeniem robót w parcelach likwidacyjnych, w których dochodziło do 64% zawałów (rys. 8). Głębokość, na której doszło do zawału, wynosząca ok. 1200 m, jest największą (rys. 9), jednak nie jest uważana za decydujący czynnik kształtujący zagrożenie zawałami (4). Wysoką liczbę zdarzeń w przedziale 1000÷1100 m, należy wiązać z powierzchnią stropu odsłanianego na tych głębokościach.



**Rys. 8. Miejsce wystąpienia zawału w latach 2009-18**

**Fig. 8. Places of roof fall 2009-18**



**Rys. 9. Głębokość wystąpienia zawału w latach 2009-18**

**Fig. 9. Depth of roof fall in 2009-18**

Dotychczasowe zdarzenia oraz doświadczenia z prowadzenia robót górniczych w polach eksploatacyjnych, wskazują na istotną rolę wzmocnienia stropu w ocenie stanu warstw stropowych. Sygnalizatory Rozwarstwień Stropu - SRS, wzmocnienie oraz bieżące obserwacje stropu, stanowiły podstawowe metody oceny zamian zachodzących w górotworze. W przypadku wyrobisk udostępniających i przygotowawczych, ww. obserwacje są wykonywane doraźnie, według potrzeb. Wobec budowy pułapek gazowych w rejonie m.in. struktur geologicznych kojarzonych z możliwością występowania zjawisk gazogeodynamicznych, po ujęciu z nich gazu może zachodzić konieczność rozszerzenia obserwacji górotworu ze względu na zagrożenie zawałami.

## 7. Podjęte działania

Większość zjawisk stwierdzono po robotach strzałowych, które odsłaniały kawerny, zarówno w stropie, jak i ociosach wyrobisk. Kawerny wypełnione były dolomitem wapnistym w formie blaszkowanych płytek. Nie stwierdzono równoczesnej emanacji gazów szkodliwych. Rygory wierceń wyprzedzających, nawet najostrożniejsze, nie są w stanie jednoznacznie wykluczyć możliwości wystąpienia pułapek gazowych o podobnym rozmiarze, których rozkład w górotworze ma charakter nieprzewidywalny. Z uwagi na lokalny charakter zjawiska, dla każdego potencjalnego źródła zakłady górnicze podejmują decyzje o zagęszczeniu wierceń (np. sześć otworów z jednego chodnika dla okonturowania stwierdzonego jednym otworem źródła emanacji gazu). Wobec obecności zjawisk o potencjalnie gazogeodynamicznym charakterze, rozważana jest potrzeba wprowadzenia obowiązku posiadania aparatów typu „Manta” przez wszystkie osoby przebywające w przodkach wyrobisk, w których prowadzone jest rozpoznanie robotami wiertniczymi, jak również przez operatorów kotwiarów zabudowujących strop i ociosy rozpoznanych wyrobisk czy obserwatorów działów tapani, z uwagi na możliwość nawiercenia lokalnych, małych pułapek gazowych.

Zakres działań podjętych po zdarzeniu z dnia 27 lutego 2018 r. obejmował szereg czynności: przeprowadzono szczegółowe udokumentowanie fotograficzne, geologiczne i miernicze miejsca zdarzenia oraz pobrano próby skał do zbadania ich gazonośności. Kierownik ruchu zakładu górniczego ustalił zakres i zasady dodatkowego rozpoznania struktury geologicznej górotworu w strefie drażenia chodników oraz zasady i rygory prowadzenia robót w rejonie drażonych chodników, zawierające sposób rozpoznawania i zwalczania zagrożenia wyrzutowego skojarzonego z zagrożeniem zawałowym, uwzględniających wnioski i opinie uzyskane od instytucji opiniodawczych zaangażowanych w ocenę wszystkich zaistniałych zjawisk gazogeodynamicznych.

## 8. Wnioski

Rozwój eksploatacji oparty będzie w dużym stopniu na udostępnieniu obszaru Głogów Głęboki-Przemysłowy, czyli prowadzeniu robót na poziomie 1200 m i poniżej oraz spodziewanej zwiększonej intensywności zjawisk gazowych. Zachodzi więc konieczność wypracowania metody, która pozwoliłaby na ujęcie liczbowe determinujących je czynników gazogeodynamicznych. Czynniki te zostały częściowo scharakteryzowane, głównie fenomenologicznie i niekiedy w postaci danych liczbowych jak np. wielkość wypływu gazu z otworu wiertniczego.

Zagrożenie zawałami w sytuacji współwystępowania zjawisk gazogeodynamicznych będzie charakteryzować się nasileniem przejawów. Wykonywanie prac związanych z naruszeniem ciągłości stropu, tj. wykonywanie obudowy kotwowej, wierceń otworów w stropie, wiąże się z koniecznością stosowania urządzeń do pomiaru stężeń gazów oraz szybkiego izolowania dróg oddechowych. Doświadczenia i nowe informacje zdobyte w związku ze zdarzeniem z 27 lutego 2018 r., powinny zostać wykorzystane przy dalszych pracach nad stosowanymi środkami technicznymi, technologicznymi i organizacyjnymi, pozwalającymi zapewnić warunki prowadzenia robót górniczych na akceptowalnym poziomie ryzyka. Informacja ta może być wykorzystana przy projektowaniu eksploatacji w podobnych warunkach geologicznych. Dodatkowo, istnieje pilna potrzeba powrotu do badań nad wpływem kierunków pierwotnych naprężeń poziomych na współdziałanie obudowy kotwowej z górotworem. Pośrednie pomiary naprężeń wykonywane w przeszłości wskazywały na ich istotny udział w ogólnym stanie naprężeń.

Funkcjonujący dobór obudowy kotwowej jako reguła prawna w ocenie statystycznej nie budzi zastrzeżeń. Potwierdzeniem są różnego rodzaju metody porównawcze, obliczeniowe, zapożyczone z budownictwa tunelowego np. wykorzystanie wzorów klasyfikacji jakości masywu skalnego RMR (Bieniawski 1989), Q (Barton i in. 1974) czy RMI (Palmström 1996). Jednakże współwystępowanie dodatkowego czynnika, jakim jest ciśnienie porowe gazów w szkieletie skalnym wymaga dodatkowych pomiarów, obliczeń i analiz, by potwierdzić prawidłowość stosowanych praktyk.

## Literatura

- Aktualizacja** prognozy regionalnej zagrożenia gazowego i gazogeodynamicznego – wyrzutami gazów i skał, ze szczególnym uwzględnieniem występowania siarkowodoru i węglowodorów w części złoże: Sieroszowice, Rudna oraz Głogów Głęboki-Przemysłowy, pod red. Macuda J. Kraków, 2017.
- BARTON N., LIEN R., LUNDE J. 1974 - Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics. Springer-Verlag.
- BIENIAWSKI Z.T. 1989 - Engineering Rock Mass Classifications: a Complete Manual. New York.
- BUTRA J. 2010 - Eksploatacja złoże rud miedzi w warunkach zagrożenia tapaniami i zawałami. Wrocław.
- HOEK E., KAISER P.K., BAWDEN W.F. 1995 - Support of underground excavations in hard rock. Balkema, Rotterdam.
- KABIESZ J. 2002 - Współwystępowanie i wzajemne oddziaływanie naturalnych zagrożeń górniczych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice.
- MATUSZ CZ., SZCZERBIŃSKI K. 2013 - Zwalczanie skutków zawałów skał oraz działania mające na celu zmniejszenie ilości zawałów i wypadków w kopalni „Polkowice-Sieroszowice”, Wrocław.
- PALMSTRÖM A. 1996 - Characterizing Rock masses by the RMI for use in practical rock engineering. Tunneling and Underground Space Technology.
- PRUSEK S., RAJWA S., WRAN A., RAWICKI Z. 2017 - Obwały skał stropowych w przodkach wyrobisk korytarzowych - badania ankietowe. Katowice.
- PYTEL W. 2012 - Geomechaniczne problemy doboru obudowy kotwowej dla wyrobisk górniczych, Wrocław.
- Rozporządzenie** Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.
- VERGNE J. 2003 - Hard Rock Miner's Handbook. USA, Arizona.

Artykuł wpłynął do redakcji – luty 2019

Artykuł akceptowano do druku – marzec 2019