



# Zarządzanie podczas sytuacji awaryjnych na przykładzie podziemnej kopalni rudy miedzi

Przemysław ZGRZEBSKI<sup>1)</sup>, Mirosław LASKOWSKI<sup>2)</sup>, Marcin DANIS<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Imgr inż.; AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Szkoła Doktorska, KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice; email: przemyslaw.zgrzebski@kghm.com; ORCID 0000-0001-9283-5950

<sup>2)</sup> mgr inż.; KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice

<sup>3)</sup> mgr inż.; KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice; email: marcin.danis@kghm.com

<http://doi.org/10.29227/IM-2022-01-10>

Submission date: 17-01-2022 | Review date: 20-03-2022

## Abstrakt

Górnictwo stanowi tę gałąź przemysłu, gdzie w trakcie normalnej działalności produkcyjnej mogą występować zdarzenia awaryjne o katastrofalnych skutkach. Podczas nagłych wypadków z udziałem ludzi, akcje ratownicze prowadzone są w ustawowo określonym trybie. Ale to nie jedyne sytuacje kryzysowe, które mogą wystąpić w kopalni. W większości z nich nie mamy narzuconych scenariuszy działań. W artykule opisano wykorzystanie podejścia PCDA z elementami Problem Solving podczas zarządzania sytuacją awaryjną w jednej z podziemnych kopalń rudy miedzi.

**Słowa kluczowe:** zagrożenia naturalne, górnictwo podziemne, zarządzanie podczas awarii, cykl PDCA

## 1. WPROWADZENIE

Działalność górnicza wiąże się z koniecznością prowadzenia prac w obszarze występowania zagrożeń naturalnych. Jednym z nich jest zagrożenie wodne (Trembecki 1995), spowodowane obecnością wód podziemnych w otoczeniu wyrobisk podziemnych kopalń (Kortas 2013, Kortas 2019).

Klasyfikację stopni zagrożenia wodnego, sposób prowadzenia robót górniczych oraz stosowanie odpowiednich działań profilaktycznych określają w Polsce przepisy branżowe (Dz.U. z 2012 r., nr 94 poz. 841, Dz.U. z 2017 r., poz. 1247).

Kiedy jednak mimo prowadzenia działań rozpoznawczych wielkości potencjalnego zagrożenia oraz stosowania szeregu rozwiązań profilaktycznych dochodzi do wystąpienia awarii, konieczne jest przejście kopalni ze stanu pracy zwykłego - normalnego, w stan pracy awaryjnej, lub inaczej kryzysowej. Zmiany w podejmowanych działaniach dotyczą nie tylko obszarów dotkniętych bezpośrednio skutkami awarii, lub potencjalnie zagrożonych. Działania muszą obejmować całą kopalnię, a w niektórych przypadkach również kopalnie sąsiadujące. Bywa, że konieczna jest współpraca kierownictwa kopalni, ze względu na brak sił i środków własnych do likwidacji zagrożenia, z jednostkami

i instytucjami zewnętrznymi (Taraszkiewicz-Łyda 2016). Dotyczy to przede wszystkim niewielkich zakładów górniczych oraz wystąpienia katastrof przekraczających możliwości operacyjne kopalni.

Działania zarządcze podczas sytuacji kryzysowej obejmują swoim zakresem zarazem próby ograniczenia niekorzystnego zjawiska, jak również zabezpieczenia w przypadku nasilenia się, lub powtórzenia awarii. Są to zarówno akcje ratownicze, jak i profilaktyczne, podejmowane podczas awarii oraz w czasie usuwania jej negatywnych skutków. W tym rozumieniu działania te można określać jako zarządzanie w trybie awaryjnym, lub zarządzanie kryzysowe.

W zarządzaniu kryzysowym, a w szczególności podczas podejmowania decyzji mających na celu przeciwdziałanie

niekorzystnym skutkom zagrożeń, warto wykorzystywać wiedzę z zakresu teorii organizacji i zarządzania (Ściborek 2015). Takie podejście umożliwia w sposób usystematyzowany: planowanie, realizację, ocenianie i dokonywanie zmian w ramach obranego kierunku postępowania oraz na przygotowywanie scenariuszy awaryjnych.

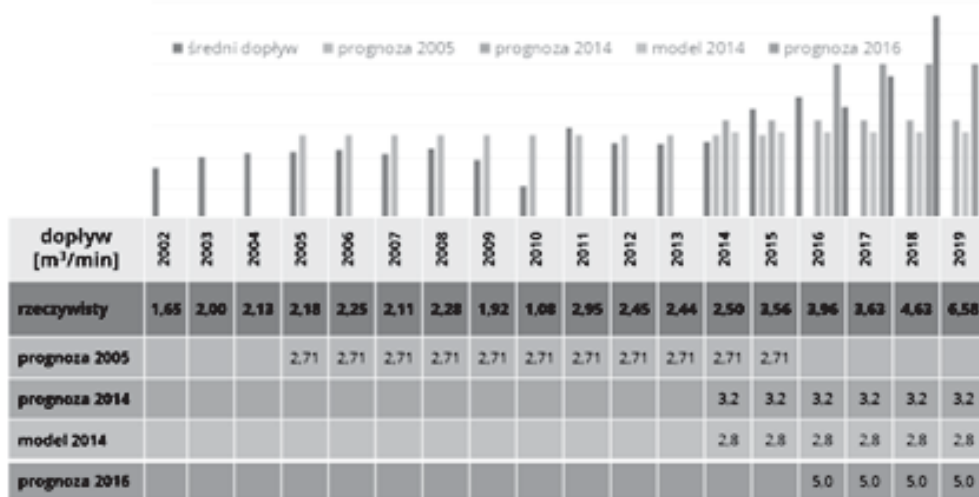
Zarządzanie kryzysowe, w tym podejmowanie koniecznych decyzji, kojarzy się najczęściej z prowadzonymi akcjami ratowniczymi po tąpnięciu, czy wyrzucie gazów i skał. Podejmowane są próby ratowania życia załóg górniczych. Jednak zakres tego pojęcia w górnictwie jest szerszy i obejmuje także działania zarządcze dotyczące usuwania negatywnych skutków awarii oraz przygotowania się na rozszerzenie jej skali, lub powtórzenie.

Opis działań, w tym zakres planowania i wdrażania niezbędnych, prowadzonych w czasie występowania awarii wodnej w jednej z podziemnych kopalń rudy miedzi, stanowi przykład kroków podejmowanych w oparciu o wiedzę z zakresu zarządzania oraz zwalczania zagrożeń naturalnych w górnictwie. Podstawowym celem było, żeby awaria wodna nie zmieniła się w katastrofę wodną. Opisany przykład może być wykorzystywany przy tworzeniu scenariuszy zarządzania również w przypadku awarii, będących skutkiem innych zagrożeń naturalnych w kopalniach podziemnych. Daje także rekomendacje dla działań prewencyjnych do wdrożenia po zażegnaniu sytuacji kryzysowej.

W omawianym przykładzie zarządzanie podczas sytuacji awaryjnej wykorzystano metodologię opartą na cyklu PDCA z elementami Problem Solving. Dobre zaplanowanie działań, począwszy od właściwego doboru składu zespołów, wdrożenie, sprawdzenie i wprowadzenie korekt podczas sytuacji kryzysowej, zwiększa szansę na skuteczność podejmowanych w zakresie opanowanie awarii.

## 2. OPIS PROBLEMU

Rozpoznanie zagrożenia wodnego, przed wystąpieniem



Rys. 1. Średni dopływ oraz prognozy dopływu dla złoża Sierszowice  
Fig. 1. Average inflow and inflow forecasts for the Sierszowice deposit



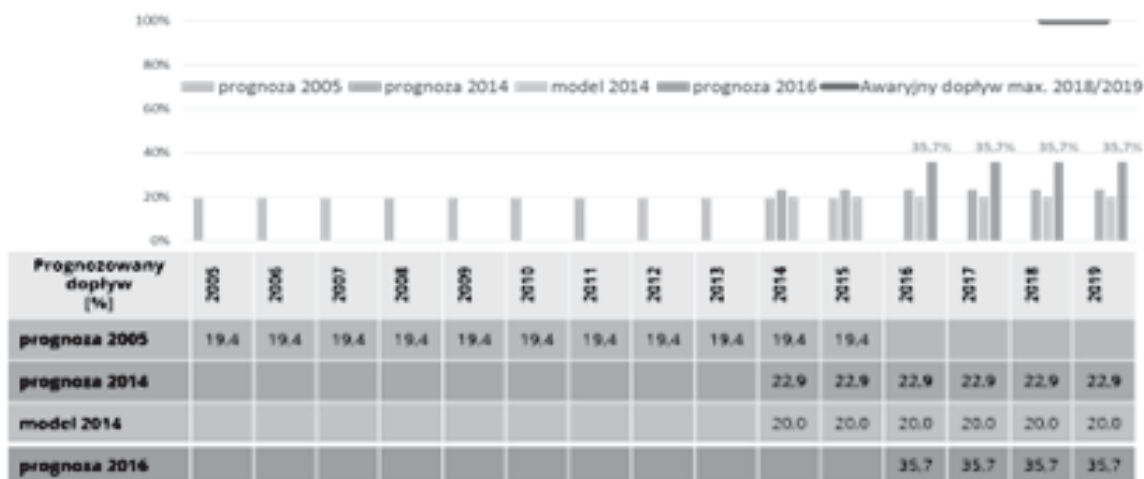
Rys. 2. Lokalizacja miejsca zwiększonego dopływu wody  
Fig. 2. Location of the site of increased water discharge

awarii, w Zakładach Górniczych Polkowice-Sierszowice prowadzano w oparciu o obowiązujące przepisy oraz akty wewnętrzne KGHM Polska Miedź. S.A., które to regulowały szczegółowe zasady. Przykładem aktu wewnętrznego obowiązującego przed awarią jest: „Technologia bezpiecznego prowadzenia robót górniczych w podziemnych zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A. w warunkach II i III stopnia zagrożenia wodnego” z 2 stycznia 2018 r.

Złoże rudy miedzi w polu gdzie wystąpiła awaria zostało zaliczone do I stopnia zagrożenia wodnego przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego w 2012 roku. Podstawą do podjęcia decyzji była „Dokumentacja Zaliczenia nr 2/2012 PS części złoża, wyrobisk oraz otaczającej je przestrzeni w granicach Obszaru Górniczego „Sierszowice I” do I i II stopnia zagrożenia wodnego” sporządzona zgodnie z wymogami rozporządzenia w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2012 r., nr 94 poz. 841). W uzasadnieniu zaliczenia stwierdzono m. in., że sumaryczny dopływ wód do wyrobisk drążonych w obrębie Obszaru Górniczego „Sierszowice I” nie ulega większym zmianom na przestrzeni ostatnich lat mimo znaczącego zwiększenia powierzchni rozcięcia złoża i oscyluje w granicach 2-3 m<sup>3</sup>/min. Przedstawiony obraz świadczy o dominującej roli dopływów z zasobów statycznych

serii wapienno-dolomitowej Ca1 oraz piaskowców czerwonego spągowca. Dopływ do wyrobisk pojawia się w momencie wykonania wyrobisk, a następnie stosunkowo szybko zanika w obrębie rozciętego już złoża. Ubytek dopływów jest rekompensowany pojawianiem się nowych, co utrzymuje bilans na zbliżonym poziomie. Wielkość średnich dopływów na przestrzeni lat wraz z wykonanymi przed awarią prognozami (Gurwin i in. 2016, Materiały KGHM 2020, Staśko i in. 2014, Materiały KGHM 2014) przedstawia rys. 1. Zaprojektowany system odwadniania kopalni zapewniał przed wystąpieniem awarii odbiór rzeczywistych i prognozowanych dopływów, wraz z wymaganą rezerwą.

W 2016 roku sporządzono, w oparciu o model numeryczny oraz obliczenia analityczne, prognozę dopływu naturalnego wód z górotworu do kopani. Uzyskane wyniki wskazywały, że w perspektywie do 2019 r. należy oczekiwać dopływów zasadniczo zbliżonych do rejestrowanych w latach 2015–2016 lub nieznacznie je przekraczających, tj. w przedziale 4,0–5,0 m<sup>3</sup>/min. Ponadto stwierdzono, że w przypadku złoża Sierszowice zasilanie dopływu pochodzi głównie z poziomu dolomitu głównego i w niektórych polach należy się spodziewać wód wysoko zasolonych. Ewentualny wzrost dopływu wiązałby się



Rys. 3. Prognozy dopływu dla złoża Sieroszowice oraz maksymalny dopływ podczas awarii wodnej  
Fig. 3. Inflow forecasts for the Sieroszowice deposit and the maximum inflow during a water accident

z udroźnieniem wyrobiskami nowych połączeń hydraulicznych, co w świetle dotychczasowych doświadczeń byłoby sytuacją wyjątkową. Wbrew prognozom pod koniec 2019 roku wystąpił awaryjny, znaczący wzrost dopływu wód kopalniach do wyrobisk górniczych dwóch pól eksploatacyjnych zlokalizowanych w Obszarze Górniczym Sieroszowice. Poglądową lokalizację przedstawiono na rys. 2.

### 3. AWARIA WODNA

Wzmożony dopływ wód kopalniach do wyrobisk górniczych zaczął być obserwowany w ostatnich dniach października 2019 r., a na początku listopada nastąpiło już gwałtowne zwiększenie dopływu wód zasolonych do jednego z pól eksploatacyjnych złoża Sieroszowice.

Dopływ ten wynoszący początkowo 0,4 m<sup>3</sup>/min. wzrósł trzydziestokrotnie (do ok. 12 m<sup>3</sup>/min.) w ciągu zaledwie jednego miesiąca. Maksymalny zarejestrowany dopływ wynosił 14,0 m<sup>3</sup>/min. (rozpoczął się 25.11.2019r. i trwał około miesiąca) i znacząco przekraczał nawet najwyższe prognozowane wartości. Udział procentowy prognoz w porównaniu do najwyższego zaobserwowanego dopływu przedstawia rys. 3. Sumaryczny ustabilizowany od dłuższego czasu dopływ do dwóch pól eksploatacyjnych, które zostały objęte zasięgiem wpływu zwiększonego dopływu, przed awarią wynosił 1,2 m<sup>3</sup>/min., a zdolność odwodnieniowa istniejącego systemu lokalnego 1,5 m<sup>3</sup>/min. (przy normalnym użytkowaniu; awaryjnie można było zwiększyć wydatek systemu).

Dopływ wód kopalniach do objętych awarią wodną pól eksploatacyjnych złoża Sieroszowice posiadał dynamiczną, zmienną w czasie charakterystykę. Trudno było na początku ocenić dalszy rozwój zjawiska wyłącznie na podstawie rejestrowanych parametrów dopływu, bo obserwowany był wyłącznie gwałtowny, skokowy wzrost. Maksymalny, zarejestrowany dopływ ok. 14 m<sup>3</sup>/min. to wartość, której zakład górniczy nie był w stanie odpompować. W trybie awaryjnym należało podjąć szereg natychmiastowych działań w celu opanowania skutków wzmożonego dopływu. Wynikająca z bilansu wodnego różnica w stosunku do lokalnych zdolności odwodnieniowych w tym rejonie (tj. ok. 9,0 m<sup>3</sup>/min.) stanowiła nadmiar, który gromadził się w wyrobiskach górniczych, z

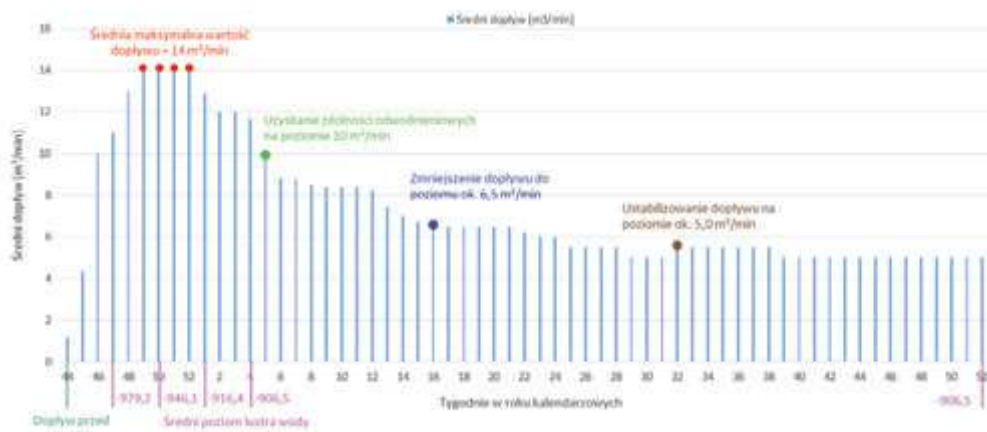
wydatkiem ok. 4,0–5,0 m<sup>3</sup>/min. Z czasem dopływ ulegał zmniejszeniu i od 23.01.2020 mieścił się w zakresie 9,1–9,8 m<sup>3</sup>/min. Taki dopływ można już było w całości odprowadzać na powierzchnię poprzez istniejący system odwadniania kopalni (Materiały KGHM 2020).

W Raporcie powstałym w pierwszym etapie awarii, dotyczącym zdiagnozowanych przyczyn awarii związanej ze zwiększonym dopływem wody do wyrobisk z O/ZG Polkowice-Sieroszowice” opracowanym przez Zespół powołany przez KGHM, wskazane zostały dwie prawdopodobne przyczyny powstania kontaktu hydraulicznego z dolomitem głównym (warstwą) wodonośną możliwość rozszczelnienia się zlikwidowanego ok. 50 lat temu otworu odwierconego z powierzchni, lub migracja poprzez spękania poeksploatacyjne w warstwach nadłożowych, głównie w strefie fleksury Jakubowa.

Skala awarii i wyzwania z jakimi przyszło się zmierzyć zarządzającym, uświadamia wartość wzmożonego dopływu oszacowana w okresie od początku awarii do końca roku 2020. Na powierzchnię, tylko z obszaru objętego awarią, wypompowano w tym czasie prawie 3,7 mln m<sup>3</sup> wody. Pozostała część została zdeponowana w wyrobiskach górniczych przy ustabilizowanym lustrze wody. Powierzchnia rozlewiszka ograniczona jest ustalonymi podczas akcji liniami oporu. Poziom lustra wody podniósł się w omawianym okresie o 73 m.

### 4. DECYZJE I DZIAŁANIA PODEJMOWANE W SYTUACJI KRYZYSOWEJ

Najważniejszym elementem zarządzania podczas awarii w kopalni Polkowice-Sieroszowice były decyzje i działania podejmowane w sytuacji kryzysowej. Mając świadomość powagi sytuacji zarządzający zdecydowali się na zastosowanie metodyki oparte na cyklu PCDA. Takie podejście wymaga zdecydowanie więcej pracy, częstszych spotkań, szczególnieowego raportowania z dużą częstotliwością oraz zaangażowanie znacznych zasobów kadrowych. Jednak jest to cena, którą trzeba i należy zapłacić, za zwiększenie skuteczności podczas prowadzenia aktywności w sytuacji kryzysowej. Zarządzający zgodnie z pętlą PCDA skoncentrowali się na: ocenie zagrożeń-



Rys. 4. Średni dopływ wody z górotworu do pól objętych awarią w tygodniach 2019 i 2020 roku  
 Fig. 4. Average water inflow from rock mass to the fields affected by the accident in the weeks 2019 and 2020

nia, powołaniu zespołów kryzysowych, zbudowaniu strategicznego planu działania, stworzeniu planu operacyjnego, realizacji planu operacyjnego, kierowaniu i nadzorze nad wszystkimi działaniami, monitorowaniem i raportowaniem rozwoju sytuacji awaryjnej i realizacji zaplanowanych działań oraz dokonywaniu niezbędnych korekt.

#### 4.1. Ocena zagrożenia

Najważniejszą kwestią podczas podejmowania decyzji w sytuacji kryzysowej jest ocena stanu zagrożenia. Podczas awarii wodnej w kopalni Polkowice-Sieroszowice w pierwszej kolejności dokonano pomiarów wydatków z jakimi następuje wzmożony dopływ wód do wyrobisk górniczych. Ponieważ woda dostawała się do wyrobisk w wielu miejscach i to znajdujących się w znacznej od siebie odległości, wydatek był możliwy do oszacowania poprzez pomiar wysokości lustra wody i znajomość objętości zalewanych wyrobisk górniczych, którym kopalnia dysponowała z wcześniej wykonanych pomiarów przez własne służby miernicze. Wydatek z jakim zalewane były wyrobiska górnicze stanowił różnicę dopływu i rzeczywistego wydatku systemu odwadniającego w rejonie awarii. Na tej podstawie sporządzono tak zwane mapy zalewania. Mapy te zawierały kluczowe dla funkcjonowania kopalni informacje, to jest prognozowane daty docierania lustra wody do strategicznych z punktu widzenia ruchu zakładu górniczego miejsc. Mapy sporządzano w układzie wariantowym w zależności od przyjętego scenariusza rozwoju dopływu oraz możliwości systemu odwadniającego. Należy zaznaczyć, że konsekwencje wzmożonego dopływu wody wykraczają daleko poza zalany wodą obszar. Przykładem może być przewietrzanie wyrobisk. Jeśli niezbilansowany dopływ wody do wyrobisk górniczych utrzymałby się przez dłuższy czas na krytycznym poziomie, to nastąpić mogło zalewanie najniższej zlokalizowanej części wiązki wyrobisk doprowadzających powietrze do oddziałów wydobywczych położonych daleko poza strefą bezpośredniego zagrożenia.

Wyprowadzić stąd można szerszy wniosek. Choć opisywany przypadek związany jest z awarią wodną, to równie dobrze może on odnosić się do wielu innych zdarzeń, których efektem będzie utrata drożności głównych wyrobisk kopalni. Czy będzie to zalanie wyrobisk wodą, czy też zatamowanie przekroju wyrobisk. Może to nastąpić przez opadające do wyrobiska pod wpływem grawitacji skały stropowe, dynam-

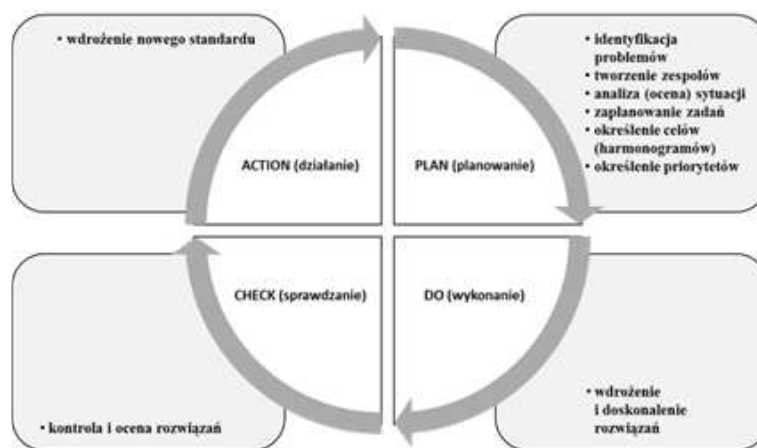
iczne przemieszczenie się urobionego materiału skalnego pod wpływem tąpnięcia, wyrzutu, czy wreszcie zalanie wodą dopływającą z górotworu. W każdym takim przypadku, w efekcie końcowym następuje dysfunkcja wyrobiska. Jeśli głównym przeznaczeniem wyrobiska będzie przewietrzanie, negatywnym skutkiem będzie zaburzenie w działaniu sieci wentylacyjnej - zalanie głównych dróg wentylacyjnych, np. prowadzących prądy rejonowe. Dodatkowo pojawić się może wzrost zagrożeń aerologicznych, poprzez wzrost wilgotności, temperatury, zmiany składu chemicznego powietrza kopalnianego. Z tego punktu widzenia specyfika kopalni Polkowice-Sieroszowice, gdzie złożę soli kamienniej zalega nad złożem rudy miedzi oraz perspektywa budowy wyrobisk wentylacyjnych na poziomie solnym, stanowić może dobrą alternatywę przewietrzania w sytuacjach awaryjnych.

Końcowym efektem oceny stanu zagrożenia było powstanie listy ryzyk, z podziałem na lokalne i te dotyczące całej kopalni oraz sąsiednich zakładów górniczych. Na liście znalazło się między innymi: zalanie pola objętego awarią oraz wyrobisk przyległych, przekroczenie poziomu krytycznego, po którym rozpocznie się zalewanie innych wyrobisk kopalni, konieczność alokacji produkcji, zaburzenia sieci wentylacyjnej, zaangażowanie dodatkowych zasobów. Każde z wyszczególnionych na liście ryzyk było monitorowane osobno przez członków powstałych na potrzeby zwalczania zagrożenia zespoły oraz kierowników zadań.

#### 4.2. Strategiczny plan działania

Kolejnym krokiem było przypisanie ról i odpowiedzialności w zakresie zwalczania i powstrzymania stwierdzonego zagrożenia ze strony wzmożonego dopływu wody do wyrobisk górniczych. Powołane zostały zespoły kryzysowe w Centrali KGHM oraz w kopalni Polkowice-Sieroszowice (Zespół ds. Zagrożenia Wodnego O/ZG Polkowice-Sieroszowice oraz Zespół ds. Monitorowania Zagrożenie Wodnego) ze ściśle określonym zakresem kompetencji i wskazanymi obszarami działania. Ze względu na dynamiczny charakter dopływu ustalono zwiększoną, do kilku razy na dobę, częstotliwość raportowania stanu związanego zarówno z monitorowaniem rozwoju zalewania, jak i wszystkich podejmowanych działań. Opracowano strategiczny plan w zakresie zwalczania i powstrzymania stwierdzonego zagrożenia od nadmiernego dopływu wody do wyrobisk górniczych. Głównymi filarami tego planu





Rys. 5. Wykorzystanie zmodyfikowanego podejścia PDCA Problem Solving podczas awarii wodnej. Opracowanie graficzne własne na podstawie (Obora 2010)  
 Fig. 5. Use of the modified PDCA Problem Solving approach during a water accident. Own graphic design based on (Obora 2010)

Tab. 1. Zmodyfikowane na potrzeby zarządzania w sytuacji kryzysowej w kopalni Polkowice-Sierszowice podejście PDCA Problem Solving  
 Tab. 1. The PDCA Problem Solving approach modified for the purposes of crisis management in the Polkowice-Sierszowice mine

Faza cyklu PDCA	Etapy procesu rozwiązywania problemów	Przykładowe odpowiedniki podczas sytuacji kryzysowej w kopalni Polkowice-Sierszowice
PLAN (planowanie)	identyfikacja problemów	Analiza sytuacji, potwierdzania głównych kierunków działań, identyfikacja problemów (na podstawie gromadzonych informacji), podejmowanie decyzji o wdrażaniu rekomendowanych działań
	tworzenie zespołów	Zespół KGHM ds. Zagrożenia Wodnego, Kopalniany Zespół ds. Monitorowania Zagrożenia wodnego
	analiza (ocena) sytuacji	izoliniowa mapa zalewania, priorytetowa lista ewakuacji infrastruktury technicznej,
	zaplanowanie zadań	Plan strategiczny, plan operacyjny, harmonogramy, wykresy Gantta
	określenie celów harmonogramów	poziomy wydatków systemu odwadniającego po realizacji każdego z etapów
	Określenie priorytetów	uszeregowanie zadań według przyjętych przez kierownictwo listy kryteriów
DO (wykonanie)	wdrożenie i doskonalenie rozwiązań	realizacja planów operacyjnych przez zespoły realizacyjne (kierownicy liniowi), raportowanie (komentarze i wnioski od kierowników liniowych)
CHECK (sprawdzanie)	kontrola i ocena rozwiązań	monitoring (montaż detektorów do automatycznego pomiaru poziomu lustra wody), system spotkań zespołów i ustalenie zakresu i częstotliwości raportowania, hierarchiczny układ adresatów (odbiorców)
ACTION (działanie)	wdrożenie nowego standardu	formułowanie rekomendacji poprawiających skuteczność działań, lub rozwiązań napotykanym problemom

były: unikanie strat infrastruktury technicznej, zwiększenie wydatku systemu odwadniającego, zabezpieczenie wyrobisk przed zalaniem, ograniczenie dopływu wody z górotworu. Zadania podzielono na: krótkoterminowe (cel: zwiększenie wydatku systemu odwadniającego w rejonie awarii), średnioterminowe (cel: zwiększenie wydatku i uelastycznienie systemu odwadniania odbierające wodę z rejonu awarii) oraz długoterminowe (cel: zwiększenie wydatku i uelastycznienie systemu odwadniania kopalń Polkowice-Sierszowice i Rudna).

#### 4.3. Realizacja planu

W początkowym etapie kluczowe znaczenie miały szybkość i trafność decyzji. Oczywiście towarzyszyła temu bardzo duża presja i odpowiedzialność osób je podejmujących. Nie mniej ważne było stworzenie zespołów realizacyjnych, odpowiedzialnych za każdy element planu strategicznego i

przekazanie zarządzania nimi pracownikom charakteryzujących się dużą wiedzą, doświadczeniem, odpornością na stres oraz sprawnością działania w warunkach kryzysowych. Zapisy planu strategicznego, rozwinięto i przeniesiono do planu operacyjnego. Choć zapisy tego planu bardzo precyzyjnie określały wszystkie niezbędne zadania do wykonania, to w celu poprawy skuteczności, kierownicy zespołów realizacyjnych (kierownicy liniowi) otrzymali pewną swobodę w działaniu. Sam plan zapisano w postaci wykresu Gantta i na bieżąco aktualizowano.

#### Ochrona mienia kopalni i ewakuacja zagrożonej zalaniem infrastruktury

Sporządzono zestawienie elementów infrastruktury, które znajdują się w strefie bezpośredniego zagrożenia zalaniem. Na podstawie wariantowej mapy zalewania określono dokładne daty (co do dnia) kiedy woda będzie zbliżać się do poszcz-

zeglonych wyrobisk – maszyn i urządzeń wymienionych w zestawieniu. Lista miała układ priorytetowy, gdzie wszystkie jej elementy były podzielone na te, które można przenieść i uruchomić w innym miejscu w każdym momencie, kończąc na tych, które z punktu widzenia utrzymania płynności ruchu zakładu górniczego muszą pracować jak najdłużej to możliwe. W ten sposób powstał plan przenoszenia (ewakuacji) infrastruktury. Po czasie można powiedzieć, że był on bardzo skuteczny, bo jego realizacja nie doprowadziła do zaburzeń w pracy kopalni oraz nie doszło do uszkodzenia (zalania) żadnego kluczowego, wysokosztowego urządzenia, pomimo faktu objęcia strefą zalania niektórych z wymienionych w nim maszyn i urządzeń.

Aby zwiększyć retencję powstającego poprzez niezbilansowany dopływ wody z górotworu zbiornika i wydłużyć czas na zrealizowanie zaplanowanych działań, należało maksymalnie wykorzystać dostępną przestrzeń wyrobisk górniczych. W związku z tym zaplanowano budowę pięciu tam wodnych na wiązce najniższej położonych wyrobisk łączących się z upadowymi prowadzącymi bezpośrednio do podszycia szybu SW-4. Zadaniem tego zabezpieczenia było powstrzymanie zagrożenia przyłania się wody przez punkty krytyczne i rozprzestrzenienie się rozlewiska na dużej powierzchni, obejmującej kluczowe wyrobiska oraz zainstalowane w nich maszyny i urządzenia. Harmonogram zalewania ściśle określał ile czasu miały do dyspozycji służby kopalni na wszystkie zadania związane z projektowaniem, zatwierdzeniem i budową tam wodnych.

#### *Usprawnienie istniejące, lokalnej i kopalnianej infrastruktury odwodnieniowej*

Głównym celem tego zadania było jak najdłuższe zalewanie wyrobisk i maksymalne wykorzystanie dostępnej retencji, tak aby umożliwić prowadzenie działań zasadniczych. Skupiono się na usprawnieniu istniejącej infrastruktury odwodnieniowej w rejonie pól eksploatacyjnych objętych awarią oraz na optymalnym wykorzystaniu jej potencjału. Do niezbędnego minimum skracając czas postojów, ograniczając się w zasadzie do usuwania awarii. Aby maksymalnie wykorzystywać system odwodnieniowy wymianę zużytych i uszkodzonych elementów prowadzono niemal wyłącznie równolegle podczas prac naprawczych, przez dodatkowo do tego celu oddelegowanych pracowników z innych miejsc kopalni.

#### *Budowa sieci nowych rurociągów oraz pompowni*

Istniejąca sieć rurociągów kopalnianych nie była w stanie wypompować całej wody dopływającej z górotworu na poziomie maksymalnym, to jest 14 m<sup>3</sup>/min. Dlatego zaprojektowano całkowicie nowy system, bilansujący zarówno dopływy ze wszystkich oddziałów eksploatacyjnych kopalni oraz tego objętego awarią, wraz z dodatkową rezerwą. Budowa nowej sieci rurociągów oraz pompowni i połączenie ich z siecią istniejącą miało w założeniu umożliwić wypompowanie całej wody dopływającej z górotworu i przetransportowanie jej do głównych komór pomp. Całość tego zadania podzielono na sześć etapów. Każdy z nich miał przypisany szczegółowy zakres, to jest rodzaj i średnice rurociągów, trasę, po której ma przebiegać, długość, elementy dodatkowej infrastruktury, pompownie, zbiorniki retencyjne itd. Najistotniejszy był zaplanowany czas zakończenia etapu. Szczególnie, że wiele za-

dań było ze sobą zsynchronizowanych, a zwiększanie wydatku systemu odbywało się stopniowo i wynikało z zakończenia prac kolejnych etapów. Dla budowy sieci nowych rurociągów i pompowni oraz połączenia ich z istniejącym systemem stworzono szczegółowy harmonogram i opracowano wykres Gantta. W trakcie realizacji tego zadania na bieżąco odbywała się aktualizacja informacji o postępie prac oraz kontrola zgodności z harmonogramem. Sporządzano również listę ryzyk, które mogły wpłynąć na powstanie opóźnień. Generalnie z sześciu zadań, cztery odpowiadały za zwiększenie i zbilansowanie wydajności systemu odwadniania, a pozostałe dwa za zwiększenie niezawodności i redundancji. W tym miejscu należy podkreślić, że realizacja tego zadania była całkowicie bezprecedensowa. Skala prac z jaką przyszło się zmierzyć nigdy nie miała miejsca w całej, kilkudziesięcioletniej historii kopalni. W sumie wybudowano w kopalni Polkowice-Sieroszowice 27,5 km rurociągów o średnicach od 315 mm do 600 mm, część w wykonaniu wysokociśnieniowym oraz 16 stanowisk pompowych. A wszystko to w czasie ok. 3 miesięcy. Wymagało to zaangażowania znacznych zasobów kadrowych oraz stanowiło olbrzymie wyzwanie logistyczne. Ponieważ system odwodnieniowy jest połączony z infrastrukturą sąsiedniej kopalni Rudna, to i tam konieczne były prace do wykonania. Wybudowano między innymi rurociąg o średnicy 400 mm i 4,6 km długości.

#### *Ograniczenie dopływu wody z górotworu*

W celu powstrzymania, lub ograniczenia dopływu wody z górotworu zaplanowane zostały zadania realizowane zarówno z powierzchni, jak i z poziomu podziemnych wyrobisk górniczych. Opierając się na przesłankach co do charakteru i przyczyny powstania awarii zaplanowane zostało wiercenie i iniekcja otworów z powierzchni oraz z poziomu wyrobisk górniczych. Dodatkowo, zapobiegawczo, czasowo wstrzymano postęp robót eksploatacyjnych w znajdującym się najbliższej odległości od rejonu wzmożonego wypływu wody oddziale górniczym.

#### *Monitorowanie i raportowanie stanu zagrożenia*

Każdy z powstałych zespołów miał w obowiązku raportować realizację przypisanych zadań. Raportowanie miało układ hierarchiczny i podlegało agregacji informacji. Kończym odbiorcą wszystkich raportów był Prezes Zarządu KGHM Polska Miedź. S.A.

Między innymi w celu bieżącego monitorowania rozwoju awarii, postępu budowy infrastruktury oraz pracy systemu odwadniania powołano dział dyspozytorów maszynowych tak zwanych dyspozytorów „wodnych”. Znalazł się on w strukturze działu odpowiedzialnego za transport poziomy oraz obsługę i eksploatację rurociągów.

#### *Korekty: reakcje na pojawiające się problemy*

Podstawowe filary planu strategicznego były niezmiennie przez cały okres awarii. Ale elementy planu operacyjnego podlegały ciągłej ocenie w ramach cyklu PDCA i korektom. Przykładem może być podział zasadniczych etapów planu, na podetapy, w których wykorzystywano, w trybie doraźnym, istniejące elementy infrastruktury. Posłużenie się do celów odwodnieniowych nieczynnymi chwilowo rurociągami klimatyzacyjnymi pozwalało na budowanie nowych

ciągów odwaniających bez strat na wydatku. Ważna, o czym jeszcze będzie mowa, była swoboda w podejmowaniu decyzji kierowników liniowych. Działania korygujące stanowią podstawę poprawności działania cyklu PDCA, więc nie można nawet w sytuacjach awaryjnych i centralizacji zarządzania w kryzysie z tego etapu zrezygnować. W ramach cykli raportowania kierownicy liniowi zgłaszali rekomendację zmian i działań naprawczych. Skracanie procesu decyzyjnego poprawia szybkość działania, ale można powodować straty na innych odcinkach, a w efekcie końcowym w całej operacji.

## 5. WYKORZYSTYWANIE CYKLU PDCA W ZARZĄDZANIU PODCZAS SYTUACJI KRYZYSOWEJ

Przedsiębiorstwa zmuszone są do reagowania na zmieniające się warunki. Często potrzebę wprowadzania zmian dostrzegają dopiero podczas wystąpienia sytuacji kryzysowej. Pożądanym stanem jest zarządzanie przedsiębiorstwem w sposób antykryzysowy tak, aby unikać takich sytuacji, a w momencie ich wystąpienia podejmować szybkie i skuteczne kroki. Taka praktyka nastawiona jest na poprawę zarówno działań, jak i procesów (Starosta 2016). Zarządzanie podczas wystąpienia sytuacji kryzysowych nakierowane jest na ograniczenie jej rozmiarów i minimalizację negatywnych skutków. W przypadku awarii wodnej w kopalni Polkowice-Sierszowice zastosowano metodykę cyklu PDCA z elementami Problem Solving (Asaka i Ozeki 1990). Źródłem tej metodyki jest tak zwana pętla Deminga, czyli cykl PDCA - akronim angielskich słów: plan (planuj) ► do (wykonaj) ► check (sprawdź) ► action (reaguj) (Myszewski 2009, Hamrol 2017). W założeniach metodycznych istotą podejścia PDCA Problem Solving jest wykorzystywanie pętli Deminga w procesie ciągłego doskonalenia organizacji poprzez rozwiązywanie

uświadamianych sobie przez pracowników coraz to nowych, kolejnych problemów (Obora 2010). Zastosowanie metodyki opartej na cyklu PDCA sprawia, że zarządzany proces podlega ciągłej systematycznej poprawie, a koncertuje się przede wszystkim na wskazywaniu najlepszych rozwiązań (O'Shea i in. 2016). Schematycznie przedstawiono cykl PDCA na rys. 5.

W sytuacji kryzysowej etapy procesów rozwiązywania problemów należało zmodyfikować. Specyfiką działań w sytuacji kryzysowej jest konieczność podejmowania błyskawicznych decyzji. W tej sytuacji praca dużych zespołu nie zawsze bywa efektywna. Stąd też konieczność pozostawiania swobody decyzji kierownikom zespołów realizacyjnych. Działania związane z zatrzymaniem wzmoczonego dopływu oraz mitygacją negatywnych skutków omawianej awarii wodnej w kopalni Polkowice-Sierszowice zostały podzielone na szereg zadań. Problemy każdego z nich z osobna były rozwiązywane w oparciu o podejście PDCA Problem Solving. Zestaw działań łączył się w program zarządzania w sytuacji kryzysowej. Adresowanie poszczególnych etapów procesu rozwiązywania problemów i przypisanie im konkretnych odpowiedników przedstawiono w tabeli 1.

## 6. WNIOSKI

W sytuacjach awaryjnych ważna jest szybkość reakcji. Nie należy jednak rezygnować ze sformalizowanych działań. Przykład kopalni Polkowice-Sierszowice pokazuje jak ważne jest uwzględnienie wszystkich etapów cyklu PDCA. I choć mogło by się wydawać, że z niektórych elementów da się zrezygnować, oszczędzając czas lub zasoby kadrowe, to decyzyja taka wiąże się z podjęciem zbyt dużego ryzyka. Kiedy gra toczy się o bezpieczeństwo ludzi i majątek firmy nie wolno wybierać drogi na skróty.

## Literatura – References

1. Asaka, T., Ozeki, K., 1990. Handbook of Quality Tools: The Japanese Approach, Productivity Press, Cambridge [w]: Obora H. (2010): Podejście PDCA Problem Solving w rozwiązywaniu problemów organizacji, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica 234/2010, str. 323-333
2. Gurwin J., Duda R., Wcisło M., Motyka J. (konsultant), 2016. Prognoza dopływu naturalnego wód z górotworu do kopalni rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. ze szczególnym uwzględnieniem dopływu do wyrobisk górniczych kopalni „Polkowice-Sierszowice” w latach 2016-2025, praca niepublikowana
3. Hamrol A., 2017. Zarządzanie i inżynieria jakości, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa
4. Kortas G., 2013. Long- and Short-Term Process Indicated by the Displacement of the Chamber Roof in the Monumental Wieliczka Salt Mine. Archives of the Mining Sciences, vol 58, issue 1, p. 119-130
5. Kortas G., 2019. Szkodliwe oddziaływanie wód w podziemnych kopalniach soli. Przegląd Górniczy, Nr 07/2019, str. 37-45
6. Materiały własne KGHM, Praca zbiorowa, grudzień 2019. Raport dotyczący zdiagnozowanych przyczyn awarii związanej ze zwiększonym dopływem wody do wyrobisk w O/ZG Polkowice-Sierszowice, Zespół powołany przez Prezesa KGHM, praca niepublikowana
7. Materiały własne KGHM, 2020. Dokumentacja KGHM Polska Miedź S.A. realizacji zaleceń określonych w Decyzji Dyrektora OUG we Wrocławiu z dnia 27 listopada 2019 r., (styczeń 2020), materiały niepublikowane
8. Materiały własne KGHM, Praca zbiorowa, 2014. Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z zamierzonym wykonywaniem odwodnień w celu wydobywania rud miedzi ze złoża „Sierszowice”, Zakład Studiów i Analiz Geologicznych (NAG) KGHM Cuprum Sp. z o.o. CBR we Wrocławiu, praca niepublikowana
9. Myszewski J. M., 2009. Po prostu jakość. Podręcznik zarządzania jakością, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Akademia Leona Koźmińskiego, Warszawa
10. O’Shea M., Pawellek G., Schramm A., 2016. Problem solving with a method – A step-by-step guide for a journey from the problem to the solution, ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 111, Issue 12, December 2016, pages 839-842
11. Obora H., 2010. Podejście PDCA Problem Solving w rozwiązywaniu problemów organizacji, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica 234/2010, str. 323-333
12. Praca zbiorowa pod kierunkiem Staśko S., 2014. Numeryczny model hydrogeologiczny 3D (regionalny), uwzględniającego strefę oddziaływania górnictwa rud miedzi LGOM, praca niepublikowana
13. Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2012 r., nr 94 poz. 841)
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2017 r., poz. 1247)
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2014 r., poz. 1129 z późn. zm.)
16. Starosta A., 2016. Cykl PDCA w zarządzaniu antykrzysowym na przykładzie polskich przedsiębiorstw, Nauki o Zarządzaniu, 1(26)/2016, str. 142-151
17. Ściborek Z., 2015. Zarządzanie kryzysowe a teoria organizacji i zarządzania. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. Nr 3, str. 23-30
18. Taraszkiewicz-Łyda M., 2016. Ocena ryzyka kryzysowego kopalni w ramach systemu zarządzania kryzysowego. Wiadomości Górnicze, R. 67, nr 6, str. 404-407
19. Trembecki A., 1995. Zagrożenia wodne w górnictwie. Wydawnictwo Śląsk, Katowice

### *Emergency Management on the Example of an Underground Copper Ore Mine*

*Mining is the branch of industry where catastrophic accident events may occur in the course of normal production activities. During emergencies involving people, rescue operations are carried out in a statutory manner. But these are not the only emergencies that may occur in the mine. In most of them we do not have any imposed action plans. The paper describes the use of the PCDA approach with Problem Solving elements when managing an emergency in one of the underground copper ore mines.*

**Keywords:** natural hazards, underground mining, emergency management, PDCA cycle