



Zarządzanie monitoringiem zagrożeń w górnictwie

Piotr MAŁKOWSKI¹⁾

²⁾ dr hab. inż.; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza; email: malkgeom@agh.edu.pl

DOI: 10.29227/LM-2017-02-24

Streszczenie

Zagrożenia naturalne są nieodłączną częścią prowadzenia działalności górniczej. Dotyczy to prowadzenia zarówno eksploatacji podziemnej, jak i odkrywkowej. Zagrożenia powodują nie tylko opóźnienia realizacji planowanych robót górniczych będąc przyczynami awarii maszyn i urządzeń, ale często w sposób ciągły stanowią ryzyko utraty zdrowia i życia dla pracujących górników. W celu zapobiegania zdarzeniom, które naraziłoby na straty zakład górniczy oraz w celu kontroli poziomu zagrożenia prowadzony jest zwykle specjalny monitoring – stały, okresowy lub doraźny. Dostarcza on aktualnych danych o stanie górotworu, pokazuje parametry dotyczące zagrożeń naturalnych oraz jest praktycznie jedyną metodą zweryfikowania poprawności przyjętych założeń projektowych dotyczących stateczności wyrobisk, stateczności filarów lub skarp i zboczy oraz doboru obudowy.

W artykule przedstawiono wytyczne dotyczące planowania i projektowania monitoringu zagrożeń w górnictwie. Dotyczy on zarówno zagrożeń kwalifikowalnych, które znalazły się w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych, jak i niekwalifikowalnych, jak np. zagrożenie zawałowe występujące w polskich kopalniach miedzi. Choć przepisy górnicze generalnie wskazują czynniki naturalne lub techniczne, które powinny być kontrolowane, to zakres monitoringu oraz wybór i dobór parametrów technicznych urządzeń pomiarowych pozostawiają w gestii dozoru wyższego, a przede wszystkim kierownika ruchu zakładu górniczego. Wymaga to od inżynierów odpowiedniego zarządzania monitoringiem i umiejętności jego właściwej organizacji. W artykule przedstawiono zatem schemat postępowania, który musi zostać zrealizowany by wdrożony system kontroli zagrożenia był skuteczny. Tylko wówczas można ocenić poziom ryzyka i dobrać odpowiednie metody zwalczania zagrożenia. Należy przy tym podkreślić, że monitoring należy na bieżąco dostosowywać do zmieniającej się sytuacji górniczej i zmieniających się warunków geologicznych wraz z postępowaniem robót górniczych.

Słowa kluczowe: górnictwo, zarządzanie monitoringiem, zagrożenia górnicze, przepisy górnicze

Wstęp

Prowadzenie działalności górniczej wiąże się z wieloma zagrożeniami, które towarzyszą jej przez cały okres trwania. Występują one zarówno podczas prowadzenia eksploatacji podziemnej, jak i odkrywkowej. Choć ich intensywność jest różna w czasie, w wielu przypadkach są przyczynami awarii maszyn i urządzeń, niespodziewanych przerw w eksploatacji, a często w sposób ciągły stanowią ryzyko utraty zdrowia i życia dla pracujących górników. W celu minimalizacji prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia, które naraziłoby na straty zakład górniczy prowadzony jest specjalny monitoring. Może on być stały, okresowy lub doraźny, a jego zakres zależy od czynników naturalnych oraz możliwości technicznych wykonywania pomiaru. Należy podkreślić, że tylko monitoring dostarczających aktualnych danych o stanie górotworu i parametrach dotyczących zagrożeń naturalnych pokazuje rzeczywisty poziom zagrożenia, który może znacząco różnić się od wykonywanych wcześniej prognoz (Trenczek i inni 2012). Jednocześnie pomiary ruchów górotworu oraz badania kontrolne właściwości skał są jedyną metodą oceny poprawności przyjętych założeń projektowych dotyczących stateczności wyrobisk i filarów oraz doboru obudowy (Brady i Brown 2006, Majcherczyk i inni 2006a) lub też jej optymalizacji (Niedbalski i inni 2013).

Generalnie monitoring w górnictwie rozwija się w sześciu zasadniczych kierunkach:

- Kontroli właściwości i zachowania się górotworu w celu weryfikacji założeń projektowych;
- Monitoringu zagrożeń naturalnych;
- Oceny wpływu działalności górniczej na środowisko;
- Stanu pracy urządzeń i alarmowania o stanach awaryjnych;
- Kontroli położenia maszyn (drażących, kotwiących – kopalnie podziemne rud lub odstawczych – kopalnie odkrywkowe rud);
- Oceny on-line zawartości metali w rudach i jakości urobku.

Najważniejszy z powyższych, ponieważ często decydujący o życiu górników jest monitoring zagrożeń. Tylko on pozwala na natychmiastową reakcję na zagrożenie, którą jest wycofanie załogi z miejsca niebezpiecznego. Ponadto polepsza on organizację pracy w miejscach zagrożeń i usprawnia procesy górnicze, poprzez możliwość przeciwdziałania ewentualnym problemom. Drugim najważniejszym kierunkiem kontroli jest stały monitoring górotworu, który weryfikuje przyjmowane obliczeniowe modele geomechaniczne oraz wskazuje na ruchy, które mogą być także symptomami rozwijających się zagrożeń

(np. tąpnięcia, obwały, osuwiska). Ocena wpływu działalności górniczej na środowisko prowadzona jest w szerokim zakresie zarówno podczas prowadzenia prac górniczych, jak i po ich zakończeniu. Jej tematyka wykracza często poza technologie górnicze, niemniej stanowi istotny aspekt prawny uzyskania zezwoleń na eksploatację kopaliny, oraz na zakres i czas tej eksploatacji (Woźniak i Nieć 2009). Kontrola stanu pracy maszyn, to możliwość oceny efektywności ich wykorzystania, doboru właściwych parametrów pracy urządzenia dla danych warunków górniczo-geologiczno-technicznych i łatwej jego integracji z innymi maszynami (Świerk i inni 2009, Trenczek i inni 2012). Może także pokazać stopień zużycia elementów urządzenia i wskazywać stany awaryjne. Kontrola położenia maszyn drążących, kotwiących lub odstawczych to przede wszystkim lepsza organizacja pracy maszyn, optymalizacja ich wykorzystania, a przede wszystkim, szybka reakcja na awarie (Schools 2015). Z kolei ocena on-line jakości urobku to natychmiastowa identyfikacja złożeń w górotworze (np. zawartość metalu w rudzie), również lepsza selekcja urobku (bunkry, zwałowiska) i możliwość selekcji urobku do dalszej przeróbki i wzbogacania (Minnit 2014).

Pośród wymienionych powyżej najtrudniejszym tematem pod względem technicznym i organizacyjnym jest kontrola zagrożeń naturalnych. W niniejszym artykule przedstawiono i objaśniono schemat zarządzania monitoringiem dotyczącym zagrożeń w górnictwie. Pokazano jakie kroki należy podjąć, aby kontrola taka była skuteczna oraz jakie szczegóły powinny zostać rozważone podczas projektowania monitoringu. Wskazano także, gdzie powinny zostać wykorzystane uzyskane informacje z prowadzonych prac kontrolnych.

Monitoring a przepisy

Przepisy górnicze nakładają na przedsiębiorcę obowiązki prowadzenia monitoringu zagrożeń. Problemem jest jednak to, że część zagrożeń jest kwalifikowalna, a część nie, a ponadto sposób i zakres pomiarów nie zawsze jest w przepisach dokładnie ustalony. Aktualnie obowiązujące rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. 2014, poz. 1129) definiuje i określa zasady oceny niżej wymienionych zagrożeń naturalnych, natomiast nie podaje sposobu i metod ich kontroli. Są to zagrożenia:

- a) tąpniętami,
- b) metanowe,
- c) wyrzutami gazów i skał,
- d) wybuchem pyłu węglowego,
- e) klimatyczne,
- f) wodne,
- g) osuwiskowe,
- h) erupcyjne,
- i) siarkowodorowe,
- j) substancjami promieniotwórczymi.

Należy zauważyć, że spośród wymienionych nie ma zagrożeń związanych z utratą stateczności wyrobisk podziemnych: zagrożenia zawałowego, inaczej określanym jako zagrożenia obwałami i opadem skał stropowych (Butra 2010, Konopko 2014), lub też zagrożenia związanego z zaciskaniem wyrobisk. Są to bowiem zagrożenia górnicze, łączące przyczyny naturalne z przyczynami o charakterze technologicznym. Pierwsze z nich występuje przede wszystkim w skałach mocnych i uwarstwionych np. w kopalniach należących do KGHM (Matusz i Szczerbiński 2013, Mirek i inni 2008) i niejednokrotnie było przyczyną zdarzeń śmiertelnych (Mirek i inni 2008, Butra 2010). Drugie jest typowe dla wszystkich wyrobisk drążonych w górotworze słabym, gdzie ciśnienia górotworu i wielkość strefy spękań wokół wyrobiska stopniowo ograniczają jego funkcjonalność (Majcherczyk i inni 2006a, Prusek i inni 2016), w skrajnych przypadkach wymagając przebudowy wyrobiska lub pobierki spągu, często wstrzymując na długie miesiące postęp prac górniczych.

W Rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych w paragrafie 27 jest zapisane, że „zakład górniczy wyposaża się w system kontroli stanu zagrożeń, który obejmuje w szczególności (pkt 1 i 2): system gazometryczny i system monitorowania zagrożenia tąpniętami, w którego skład wchodzi w szczególności system sejsmoakustyczny i sejsmologiczny. Zakres i zasady stosowania urządzeń systemów są określane przez kierownika ruchu zakładu górniczego” (pkt. 4). W tym samym dokumencie dość enigmatycznie zapisano (§ 41), że wyrobisko jest „kontrolowane przez pracowników odpowiedniego oddziału ruchu zakładu górniczego” (pkt. 2), natomiast nie jest podane jak i w jakim zakresie. W przypadku obudowy wyrobisk korytarzowych (Dział I, rozdział 6) w § 119, pkt. 4 napisano, że: „wyrobiska, w których nie wykonano obudowy, kontroluje się z częstotliwością określoną przez kierownika działu górniczego”, natomiast w § 121. w pkt. 1, podano że „częstotliwość kontroli stanu obudowy wyrobisk jest określana przez kierownika działu górniczego”. W dalszych paragrafach nie ma jednak żadnych szczegółów, oprócz ogólnych wytycznych dotyczących badania stanu technicznego obudowy szybów i szybków (w § 121., pkt. 7). W paragrafie 125, w którym mowa jest o samodzielnej obudowie kotwowej i kotwowo-podporowej, tylko w przypadku kopalń węgla napisano o ustaleniu przez „kierownika działu górniczego na podstawie projektu opracowanego przez rzeczoznawcę sposobu instalowania i rozmieszczenia wskaźników rozwarstwień” (pkt. 4). W przypadku kopalń miedzi wspomniano tylko (zresztą taki sam zapis jest także w przypadku stosowania obudowy kotwowej w kopalniach węgla), że „projekt techniczny obudowy zawiera w szczególności organizację nadzoru i kontroli”

(pkt. 1.4f i 2.4g). Czego ma dotyczyć kontrola (górotworu, obudowy?) nie zostało to sprecyzowane.

Nieco lepiej określone zostały ramy kontroli dotyczące przewietrzania wyrobisk (Dział III - Przewietrzanie), bowiem generalnie podano, co należy kontrolować i z jaką częstotliwością. Na przykład w § 159 w punkcie 1 zapisano, że „stacje wentylatorów głównych wyposaża się w przyrządy dokonujące ciągłych pomiarów:

- 1) ciśnienia statycznego powietrza w kanale wentylacyjnym przed i za zasuwą (klapą);
- 2) prędkości powietrza w kanale wentylacyjnym;
- 3) ciśnienia statycznego powietrza w przekroju szybu wydechowego poniżej kanału wentylacyjnego”; co jasno określa wymagania dotyczące monitoringu.

Zamieszczone w Dziale V, dotyczącym Zagrożeń występujących w ruchu zakładu górniczego wytyczne dotyczące ich kontroli pokazują główne kierunki badań, co do mierzonych wielkości i częstości pomiarów. W § 245 dotyczącym kontroli zagrożenia tąpnięciami podano, że należy „wykonywać bieżącą rejestrację i analizę aktywności sejsmicznej górotworu w aspekcie możliwości jej oddziaływania na wyrobiska górnicze oraz obiekty powierzchniowe (pkt. 2a), oraz dokonywać, pomiarów (pkt. 2b):

- własności geomechanicznych złoża i skał otaczających, w tym pomiarów wykonywanych metodami geofizycznymi w otworach wiertniczych,
- sejsmicznych w złożu oraz w skałach otaczających dla oceny występującego w nich stanu naprężeń, w aspekcie oceny zagrożenia sejsmicznego i zagrożenia tąpnięciami,
- elektrooporowych dla oceny stanu spękania, porowatości i innych cech warstw skalnych,
- badań z zakresu geofizyki inżynierskiej w aspekcie pomiarów, interpretacji i oceny wpływu wstrząsów na obiekty powierzchniowe, w tym badań stref nadkładu w celu określania współczynników amplifikacji drgań gruntu,
- innych badań i pomiarów geofizycznych.”

Dokument zaznacza, że wszystkie powyższe badania należy prowadzić „w zakresie ustalonym przez kierownika ruchu zakładu górniczego (KRZG)”.

W przypadku zagrożenia metanowego (Dział V, rozdział III) podano dość szczegółowo wymagane krytyczne stężenia tego gazu, które mogą wystąpić w poszczególnych wyrobiskach kopalni oraz wskazano miejsca pomiarów, zaznaczając, że „zakres i częstotliwość kontroli przeprowadzanych przez metaniarzy oraz osoby dozoru ruchu działu górniczego, energomechanicznego i działu wentylacji uwzględnia analiza warunków technicznych projektowanych wyrobisk uwzględnia (§ 290, pkt. 3-4) i może ona w razie potrzeby zostać zwiększona, a zmiany zostaną zatwierdzone przez osoby dozoru ruchu górniczego (§ 292, pkt. 3). W rozdziale tym podano

także wytyczne dotyczące kontroli odmetanowywania złoża, które zależy od ciśnienia tego gazu w wyprzedzających otworach kontrolnych (§ 339).

Wobec zagrożenia wyrzutami gazów i skał należy dokonywać „kontrolnych pomiarów intensywności desorpcji metanu i ilości zwiercin” (§ 384), natomiast w rejonach niestwierdzonych wcześniej „zaburzeń geologicznych przerywających ciągłość pokładu, ocenę stanu zagrożenia wyrzutami gazów i skał w ścianie prowadzi się w sposób dostosowany do lokalnych warunków i w zakresie wyznaczonym przez kierownika ruchu zakładu górniczego” (§ 392). Zatem ponownie KRZG ma zdecydować o tym, co i w jakim zakresie zostanie skontrolowane.

W rozdziale 5, dotyczącym zagrożenia wybuchem pyłu węglowego ponownie dość precyzyjnie podano co i gdzie należy kontrolować, aby zagrożenie zostało ... Generalnie badania polegają na ocenie zawartości części niepalnych stałych lub wody przemijającej w pyłe kopalnianym (§ 415, 419, 441), które kwalifikują wyrobisko do odpowiedniej klasy zagrożenia.

W przypadku zagrożenia klimatycznego i wodnego (rozdział 6 i 7) badania polegają na pomiarze temperatury (klimatyczne - § 444) oraz nie rzadziej niż 2 razy do roku pomiarze dopływu wód do wyrobisk górniczych i raz w roku analizie chemicznej wód dopływających do wyrobisk górniczych (wodne - § 449).

Przepisy podają także precyzyjnie jakich pomiarów dokonuje się w przypadku zagrożenia radiacyjnego. Są to (§ 446, pkt. 1):

- radiacyjne stężenia w powietrzu energii potencjalnej alfa krótkożyciowych produktów rozpadu radonu;
- ekspozycja na zewnętrzne promieniowanie gamma;
- stężenia promieniotwórczego izotopów radu Ra-226 i Ra-228 w wodach kopalnianych;
- stężenia promieniotwórczego izotopów radu: Ra-226, Ra-228 i Ra-224 oraz izotopu Pb-210 w osadach kopalnianych; a rejestr dawek indywidualnych dla pracowników reguluje Prawo atomowe według art. 17 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. Osoby odpowiedzialne za pomiary wyznaczane są przez kierownika ruchu zakładu górniczego.

Najłatwiej według cytowanego czas dokumentu jest oceniać zagrożenie pożarowe, bowiem „w zakładzie górniczym wydobywającym węgiel kamienny pobiera się próbki węgla w celu określenia możliwości samozapalenia się węgla i oznaczenia wskaźnika samozapalności, a sposób pobierania próbek określa Polska Norma” (§ 471, pkt. 1).

Dodatkowo w załączniku 3 uszczegółowiono rodzaje pomiarów i działania, jakie muszą być podjęte w przypadku stwierdzenia poszczególnych zagrożeń (bez wodnego i radiacyjnego), w tym szeroko opisano

także metody wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych. W załączniku znajdują się zalecane metody pomiarowe, ale praktycznie w każdym punkcie zaznaczono, że „Zasady wykorzystania metod określa kierownik ruchu zakładu górniczego”.

W Dziale VI w rozdziale 7: „Obiekty budowlane zakładu górniczego” podano również wymogi dotyczące kontroli obiektów budowlanych, znajdujących się na terenie zakładu górniczego. W § 779, pkt. 1. napisano, że „kontrolę okresową obiektów budowlanych zakładu górniczego, w których są zabudowane konstrukcje kablo-betonowe i strunobetonowe, uwzględniają ocenę stanu technicznego i warunków użytkowych tych elementów, w szczególności w zakresie: zidentyfikowania spękań i zarysowań, obciążeń lub odciążeń nieprzewidzianych w projekcie budowlanym, posadowienia, szczelności pokrycia dachowego”. Pomimo tego, że przepis ten należy stosować do wszystkich obiektów budowlanych, m.in. nadszybi, stacji wentylatorów, stacji odmetanowania, szybowych wież wyciągowych, urządzeń przerobczych itd., nie został podany sposób i zakres ich kontroli.

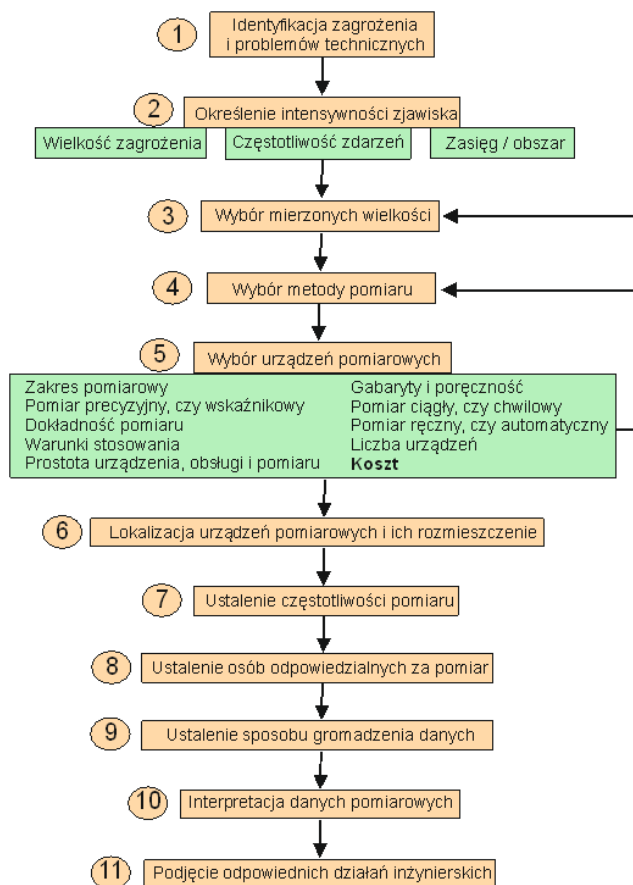
W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego (Dz. U. poz. 1008) w § 29. Pkt 1 można przeczytać, że „stan wyrobisk górniczych i zwałowisk podlega okresowym kontrolom, wykonywanym przez osoby kierownictwa lub dozoru ruchu zakładu górniczego, w zakresie i w terminach ustalonych przez kierownika ruchu zakładu górniczego”. W pkt. 2. podano, że „sposób dokumentowania kontroli, o których mowa w ust. 1, określa kierownik ruchu zakładu górniczego”. Podobnie jest w rozdziale 3 dotyczącym zagrożeń, gdzie podano, iż (§ 48. Pkt. 1.) „Oceny zagrożeń występujących w ruchu zakładu górniczego dokonuje kierownik ruchu zakładu górniczego, który w szczególności powołuje zespół lub zespoły do rozpoznawania i zapobiegania zagrożeniom występującym w ruchu zakładu górniczego oraz ustala tryb ich działania”, podobnie jak (pkt. 2) „zasady prowadzenia ruchu zakładu górniczego, które zawierają ustalenia dotyczące pomiarów i kontroli”. Także kierownik ruchu zakładu górniczego jest odpowiedzialny za sposób organizacji badań i interpretacji skutków wstrząsów oraz metod usuwania zagrożenia sejsmicznego (jeżeli takie występują, § 50. Pkt. 2a). Dokument nie precyzuje jednak na jakich mierzonych parametrach miałby się oprzeć.

W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. poz. 812) w rozdziale 5 dotyczącym zagrożenia pożarowego i zagrożenia wybuchem, w paragrafie 149, pkt 2 napisano, że „przy wykonywaniu robót wiertniczych i prowadzeniu eksploatacji otworami wiertniczymi wymagane jest

posiadanie odpowiedniego sprzętu do kontroli atmosfery wybuchowej mogącej wystąpić w rejonie otworów wiertniczych, maszyn i urządzeń. Ponadto w punkcie 4 jest zapis, który mówi, że „Jeżeli dokument bezpieczeństwa tego wymaga, instaluje się przyrządy mierzące stężenia gazów w sposób automatyczny i ciągły, a także automatyczne urządzenia alarmujące oraz urządzenia automatycznie odcinające prąd w instalacjach elektrycznych i silnikach spalinowych. Wyniki pomiarów automatycznych rejestruje się i przechowuje zgodnie z wymaganiami dokumentu bezpieczeństwa”. Według cytowanego Rozporządzenia: „strefy zagrożenia wybuchem i zagrożenia pożarowego określa kierownik ruchu zakładu górniczego otworowego, zgodnie z zasadami techniki górniczej”. Kierownik ruchu zakładu górniczego otworowego podejmuje również działania (Rozdział 6 - Ochrona środowiska) mające na celu „zmniejszenie negatywnego wpływu działalności zakładu górniczego otworowego na środowisko”. Według § 166, pkt. 1.: „W zakładzie górniczym otworowym prowadzi się obserwacje i pomiary wpływu robót górniczych na powierzchnię oraz zmian stosunków wodnych i tła gazowego w powietrzu glebowym – w zakresie dostosowanym do możliwego oddziaływania zakładu górniczego otworowego na środowisko”. Jak to mają być obserwacje i co konkretnie należy kontrolować dokument nie podaje. W kolejnych rozdziałach dotyczących magazynowania węglowodorów, eksploatacji otworowej siarki i soli wielokrotnie natomiast podano, że w otworach wiertniczych i punktach obserwacyjnych prowadzi się obserwacje, pomiary i badania, ustalające ciśnienie wód. W przypadku ługowania soli należy także prowadzić kontrolę kształtu i wielkości komór, a wytyczne w tym zakresie zawarto w § 314-320, z tym, że: „szczegółowe zakresy pomiarów, badań i obserwacji oraz ich częstotliwość określa kierownik ruchu zakładu górniczego otworowego”.

Z powyższego przeglądu dokumentów wynika zatem jasno, że monitoring zagrożeń występujących w zakładzie górniczym, jak i monitoring górotworu jest sprawą otwartą i leży w gestii kierownika ruchu zakładu górniczego. Może on posiłkować się wiedzą rzeczoznawców lub specjalnie powoływanych przez siebie zespołów roboczych, lecz ostateczna decyzja należy do niego.

W cytowanych powyżej rozporządzeniach najmniej informacji dotyczy stateczności wyrobisk górniczych. Interesujący jest fakt, że takie wytyczne znajdują się w... rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 2 kwietnia 2012 (Dz. U. poz. 452) w sprawie określenia wymagań, jakim powinny odpowiadać zakłady i urządzenia lecznictwa uzdrowiskowego. Tu w § 16 zapisano, że w podziemnym wyrobisku górniczym, w którym zorganizowano zakład lecznictwa uzdrowiskowego „stropy i ociosy wyrobiska oraz stan techniczny i stateczności



Rys. 1. Schemat organizacji i zarządzania monitoringiem w górnictwie

Fig. 1. Monitoring management flowchart for mining

obudowy powinny podlegać stałej kontroli w celu zachowania bezpieczeństwa” (pkt. 2) oraz, że „prace zabezpieczające prowadzone w urządzonym podziemnym wyrobisku górniczym powinny być wykonane na podstawie:

- a) pomiarów zamontowanych rozwarstwieniomerzy,
- b) pomiarów konwergencji pionowej i poziomej,
- c) okresowych pomiarów niwelacyjnych,
- d) badań próbek pobranych z miejsc wykonywanych iniekcji skał” (pkt. 7).

Zatem metody monitoringu zostały w tym przypadku sprecyzowane i Minister Środowiska, jako jedyny wyszedł naprzeciw potrzebom kontroli zagrożenia obwałami skał stropowych i ociosowych.

Jednocześnie trzeba zaznaczyć, że w przypadku nieklasyfikowanego zagrożenia zawałowego również opracowano szereg metod oceny (Konopko 2014, Prusek i inni 2016), jak i metod kontroli i pomiaru (Pytel 2012, Matusz i Szczerbiński 2013, Konopko 2014), które mogą być wykorzystywane w celu ograniczania i kontrolowania tego zagrożenia. Wytyczne te zostały jednak opracowane przez jednostki naukowo-badawcze, a nie sformułowane w przepisach, dotyczących prowadzenia ruchu zakładu górniczego.

Należy zauważyć, że kontrola stanu górotworu, czy też intensywności danego zagrożenia powinna nie tylko dawać precyzyjną ilościową informację o kontrolowanych parametrach, ale także umożliwić w łatwy sposób planowanie działań zapobiegających zagrożeniu lub jego zwalczaniu. Dobra organizacja monitoringu i dobór odpowiednich do tego urządzeń są zatem kluczowe, aby sprostać odpowiedzialności za mienie zakładu i móc w konsekwencji zapewnić zakres działań niezbędnych do obniżenia skali zagrożenia i zapewnienia bezpieczeństwa załodze.

Przykładem kompleksowego podejścia do zarządzania monitoringiem w górnictwie jest dokument zawierający wytyczne dotyczące identyfikacji, postępowania i dokumentowania opracowany przez władze Tasmanii (Tasmanian Government 2013) i zaakceptowany przez Głównego Inspektora Kopalń. W dokumencie tym oprócz rekomendacji dotyczących monitoringu i zachowania się pracowników w przypadku zagrożeń, znalazły się również zalecenia dotyczące zachowania się w szybach i na trasach przewozowych oraz dla operatorów szybowych i operatorów wozów górniczych. Połączono tu zatem wymogi odnośnie monitoringu z wymogami zasad BHP.

Podobny dokument, również w 2013 roku (Ministry of Business... 2013) został opracowany w Nowej

Zelandii. W tym przypadku w wytycznych dotyczących zarządzania systemami kontroli zagrożeń podano także jakie czynności należy podjąć w przypadku wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego i jak go dokumentować. Generalnie oba dokumenty są podobne.

Planowanie monitoringu górniczego

Jak można było zaobserwować w trakcie analizy polskich przepisów górniczych planowanie i organizacja monitoringu spoczywa na osobach dozoru. Nie jest to rzecz łatwa i oczywista wobec wielu czynników wpływających na poszczególne zagrożenia, koincydencję zjawisk oraz interdyscyplinarność problemów dotyczących górotworu oraz zagrożeń naturalnych (Konopko 2014). Można jednak podać ogólne zasady zarządzania monitoringiem, które prezentuje system blokowy przedstawiony na rys. 1. Należy zauważyć, że zarządzanie według Fayola (Czerwiński i inni 1999) to nie tylko projektowanie danego procesu, ale sześć kolejnych działań, które wzajemnie się uzupełniają i dopiero łącznie stanowią gwarancję właściwej realizacji danego przedsięwzięcia. Są to:

- przewidywanie (forecasting),
- planowanie (planning),
- organizowanie (organizing),
- dowodzenie (commanding),
- koordynowanie (coordinating),
- kontrolowanie (controlling).

Kontrola zagrożeń naturalnych powinna kłaść nacisk przede wszystkim na te z nich, które w danym rejonie kopalni są najbardziej intensywne i mogą powodować zagrożenie życia górników, przestoje w produkcji lub też uszkodzenie bądź zniszczenie maszyn i urządzeń. Początek rozważań dotyczących monitoringu musi zatem rozpocząć się od identyfikacji zagrożenia: czy rzeczywiście ono występuje w zakresie podlegającym jego kwalifikacji (punkt 1). W tej materii zdecydowanie najtrudniej, ponieważ nie precyzują tego przepisy, jest zdefiniować zagrożenie zawałowe, czy też zagrożenie obwałami i opadem skał stropowych. W celu podjęcia decyzji o wdrożeniu monitoringu należy zatem określić intensywność zjawiska: jak bardzo utrudnia prowadzenie prac górniczych, jak często dochodzi do zdarzeń niebezpiecznych lub utrudniających w istotnym stopniu prowadzenie prac górniczych (np. zaciskanie wyrobiska i wypiętrzanie spągu, które nie jest wprost zagrożeniem naturalnym) i na jak dużym obszarze dochodzi do tych zjawisk (punkt 2).

W kolejnym kroku należy ustalić, jakie wielkości będą monitorowane. Biorąc pod uwagę cytowane w poprzednim rozdziale przepisy, wielkości te w przypadku zagrożeń występujących w podziemnych i otworowych zakładach górniczych są generalnie określone. Problem pojawia się w przypadku monitoringu osuwisk lub też zagrożeń niekwalifikowanych. W tych przypadkach

należy wziąć pod uwagę, że zachowanie się górotworu może być oceniane w różnych aspektach. W przypadku zagrożenia osuwiskowego pomiary mogą dotyczyć (Milkowski i Nowak 2009):

- a. ruchów powierzchniowych, gdzie wykorzystać można pomiar geodezyjny, laserowy lub monitoring satelitarny;
- b. ruchów wglębnych mierzonych ekstensometrami lub inklinometrami;
- c. zmian poziomu i ciśnienia wody oraz zmian właściwości i stanu warstw skalnych, przede wszystkim spoistych.

Zatem pełny monitoring powinien dotyczyć każdego z trzech ww. obszarów, nie tylko wybranego. Podobnie w przypadku zagrożenia zawałowego. Monitoring może wówczas dotyczyć:

- a. konwergencji wyrobisk (a najlepiej szybkości konwergencji – Majcherczyk i inni 2006b, Butra 2010, Matusz i Szczerbiński 2013);
- b. rozwarstwień lub zeszczelinowania skał wokół wyrobiska (Brown i Brady 2006, Majcherczyk i inni 2006a, Pytel 2012);
- c. obciążeń obudowy (Majcherczyk i inni 2006a) i naprężeń w górotworze (Brown i Brady 2006, Pytel 2012).

Zatem metoda pomiaru będzie częściowo narzucona przez mierzoną wielkość (punkt 4), niemniej prawie każdy pomiar może być wykonywany precyzyjnymi elektronicznymi urządzeniami, bądź też o prostej i nieskomplikowanej budowie mechanicznej. Uwaga ta jest bardzo istotna w przypadku parametrów mierzonych pod ziemią, gdzie wilgotne i zapyłone środowisko może sprawiać w praktyce duże problemy z właściwym funkcjonowaniem danego urządzenia.

W tym miejscu należy przejść do punktu 5 zarządzania monitoringiem – „wybór urządzenia pomiarowego”. Urządzenia pomiarowe przeznaczone do prowadzenia bieżącej kontroli powinny mieć zakres i dokładność pomiarową wystarczającą dla precyzyjnej oceny stanu zagrożenia, przede wszystkim z punktu widzenia zdrowia i życia załogi. Niemniej pomiar może mieć charakter ilościowy, gdzie podawane będą dokładne wartości, bądź też wskaźnikowy, mając na celu informowanie o wroście stanu zagrożenia. Typowym tego przykładem są proste tzw. wskaźniki rozwarstwienia stropu SRS stosowane w KGHM (Matusz i Szczerbiński 2013, rys. 2), które pokazują intensywność procesu rozwarstwiania się mocnego stropu, bez podawania konkretnych wartości. W tym przypadku krążki ze sklejki o grubości ok. 5 mm znajdujące się na wystającym końcu kotwi pod stropem są sukcesywnie zrzucane w dół przy rozwarstwianiu się stropu na długości zabudowanej kotwi. Przeciwnym takiego pomiaru jest np. sonda ekstensometryczna, która z dokładnością 0,01 mm określa przemieszczenia



Rys. 2. Wskaźnik rozwarstwień stropu SRS
Fig.2. Fast separation indicator SRS



Rys. 3. Kotwiczki magnetyczne sondy ekstensometrycznej SRS
Fig. 3. Anchors of sonic extensometer

się warstw stropowych względem siebie, na zasadzie pomiaru zmiany pola magnetycznego, a pomiar dokonywany jest nawet w 20 punktach stropu jednocześnie za pomocą kotwiczek magnetycznych (rys. 3).

Dokładność pomiaru jest istotnym aspektem do rozważenia przy projektowaniu monitoringu, bowiem bardzo często ma bardzo duży wpływ na cenę urządzenia pomiarowego. Dodatkowo należy wziąć pod uwagę możliwość zastosowania danego czujnika, czy też systemu pomiarowego w warunkach kopalnianych (zapylenie, wstrząsy, temperatura), jego wielkość (problemy z transportem i montażem) i łatwość obsługi, bowiem najlepiej jest aby czujnik mógł być obsługiwany przez pracowników kopalni, a nie przez pracowników serwisu firmy, która go dostarczyła. Istotna jest więc również masa przyrządu, czas montażu urządzenia pomiarowego, czytelność wskaźnika lub przejrzystość interfejsu. W tym miejscu warto także rozważyć, czy projektowane urządzenie ma działać niezależnie jako pomiar ręczny, czy też wykorzystać jego kompatybilność z innymi posiadanymi już urządzeniami, które mogą pracować w jednym zestawie, stosując jedno wspólne oprogramowanie do wizualizacji pomiarów, oraz wykorzystać automatyczną transmisję danych siecią telekomunikacyjną (Trenczek i inni 2012), światłowodem, lub sygnałem radiowym. Dla przykładu, kontrolując zagrożenie gazowe i przypadek nagłego wdarcia się gazu z calizny do wyrobiska urządzenie powinno mieć bardzo krótki czas odpowiedzi, natomiast w przypadku pomiarów konwergencji chodnika lub komory kontrolę można dokonywać co kilka dni (wyrobiska korytarzowe przyścianowe), a nawet raz na rok (komory w kopalniach soli). Wymóg stałej i częstej kontroli pociąga za sobą zwykle konieczność ciągłego automatycznego pomiaru i wzrost ceny przyrządu. Może się więc zdarzyć, że ustalony pierwotnie zakres i dokładność pomiaru wraz z założeniem automatycznego ciągłego odczytu lub też inne wymagan-

ia będą w tym miejscu musiały zostać zweryfikowane i w efekcie zmniejszone, aby można było dokonać zakupu wystarczającej liczby urządzeń. Zatem jeżeli budżet nie pozwala na realizację pierwotnych zamierzeń należy wrócić do punktu 3 i raz jeszcze rozważyć jakie wielkości mogą być mierzone dla kontroli stanu zagrożenia lub też do punktu 4, aby ewentualnie zmienić metodę pomiaru, która alternatywnie spełni nasze oczekiwania.

Rozmieszczenie urządzeń pomiarowych i ich bieżący odczyt powinien zostać ustalony w chwili projektowania eksploatacji w danym rejonie kopalni. Wraz z postępem robót, zmieniającą się geometrią wyrobisk oraz wraz ze zmianą intensywności zagrożenia urządzenia pomiarowe powinny być przenoszone lub montowane nowe. Na nowo należy również ustalić częstotliwość pomiaru, mając na uwadze, że wraz z czasem niektóre z zagrożeń narastają, a niektóre maleją, jak np. intensywność ruchów górotworu wokół wyrobiska, które w przypadku skał słabych i łatwo odkształcalnych z czasem słabną.

Bardzo ważnym aspektem monitoringu jest ustalenie osób odpowiedzialnych za wykonywanie pomiarów. Nie można tej czynności zostawić przypadkowi i szeroko pojętemu „dozorowi wyższemu”. Obowiązki nadzoru kontroli powinna przejąć tylko jedna osoba, która osobiście każdego dnia (tygodnia, miesiąca) będzie dokonywać pomiaru lub też będzie wyznaczać osobę (lub osoby) do wykonywania pomiaru, a następnie będzie gromadzić dane pomiarowe (punkt 8). Wyniki pomiarów będą wówczas znajdować się w jednym miejscu i z łatwością będzie można je archiwizować. Dane te mogą być oczywiście gromadzone w określonym katalogu na serwerze lub wyznaczonym do tego komputerze, w przypadku monitoringu on-line. Sposób gromadzenia danych, ale również ich sposobu prezentacji powinien zostać ustalony przed rozpoczęciem pomiarów (punkt 9). Dobra i przejrzysta wizualizacja otrzymywanych wyników bardzo ułatwia ich interpretację, a także informowanie

o stanach alarmowych. Krytyczne wartości danego parametru wraz ze sposobem informowania dozoru górniczego oraz załogi o zagrożeniu także muszą zostać ustalone przed rozpoczęciem pomiarów.

Co pewien czas, w zależności od liczby zgromadzonych pomiarów oraz istotności monitorowanego zagrożenia, pozyskane dane muszą zostać przeglądnięte i zinterpretowane (punkt 10), biorąc również pod uwagę wszystkie czynniki naturalne, górnicze i techniczne, które mogły wpłynąć na wyniki uzyskanych pomiarów (np. zmiana warunków stropowych lub spągowych, obecność uskoku na wybiegu wyrobiska, przesuwanie się frontu eksploatacyjnego, zmiana schematu obudowy, zmiana zawodnienia itd.). Jeżeli czynność ta jest skomplikowana należy wspomóc się jednostką naukowo-badawczą wyspecjalizowaną w tym zakresie. Pomiar nie może być pozostawiony „samemu sobie”. Pozyskiwane dane mają służyć pomocy w ocenie zagrożenia i podjęciu działań inżynierskich, które obniżą istniejący stan zagrożenia lub też zapewnią takie działania organizacyjno-techniczne, które zapewnią bezpieczeństwo załodze i ciągłość produkcji (punkt 11).

Wskazane jest także aby monitorować jednocześnie kilka różnych parametrów, bowiem kontrola jednej tylko wielkości może prowadzić do błędnej interpretacji wyników i oceny rzeczywistego stanu zagrożenia.

Podsumowanie

Najważniejszym celem prowadzenia pomiarów kontrolnych w górnictwie jest bezpieczeństwo. Przede wszystkim w odniesieniu do załogi, a następnie maszyn i urządzeń, które zapewniają ciągłość procesów technologicznych. Należy mieć świadomość, że monitoring nie może być bierny, lecz wymaga bieżących działań, które wymuszone są zmieniającą się sytuacją górniczą oraz zmieniającymi się warunkami geologicznymi, przede wszystkim na skutek naruszenia górotworu pracami górniczymi. Ponieważ większość decyzji odnośnie kontroli zagrożeń w zakładzie górniczym ma podjąć Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego odpowiednie zarządzanie monitoringiem jest kluczowe dla właściwej oceny tych zagrożeń. Należy zauważyć, że w przypadku niekwalifikowanych zagrożeń, na przykład zagrożenia zawałowego, w ogóle nie ma formalnych wytycznych dotyczących

mierzonych wielkości i ich zakresu, a także sposobu prowadzenia pomiaru. Brak odpowiednich zapisów w przepisach górniczych odnoszących się do takich zagrożeń, które zostały jednoznacznie zidentyfikowane wcale nie oznacza, że nie należy ich kontrolować. Wręcz przeciwnie, należy opracować system kontroli adekwatny do występujących warunków górniczo-geologicznych w danym polu górniczym, korzystając z doświadczeń innych krajów i jednostek naukowo-badawczych. Brak przepisów w tym zakresie może być korzystny ze względu na możliwość opracowania własnego autorskiego programu monitoringu. Ponadto opracowany system należy na bieżąco dostosowywać do zmieniającej się sytuacji górniczej i zmieniających się warunków geologicznych wraz z postępem robót górniczych.

Prowadzony monitoring, oprócz wiedzy dotyczącej aktualnego poziomu stanu zagrożenia, prowadzi przede wszystkim do wdrażania i kontroli skuteczności metod zwalczania zagrożeń. Mierzone parametry szybko i łatwo weryfikują wykorzystywane metody profilaktyki i pozwalają na ich optymalizację. Warto zauważyć, że wiele informacji dotyczących górotworu i atmosfery kopalnianej wykorzystywanych jest w zaawansowanych systemach zarządzania informacjami w nowoczesnych systemach wizualizacji i integracji urządzeń pomiarowych oraz systemach sterowania maszynami górniczymi. Wyniki monitoringu i przetwarzane na bieżąco dane pomiarowe mogą prowadzić do włączania i zatrzymywania maszyn urabiających, wentylatorów i klimatyzatorów, przenośników i innych urządzeń. Jednym z ważniejszych aspektów jest też wizualizacja stanów zagrożenia, która prowadzi do wycofania załogi z miejsc niebezpiecznych i wyłączenie wyrobisk z ruchu. Zatem do analiz wyników monitoringu i wykorzystania informacji w systemach alarmowych kopalni jest też niezbędna odpowiednia infrastruktura informatyczna.

Monitoring w górnictwie ma zdecydowanie największe znaczenie w przypadku prognozowania zagrożeń trudno przewidywalnych, jak tąpnięć, lub wyrzutów gazów i skał oraz zawałowego, które dodatkowo następuje w sposób nagły i narasta w krótkim okresie czasu. Prowadzenie działalności górniczej bez kontroli jej procesów oraz występujących zagrożeń naturalnych w nowoczesnym górnictwie jest dziś po prostu niezbędne.

Literatura – References

1. Butra J.: Eksploatacja złoża rud miedzi w warunkach zagrożenia tąpnięciami i zawałami. Centrum Badawczo-Rozwojowe Cuprum, 2010.
2. Brady B.H.G., Brown E.T.: Rock mechanics for underground mining. Third Edition. Springer 2006.
3. Czermiński A., Grzybowski M., Ficoń K.: Podstawy organizacji i zarządzania, Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni, Gdynia 1999.
4. Guidance for a Hazard Management System for Mines. Ministry of Business, Innovation and employment, New Zealand, June 2013.
5. Konopko W. (red.): Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa 2014.
6. Majcherczyk T., Małkowski P., Niedbalski Z.: Ruchy górotworu i reakcje obudowy w procesie niszczenia skał wokół wyrobisk korytarzowych na podstawie badań „in situ”. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Górnictwa i Geoinżynierii. Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Kraków 2006.
7. Majcherczyk T., Małkowski P., Niedbalski Z.: Speed of roof rock separation and a type of working's support. W: New technological solutions in underground mining”, International Mining Forum 2006, E. J. Sobczyk, J. Kicki (eds), Taylor & Francis Group, London 2006, s. 39–47.
8. Matusz Cz., Szczerbiński K.: Zwalczanie skutków zawałów skał oraz działania mające na celu zmniejszenie ilości zawałów i wypadków w kopalni „Polkowice-Sieroszowice”. Cuprum, nr 1, 2013, s. 33–44.
9. Milkowski D., Nowak J.: Zabezpieczenie i monitoring zagrożenia osuwiskowego na filarze rzeki Nysa Łużycka oraz osuwiska „Świniec”. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 6, 2009, s. 14–21.
10. Minnit R.C.A.: Sampling in the South African minerals Industry. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, vol. 114, January 2014, s. 63–81.
11. Mirek, A. Król, K. Marzec, M.: Ocena stanu zagrożenia tąpnięciami i zawałami w kopalniach KGHM Polska Miedź S. A. w roku 2006 oraz w I półroczu 2007 roku. WUG : Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 1, 2008, s. 8–17.
12. Niedbalski Z., Małkowski P., Majcherczyk T.: Monitoring of stand-and-roof-bolting support: design optimization. Acta Geodynamica et Geomaterialia, vol. 10, no. 2, 2013, s. 215–226.
13. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 19 maja 2014: W sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych. Dz. U. poz. 1129, Warszawa, 26 sierpnia 2014.
14. Principal Mining Hazard Management Plans. Guidance material. Department of Justice Tasmanian Government, 2013.
15. Prusek S., Rajwa S., Wrana A., Krzemień A.: Assessment of roof fall risk in longwall coal mines. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, Taylor Francis Online, 2016, s. 1–17, DOI: 10.1080/17480930.2016.1200897.
17. Pytel W.: Geomechaniczne problemy doboru obudowy kotwowej dla wyrobisk górniczych. KGHM CUPRUM sp. z o.o. CBR, 2012.
18. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 (Dz. U. poz. 1118) w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.
19. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. (Dz. U. poz. 1008) w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego.

20. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. (Dz. U. poz. 812) w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi.
21. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 (Dz. U. Nr 139, poz. 1129) w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych.
22. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 kwietnia 2012 (Dz. U. poz. 452) w sprawie określenia wymagań, jakim powinny odpowiadać zakłady i urzędnicy lecznictwa uzdrowiskowego.
23. Schools T.: Condition Monitoring of Critical Mining Conveyors. *Engineering & Mining Journal*, March 2015, s. 1–3.
24. Świerk P., Foks K., Wilczak M., Ziewiecki W.: Monitoring pracy maszyn i urządzeń. *Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji*, nr 1, 2016, s. 324–336.
25. Trenczek S., Mróz J., Krzystanek Z., Isakow Z., Małachowski M., Oset K.: Rozwój systemowego monitorowania zagrożeń w górnictwie podziemnym. *Mechanizacja i automatyzacja górnictwa*, nr 11, 2012, s. 4–19.
26. Woźniak H., Nieć M. (red.): *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2009.

Management of Mining Hazard Monitoring

The natural hazards are an inherent part of any mining activity. They concern both, underground and open-pit methods. The hazards cause not only the delay against the mining operational plans but can also be a source of equipment damage and are often very likely to create a significant risk to health and safety of employees. In order to prevent natural hazard related incidents and to control their levels, some special monitoring systems are introduced in mining operations. They can be permanent, periodic or short-term. The mentioned systems deliver actual and live data about the rock mass condition, show the parameters representing the natural hazards and are in fact the only method which can verify the design assumptions used for evaluating the stability of underground roadways, their support, pillars stability or slope stability in open pit mines. It should also be highlighted that described monitoring systems should be always adjusted accordingly to changing mining and geological conditions taking also into account advancing mining works.

This paper presents a discussion concerning certain guidelines for monitoring, predicting and controlling of the mining hazards in mining. It includes both; the hazards called by Ministry of Environment of Poland as “qualified mining hazards” in its ordinance as well “unqualified mining hazards” defined in the same document. The latter include for example roof fall hazard often occurring in Polish copper mines. Despite the mining regulations generally pointing the natural and mining factors to be controlled for the hazard risk assessment; the choice of equipment, adjustment of its technical parameters and design of the monitoring system itself, are left to the supervisory level personnel in the mine, primarily the Mine Manager. Such approach requires from mining engineers to properly manage the monitoring systems and learn to organize them in the best possible manner. Hence, the paper presents a flowchart showing a sequence of tasks to be introduced and implemented for an effective monitoring system. Author believes that only by having the system implemented correctly, it is possible to assess the risks and select the proper methods to reduce the hazards.

Key words: mining, monitoring management, mining hazards, mining regulations