

## MONITORING ZAGROŻEŃ NATURALNYCH W PGE GIEK S.A. ODDZIAŁ KWB TURÓW

### MONITORING OF NATURAL HAZARDS IN TURÓW BROWN COAL MINE (PGE GIEK S.A O/KWB TURÓW)

Leszek Sondaj, Anna Górecka-Żwirska - PGE GIEK S.A. Oddział KWB Turów

*Skomplikowane warunki geologiczno-górnice, znaczne ilości przemieszczanych mas ziemnych oraz lokalizacja kopalni „Turów” powodują, że warunkiem bezpiecznej pracy jest wczesne rozpoznawanie zagrożeń naturalnych, ich zdefiniowanie i monitorowanie. W tym celu kopalnia posiada odpowiednio zorganizowany system monitorowania oraz rozpoznawania zagrożeń naturalnych. Prawidłowa ocena tych zagrożeń umożliwia skuteczne projektowanie postępów robót w odkrywce i na zwałowisku oraz bezpieczną i bezawaryjną eksploatację.*

*Zastosowanie nowoczesnych technologii (Górnicy System Informatyczny, GPS, sondowania statyczne, modelowanie numeryczne, itp.) umożliwiło zbieranie i przetwarzanie większej ilości danych pozwalających trafniej i szybciej przewidywać występowanie zagrożeń naturalnych i podjęcie odpowiednich środków technicznych w celu ich zapobiegania.*

**Słowa kluczowe:** Kopalnia Turów, zagrożenia geotechniczne, osuwiska, monitoring, sondowania statyczne, obliczenia stateczności, zagrożenia wodne, pożary endogeniczne

*Deposit Turów is characterized by diverse and complex geological conditions. Open pit mine require to dislocate big amount of ground. Additional, difficult geographic location (between borders and rivers) generate needs of continuous recognizing, defining and monitoring natural hazards. To realize this purpose the mine is equipped with monitoring systems. Efficient monitoring system enable safe work and making project for excavating in the future. Monitoring system works in the pit as well as in dump.*

*Application the newest technology in the monitoring system (Informatics System for Miners, GPS, geotechnical laboratory to testing ground in situ and Digital Modeling) enable foreseeing and efficient prevention of natural hazards.*

**Keywords:** Turów Brown Coal Mine, geotechnical hazards, landslides, monitoring, geotechnical testing, geostatic calculation, water hazards, flood, endogenous fire

#### Wstęp

Eksploatacja odkrywkowa w Kopalni Węgla Brunatnego „Turów” prowadzona jest od 1904 r. (spółka Herkules), a na skalę przemysłową od 1947 r. (kopalnia „Turów”). Od początku działalności wydobyto ponad 2,1 mld m<sup>3</sup> nadkładu i ponad 897 mln Mg węgla brunatnego. Prowadzenie eksploatacji złoża na tak dużą skalę wywołuje zmiany w pierwotnych układach statycznych górotworu, w stosunkach wód wglębnych oraz wpływa na powierzchnię otaczającego terenu.

W otoczeniu kopalni znajdują się: Elektrownia Turów, granice państwa, rzeki: Nysa Łużycka i Miedzianka, miasta: Bogatynia, Zittau, Hradek, kilka wsi i osiedli. Głębokość wyrobiska ok. 250 m, skomplikowane warunki geologiczno-górnice, duże ilości przemieszczanych mas ziemnych oraz lokalizacja kopalni powodują, że warunkiem bezpiecznej eksploatacji jest wczesne rozpoznawanie zagrożeń naturalnych, ich zdefiniowanie i monitorowanie. Do bieżącej oceny zagrożeń, prawdopodobieństwa ich wystąpienia oraz określenia przewidywanych skutków kopalnia posiada odpowiednio zorganizowany system monitorowania oraz rozpoznawania zagrożeń naturalnych.

Do głównych zagrożeń naturalnych występujących w KWB Turów zaliczamy:

- geotechniczne,
- wodne,
- pożarami endogenicznymi.

#### Zagrożenia geotechniczne

Zagrożenia geotechniczne występujące w kopalni Turów związane są głównie z utratą stateczności skarp i zboczy wyrobiska odkrywkowego i zwałowiska. Do istotnych czynników powodujących występowanie zagrożeń geotechnicznych należy zaliczyć: obecność uskoku tektonicznych, duże nachylenie warstw, spękania i szczeliny odprężeniowe, wycieki wody z soczew i przerostów piaszczystych oraz pokładów węgla, duże wysokości i kąty nachylenia skarp, opady nawalne, długi okres „postoju” skarp i zboczy eksploatacyjnych oraz awarie systemu odwodnienia wglębego na zwałowisku wewnętrznym. Zagrożenia geotechniczne mają znaczący wpływ na zachowanie ciągłości ruchu zakładu górnicego. Ich zbyt późne rozpoznanie może spowodować: utratę stateczności zboczy, skarp stałych

i eksploatacyjnych, zagrożenie dla załogi oraz maszyn i urządzeń, uszkodzenia systemów odwodnienia, deformacje terenów wokół odkrywki.

Dział Geologiczny pozyskuje i analizuje informacje o budowie geologicznej, parametrach gruntów, poziomach zwierciadła wody i innych czynnikach wywołujących zagrożenia geotechniczne. Wszystkie dane przechowywane i przetwarzane są w systemie informatycznym kopalni. Kontrola stateczności zboczy i ich otoczenia prowadzona jest według pracowywanych corocznie planów obsługi geotechnicznej, które stanowią integralną część całości systemu monitorowania zagrożeń naturalnych i oddziaływania kopalni na środowisko.

Dla określenia aktualnej sytuacji zagrożeń naturalnych i ich przewidywania w przyszłości potrzebne są informacje o zjawiskach zachodzących dotychczas oraz o czynnikach mających pośredni lub bezpośredni wpływ na stan bezpieczeństwa. Informacje te są pozyskiwane z następujących źródeł:

- **Mapy i opracowania archiwalne.** Opracowania i analizy uwzględniające aktualny stan wiedzy na dany temat wykonywane przez służby kopalni oraz instytucje naukowe. Są one cennym źródłem informacji wykorzystywanym w bieżących pracach związanych z rozpoznaniem zagrożeń. Wszystkie informacje pomiarowe znajdują się w bazie danych Górniczego Systemu Informatycznego (GSI), natomiast analizy, opracowania oraz mapy są przechowywane i udostępnione w systemie archiwizacji MERIDIAN.
- **Obserwacje terenowe.** Obserwacje terenowe są podstawowym źródłem pozyskiwania informacji na temat aktualnego stanu bezpieczeństwa pracy maszyn podstawowych oraz stateczności skarp i zboczy. Wielokrotnie zaobserwowane podczas bieżących kontroli zjawiska geotechniczne były pierwszymi objawami rozpoczynających się procesów deformacyjnych.
- **Sondowania geostaticzne.** W celu określenia miejscowych cech fizykochemicznych gruntów, stref osłabień, ciśnień porowych oraz do śledzenia zmian właściwości gruntów zwałowych w czasie, wykonuje się sondowania geostaticzne sondą GRIZZLY (fot.1, 2) i Hyson-200. Na podstawie sondowań można określić rodzaje gruntów na poszczególnych głębokościach oraz stopień ich zagęszczenia.
- **Pomiary inklinometryczne.** W celu kontroli przemieszczeń w głębinach górotworu, na zboczach stałych wykonywane są pomiary w 40 otworach (do 135 m) za pomocą sondy inklinometrycznej „Sinco”. Określają one głębokość, azymut oraz wartość przemieszczenia z dokładnością 0,1 mm.
- **Pomiary ciśnień porowych.** System 32 czujników ciśnienia porowych służy do rejestracji wielkości zmian ciśnienia porowego w korpusach zwałowisk. Najczęściej wzrost ciśnienia powodowany jest oddziaływaniem frontów roboczych zwałowarek.
- **Pomiary geodezyjne Sieci Kontrolno Pomiarowej.** Do kontroli powierzchniowych deformacji służy odpowiednio zorganizowany System Kontrolno-Pomiarowy (SKP). Kopalnia Turów posiada, dla rejonów o szczególnym znaczeniu, gęstą sieć geodezyjnych reperów umożliwiającą określenie: zasięgu deformacji, kierunku rozprzestrzeniania deformacji, wartości oraz średniej prędkości przemieszczeń.
- **Pomiary GPS zaistniałych zjawisk geotechnicznych.** Pomiary powstałych deformacji terenu (obsuwów, rozmyć, szczelin, uskoków) i naniesienie ich na mapy cyfrowe

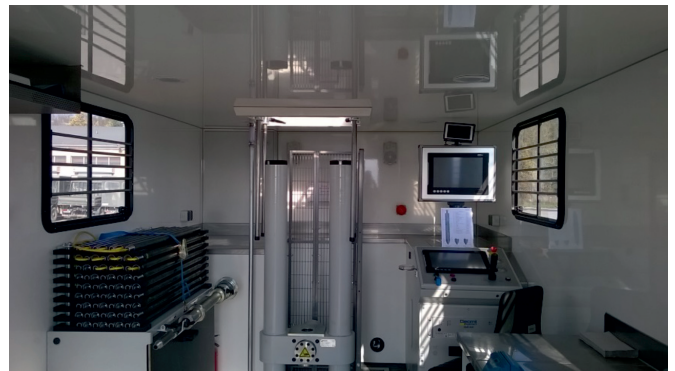
może być wykonywane samodzielnie przez obsługę geologiczną i geotechniczną w niedługim czasie po zgłoszeniu ww. zjawisk przez służby ruchowe kopalni.

- **Laserowy skaning powierzchni przy użyciu drona** (fot. 3) System pozwala na stworzenie numerycznych modeli powierzchni terenu oraz ortofotomapy. Wykonanie modelu różnicowego pozwala na ocenę jakościową i ilościową deformacji już istniejących oraz wczesne wykrywanie nowych procesów prowadzących do powstania osuwisk. Użycie drona umożliwia również szybkie uzyskanie informacji oraz pomiar geodezyjny deformacji w rejonach o utrudnionym dostępie.



Fot. 1. Sonda statyczna GRIZZLY 200 kN

Fot. 1. Geotechnical Laboratory GRIZZLY 200 kN



Fot. 2. Wnętrze sondy statycznej GRIZZLY 200 kN

Fot. 2. Inside Geotechnical Laboratory GRIZZLY 200 kN



Fot. 3. Hexakopter używany do skaningu laserowego

Fot. 3. Drone for laser scanning





Fot. 4. Zasobnik węgla – widok z drona  
Fot. 4. Brown coal container – view from drone

Zebranie, archiwizacja i przetwarzanie tak licznych danych wchodzących w skład systemu monitorowania zagrożeń naturalnych, nie byłoby obecnie możliwe bez wykorzystania technik informatycznych. Górniczy System Informatyczny GSI jest podstawowym środowiskiem służącym do gromadzenia informacji. Zawiera między innymi cyfrową bazę danych geologiczno-górnictwa. Ważnym elementem oceny zagrożeń naturalnych są opracowywane w środowisku MicroStation cyfrowe mapy zagrożeń geotechnicznych i wodnych. Mapy te zawierają informacje o czynnikach wpływających na zagrożenia naturalne. Prezentowane są na nich wektory przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych punktów Systemu Kontrolno Pomiarowego obrazujące przebieg deformacji górotworu, strefy zawodnień, wartości ciśnień porowych, kąty generalnych nachyleń zbczy, poziomy zwierciadeł wody itp. W oparciu o te dane określa się przewidywane rejon zagrożone powstawaniem osuwisk, rejon przewidywanego występowania uskoków oraz szczelin odprężeniowych. Uzyskane informacje pozwalają na zaplanowanie odpowiedniego sposobu prowadzenia robót górniczych oraz przyjęcie odpowiedniej częstotliwości monitorowania zagrożenia w tych rejonach. Bieżące obliczenia stateczności na przekrojach obliczeniowych (fot. 5) wykonuje służba geotechniczna kopalni przy wykorzystaniu programu SLOPE/W. Główne projekty dotyczące eksploatacji i zwałowania wykonywane są przez instytucje zewnętrzne. Wyniki analiz stateczności są podstawą dla projektowania postępów robót górniczych.

## Zagrożenia wodne

Głównymi czynnikami powodującymi występowanie zagrożeń wodnych są: wypływy wód i kurzawki z zawodnionych soczew i warstw piaszczysto-żwirowych w nadkładzie, wypływy wody z pokładów węgla, infiltracja wód poprzez

szczeliny uskokowe oraz intensywne opady atmosferyczne. Lokalizacja KWB Turów w rozwidleniu rzek Nysy Łużyckiej i Miedzianki stwarza dodatkowe zagrożenie wdarcia się wody do odkrywki oraz infiltracji poprzez szczeliny uskokowe podczas wystąpienia wysokich stanów wód w tych rzekach.

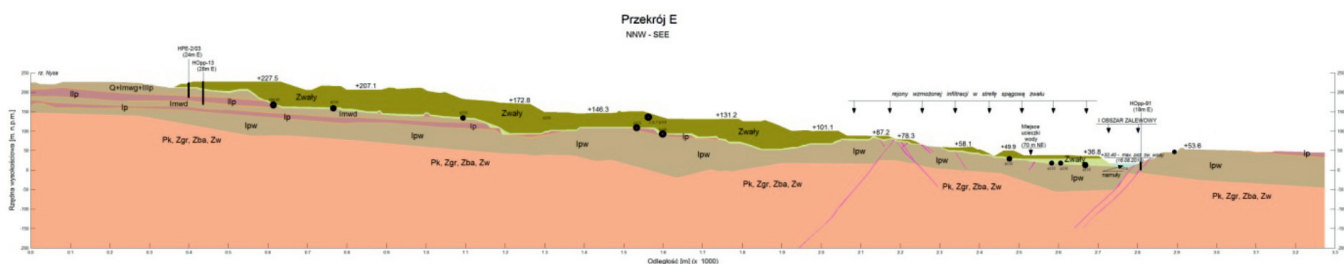
Do czynników generujących pośrednio zagrożenia wodne należy zaliczyć występowanie nadmiernych ciśnień porowych w gruntach nadkładu, wskutek niedostatecznego lub utrudnionego ich odwodnienia oraz blokujący dla przepływu wód podziemnych charakter uskoków zwłaszcza tzw. uskoku głównego i południowego. W efekcie zróżnicowania ww. czynników obszar górniczy kopalni jest podzielony na rejon i strefy charakteryzujące się odmiennymi warunkami hydrogeologicznymi. Czynniki wywołujące zagrożenia wodne są często przyczyną bezpośrednią lub pośrednią powstawania zagrożeń geotechnicznych, w szczególności na zwałowisku wewnętrznym.

Jednym z podstawowych działań profilaktycznych prowadzonych przez służby kopalni w zakresie ochrony przed zagrożeniami wodnymi jest ciągły monitoring wód w ciekach zewnętrznych, pompowniach, korpusie górotworu i zwałowiska. W tym celu zainstalowano system ok. 400 otworów obserwacyjnych do pomiaru poziomów piezometrycznych wód podziemnych. Pomiar w piezometrach prowadzone są z częstotliwością raz na pół roku dla całego systemu obserwacyjnego. Raz w roku wykonywane są kartowania hydrogeologiczne z pomiarami przepływów wód w ciekach i rowach odwadniających oraz rejestrowana jest wielkość opadów atmosferycznych.

Kopalnia Turów pozyskuje z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej dane na temat ostrzeżeń meteorologicznych, dobowych sum opadów oraz wyniki pomiarów codziennych stanów wody dla wodowskazów na Nysie Łużyckiej i Miedziance (fot. 6). Wyniki pomiarów i obserwacji hydrogeologicznych oraz dane dotyczące ilości wypompowanych wód z pompowni stanowią podstawę do sporządzenia rocznego raportu o stanie odwodnienia i zagrożeń wodnych.

Zabezpieczenie odkrywki przed dopływem wód powierzchniowych i podziemnych ze strony Nysy Łużyckiej stanowi: filar ochronny z ekranem przeciwfiltracyjnym, wał przeciwpowodziowy, bariera studni głębinowych i drenażowych. Ekran przeciwfiltracyjny zabezpiecza wyrobisko przed infiltracją wód z Nysy Łużyckiej, z utworów czwartorzędowych doliny i pradoliny Nysy oraz górnych partii węgla ksylicowego III pokładu. W celu odwodnienia i całościowego przejścia wód infiltracyjnych, na filarze rzeki Nysy zlokalizowane są studnie głębinowe i drenażowe, które odprowadzają wody z górotworu poza rejon odkrywki.

Rzeka Miedzianka stanowi zabezpieczenie przed spływem wód powierzchniowych z części wschodniej przedpola oraz



Fot. 5. Przekrój obliczeniowy w programie SLOPE/W  
Fot. 5. Geological cross-section in software SLOPE/W

jest odbiornikiem wód z pompowni głównej TIII/4. Elementem zabezpieczenia odkrywki są: filar ochronny oraz wał ziemny. Po powodzi w 2010 r. oczyszczono koryto rzeki z drzew i krzewów, zostały zlikwidowane nieczynne mosty i naturalne zwężenia, które przyczyniały się do piętrzenia wody. Wykonano dodatkowe zabezpieczenia inżynieryjno-budowlane w postaci szczelnych ścianek z pali Larsena (fot. 7) oraz miejscowe wzmocnienia brzegów rzeki (fot. 8). W 2016 r. tego typu zabezpieczenie zostanie wykonane również w rejonie bazy transportowej KWB Turów. Istniejące wały ziemne na odcinkach rzek Nysy i Miedzianki sąsiadujących z odkrywką zostały zmodernizowane po powodzi w 2010 r. i zabezpieczają wyrobisko przed przepływem wód  $Q_{0,5\%}$  (woda występująca raz na 200 lat).

Zasady postępowania w przypadku wystąpienia zagrożenia powodziowego są określone w Planie Ratownictwa Zakładu Górniczego KWB „Turów”.



Fot. 6. Monitoring zwierciadła wód powierzchniowych – rzeka Miedzianka  
Fot. 6. Monitoring of water level in Miedzianka river

### System odwodnienia kopalni

Istotne zagrożenie dla ruchu zakładu górniczego stanowią zagrożenia wodne spowodowane gwałtownymi opadami deszczu o dużym natężeniu, które powodują niekontrolowany spływ wód z poziomów roboczych, nagły wzrost poziomów wód w rzekach i potokach zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie wyrobiska odkrywkowego oraz zwiększony wypływ wód ze skarp i kontaktów na styku węgiel-ił.

System odwadniania odkrywki i zwałowisk opiera się o pracę trzech pompowni głównych: T-6/+165, TIII/4/+85 i T-5/+140. Ich pracę wspomagają pompownie pomocnicze: PpII/2/+65, Psp+40W, Pp+110, Psp+40, Pzp+70Z, PS-Z/+30 oraz pompownie na przedpolu kopalni. Wydajność pompowni głównych wynosi 590,2 m<sup>3</sup>/min, wydajność pompowni pomocniczych 176,1 m<sup>3</sup>/min.

W obszarze zwałowiska wewnętrznego ujęcie wód podziemnych realizowane jest za pomocą systemu drenażowego układanego na spągu wyrobiska, sprowadzeniu wód do studni drenażowych i odpompowaniu do pompowni głównych. Obecnie kopalnia eksploatuje 18 studni drenażowych, które odbierają wody z drenaży podzwałowych. Rocznie układa się ok. 2 km drenaży o średnicach od 110 mm do 560 mm. Wody powierzchniowe pochodzące z opadów są przejmowane przez system rowów i odprowadzane do pompowni. Łącznie kopalnia posiada ok. 45 km rowów ziemnych, które są sukcesywnie odtwarzane wraz z postępem robót górniczych i ok. 15 km rowów stałych.



Fot. 7. Uporządkowane koryto rzeki Miedzianki oraz wykonana w 2013 r. ścianka szczelna z pali Larsena.

Fot. 7. The cleaned bed of Miedzianka river together with realized in 2013 Larsen retaining wall



Fot. 8. Koryto rzeki Miedzianki – dodatkowe wzmocnienie brzegu  
Fot. 8. The bed of Miedzianka river – additional reinforcement of riverside

W miarę możliwości i potrzeb na poziomach eksploatacyjnych wykonywane są przez maszyny podstawowe zbiorniki retencyjne (fot. 10), których zadaniem jest tymczasowe przejęcie i magazynowanie wód w okresach opadów nawalnych. Pozwala to zabezpieczyć maszyny podstawowe, istniejące pompownie przed nadmiernym krótkotrwałym dopływem wód i zamuleniem oraz poziomy i skarpy robocze przed erozją. Łączna suma retencji wynosi 600 tys. m<sup>3</sup>.

W obszarze wyrobiska odkrywkowego i na jego przedpolu, nadkład (nad górnym pokładem węgla) jest odwadniany metodą górniczą (chodniki, filtry i drenażowe otwory kierunkowe), metodą studni głębinowych wierconych z powierzchni oraz metodą drenaży i studni drenażowych. W rejonach, gdzie występują izolowane soczewy utworów zawodnionych dodatkowym elementem odwodnienia są wiercone na poziomach roboczych drenażowe otwory kierunkowe.

W celu odwodnienia kompleksu międzywęglowego oraz odprężenia górnej części kompleksu podwęglowego, wykonywane są studnie głębinowe lub otwory przelewowe z poziomów wyrobiska odkrywkowego. Dla kontroli postępu odwadniania w odkrywce i na przedpolu wykonuje się otwory obserwacyjne. Ze studni i otworów przelewowych zlokalizowanych w wyrobisku



odkrywkowym woda odprowadzana jest za pomocą rowów do zbiorników przy pompowniach. Obecnie kopalnia eksploatuje 62 otwory studzienne i ok. 400 otworów obserwacyjnych.



Fot. 9. Pompownia TII/4 - jedna z trzech głównych pompowni zlokalizowana w części wschodniej odkrywki KWB Turów o wydajności 272.8 m<sup>3</sup>/min

Fot. 9. The pump station TII/4 capacity 272.8 m<sup>3</sup>/min (eastern part of Turów Mine)



Fot. 10. Tymczasowy zbiornik retencyjny o pojemności 260 tys. m<sup>3</sup> wykonany przez koparkę K-28

Fot. 10. Temporary water container (against flood) capacity 260 000 m<sup>3</sup> realized by excavator K-28

### Zagrożenia pożarami endogenicznymi

Zagrożenie pożarami endogenicznymi występuje głównie na stałych, długo odsłoniętych skarpach i zboczach zawierających wkładki węgla oraz w podziemnych chodnikach odwadniających. Pożary endogeniczne rozwijają się przy zaistnieniu trzech współdziałających równocześnie czynników:

- obecności rozdrobnionego węgla skłonnego do niskotemperaturowego utleniania,
- dopływu powietrza do miejsc nagromadzenia tego węgla,
- możliwości akumulacji ciepła wydzielającego się w czasie reakcji utleniania węgla.

Profilaktyka i likwidacja zagrożeń pożarami endogenicznymi uwarunkowana jest przez procedury zawarte w odpowiednich

### Literatura

- [1] „Sposoby przeciwdziałania zagrożeniom wodnym na przykładzie KWB Turów” – R. Salata, L. Sondaj, A. Górecka-Żwirska, B. Wojnar, Bogatynia, czerwiec 2013 r.
- [2] „Dokumentacja Techniczna Odwadniania Powierzchniowego Odkrywki i Przedpola” – A. Sękowska, K. Wojtukiewicz, Bogatynia, luty 2015 r.
- [3] Plan Ruchu na lata 2013 – 2015, Bogatynia, grudzień 2012 r.



Fot. 11. Zapadlisko powstałe w wyniku pożaru chodnika  
Fot. 11. The cavity as result of fire in gallery



Fot. 12. Wylot chodnika objętego pożarem  
Fot. 12. The Mouth of gallery in fire

wewnętrznych aktach normatywnych wydanych przez KRZG, które regulują kontrolę stałych skarp węglowych poprzez: badanie temperatury powierzchni przyzmy węgla kamerą termowizyjną, przestrzeganie okresu składowania węgla w zasobnikach, lokalizację ognisk samozapalenia na podstawie charakterystycznych oznak i natychmiastowe przystąpienie do ich usuwania.

### Podsumowanie

Prawidłowa ocena i monitorowanie zagrożeń naturalnych w kopalni odkrywkowej umożliwia skuteczne projektowanie postępów robót w odkrywce i na zwałowisku oraz bezpieczną i bezawaryjną eksploatację. Pozwala również na wcześniejsze prognozowanie zagrożeń, wyznaczenie zagrożonych rejonów oraz podejmowanie niezbędnych działań profilaktycznych i zabezpieczających. Kopalnia posiada odpowiednio zorganizowane służby, których zadaniem jest rozpoznawanie zagrożeń naturalnych i przeciwdziałanie powstawaniu zagrożeń. Zastosowanie nowoczesnych technologii (Górnicy System Informatyczny, GPS, sondowania statyczne, modelowanie numeryczne, itp.) umożliwiło zbieranie i przetwarzanie większej ilości danych pozwalających trafniej i szybciej przewidywać występowanie zagrożeń naturalnych i podjęcie odpowiednich środków technicznych w celu ich zapobiegania.