

*Janusz Rusek\*, Tomasz Sanocki\**

## PRZEDSIĘBIORSTWO BUDOWY SZYBÓW — NIETYPOWE ZADANIA W BUDOWNICTWIE SZYBOWYM

---

### 1. Informacje o PBSz SA i Grupie ZZM-KOPEX

W grudniu 2003 roku KOPEX SA zawarł kontrakt na pogłębienie szybu głównego oraz wykonanie i wyposażenie wyrobisk towarzyszących w kopalni rudy miedzi i cynku Çayeli Bakir Isletmeleri w Turcji. W ramach zadania polegającego na udostępnieniu nowego poziomu wydobywczego od grudnia 2003 do sierpnia 2007 r. PBSz SA wykonało kompleksowe roboty w branży górniczej i mechanicznej.

Wybór naszej firmy nie był przypadkowy. W ciągu ponad sześćdziesięciu lat nieprzerwanej działalności PBSz osiągał pozycję lidera na rynku usług górniczych, doświadczonego projektanta i wykonawcy kompleksowych, specjalistycznych usług górniczych i budownictwa podziemnego oraz sprawdzonego wykonawcy najtrudniejszych zadań inwestycyjnych w przemyśle wydobywczym.

Przystąpienie do wspólnej realizacji zadania było pierwszym zewnętrznym przejawem procesu konsolidacji kapitałowej i strukturalnej dużej grupy firm w branży górniczej.

Niedługo po podpisaniu kontraktu KOPEX realizując swoją strategię rozwojową, stał się dominującym właścicielem PBSz SA (właściciel ponad 90% akcji). W lutym 2006 roku powstała Grupa ZZM-KOPEX, trzecia największa na świecie grupa branżowa, generalny wykonawca przedsięwzięć inwestycyjnych w górnictwie węgla kamiennego, brunatnego i rud metali nieżelaznych.



---

\* Przedsiębiorstwo Budowy Szybów SA, Bytom

Grupa zapewnia pełną obsługę inwestycji obejmującą projektowanie i wykonanie kompletnych obiektów budownictwa podziemnego oraz produkcję, dostawę i montaż maszyn systemów technologicznych.

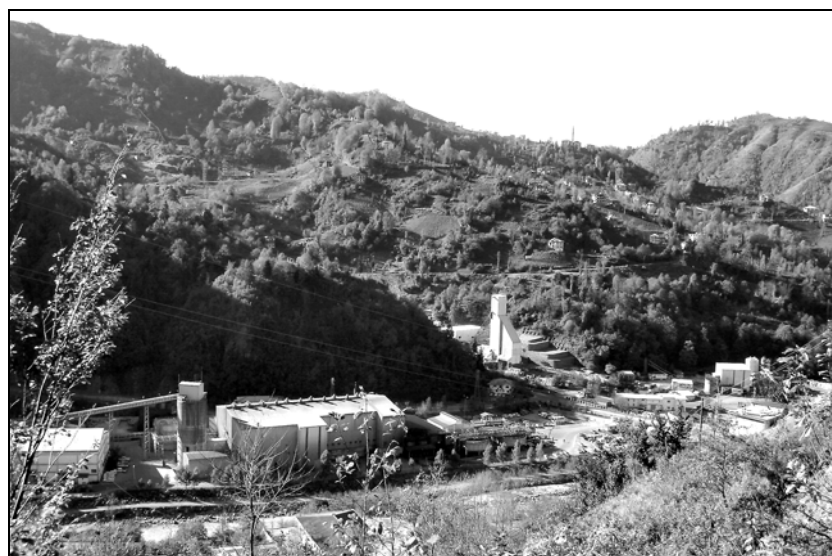
Trwa proces konsolidacji i restrukturyzacji.

## 2. Omówienie zadania inwestycyjnego

### 2.1. Kopalnia miedzi i cynku Çayeli Bakir Isletmeleri

INMET Mining Corporation, kanadyjska firma o globalnym zasięgu, zajmuje się wydobyciem miedzi, cynku i złota. Jest właścicielem i operatorem projektów górniczych w Turcji, Finlandii, Kanadzie, Papui Nowej Gwinei oraz Hiszpanii i Panamie.

Jeden z projektów — Çayeli Bakir Isletmeleri (CBI) — jest głębiniową kopalnią zlokalizowaną w północno-wschodnim rejonie Turcji na wybrzeżu Morza Czarnego. Kopalnia eksploatuje złożo rudy miedzi (Cu — 3,7%) i cynku (Zn — 5,8%) i jest producentem koncentratu rud tych metali (rys. 1).



Rys. 1. Panorama kopalni CBI

Złożo to skały magmowe pochodzenia wulkanicznego z okresu kredy, masywne, w których występują rudy siarczkowe (*type of ore body: cretaceous age volcanogenic massive sulphide deposit*).

Kanadyjczycy eksploatują kopalnię od 1994 roku, a wyczerpanie złoża przewidywane jest na rok 2016.

Do momentu rozpoczęcia robót przez PBSz na podziemną infrastrukturę wyrobisk udostępniających składały się:

- szyb główny i jedyny z powierzchni, o średnicy 5,5 m w świetle obudowy betonowej, o głębokości –280 m, wyposażony w dwa przedziały: klatkowy z jednokońcowym urządzeniem wyciągowym oraz skipowy z dwoma skipami do transportu rudy;
- system upadowych z powierzchni do głębokości –300 m;
- system przepustów rudy (*ore passes*), tzn. szybików skośnych do między poziomowego transportu rudy;
- komory i wyrobiska pomocnicze.

Utrzymanie produkcji na ekonomicznie uzasadnionym poziomie wymagało udostępnienia głębiej zalegającej części złoża oraz wykonania i wyposażenia wyrobisk infrastruktury podziemnej.

## **2.2. Zadania inwestycyjne realizowane przez PBSz SA**

Większość robót związanych z udostępnieniem nowych poziomów wydobywczych przypadło PBSz. Nasze zadanie obejmowało pogłębienie szybu głównego oraz wykonanie i wyposażenie wyrobisk towarzyszących w branży górniczej i mechanicznej.

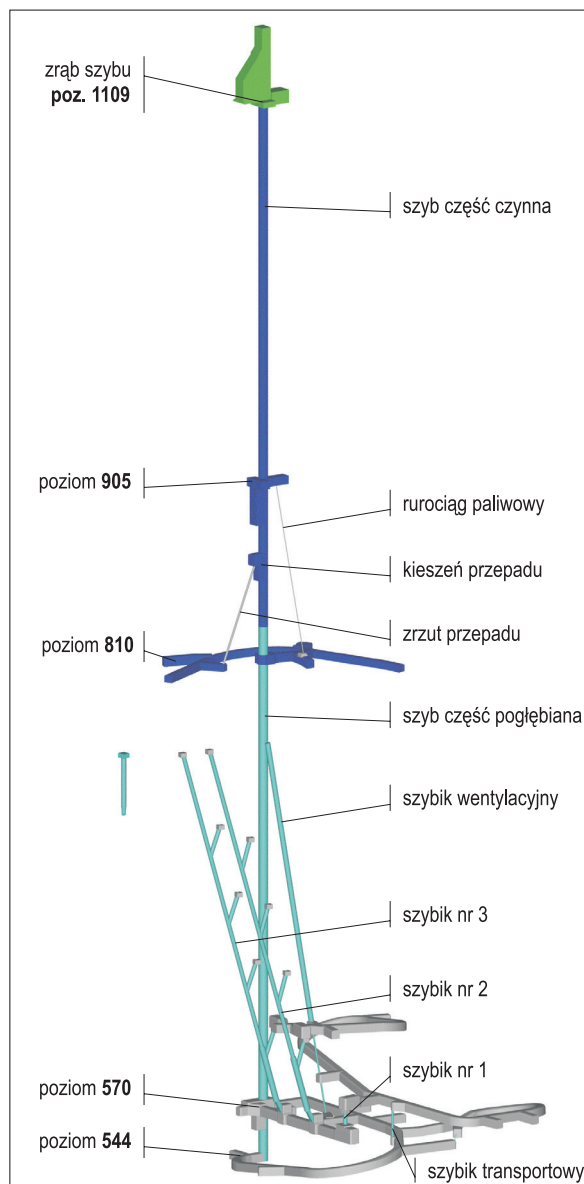
Szczegółowy zakres robót obejmował pięć etapów:

### **1. Mobilizacja, projektowanie, prace przygotowawcze**

Przeprowadzono złożone działania mobilizacyjne, na które składało się przede wszystkim: zebranie informacji i założeń technicznych, technologicznych i organizacyjnych pozwalających na opracowanie wielobranżowej dokumentacji projektowej, wykonawczej i technologicznej. Kolejnym krokiem było przygotowanie i wysyłanie specjalistycznych urządzeń, sprzętu i konstrukcji technologicznych. Jak zwykle przy mobilizacji oraz realizacji trudnych i złożonych zadań kluczową rolę odgrywał proces doboru załogi i osób dozoru szczebla średniego i wyższego. Proces mobilizacyjny kończył się wykonaniem kompleksowych robót przygotowawczych obejmujących przygotowanie zaplecza warsztatowo-magazynowego i biurowo-socjalnego, montaż urządzeń technologicznych na powierzchni, adaptacje istniejącego urządzenia wyciągowego klatkowego, przedziału materiałowo-zjazdowego do pełnienia funkcji technologicznego, kubłowego urządzenia na czas pogłębiania. Wykonano również niezbędne prace adaptacyjne w szybie. Najważniejsze z nich to oddzielenie funkcjonującego i eksploatowanego przez CBI przedziału skipowego od przedziału kubłowego i wykonanie tymczasowego odprowadzenia przepadu urobku oraz montaż pomostu wiszącego i szalunku.

### **2. Pogłębienie szybu głównego**

Realizacja robót przygotowawczych płynnie przeszła do robót głównych, czyli pogłębiania szybu. Pogłębienie odbywało się trójfazowo.

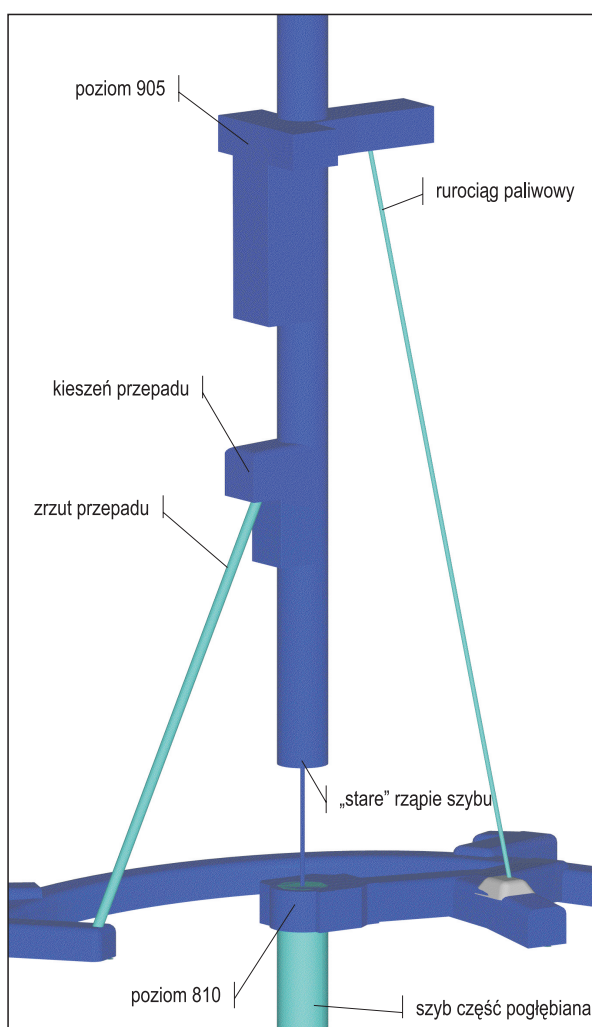


**Rys. 2.** Model przestrzenny wyrobisk kopalni CBI: ■ wybrane wyrobiska kopalni CBI istniejące przed rozpoczęciem robót inwestycyjnych, ■ wyrobiska szybikowe wykonane w ramach zadania inwestycyjnego, ■ wyrobiska przekopowe i komorowe zrealizowane przez PBSz

Objaśnienia dotyczą rys. 2, 3, 5 i 6

W fazie pierwszej z zrąbia szybu znajdującego się na głębokości –280 m (licząc od zrąbu szybu i poziomie 830, zgodnie z obowiązującym w CBI systemem cechowania, za-

kładającym dla poziomu morza cechę 1000) do głębokości -299 m, czyli poziomu 810, na którym w światło szybu wchodziły wcześniej wykonane przez CBI wyrobiska (rys. 2). W tej fazie po raz pierwszy wykorzystano (w tym przypadku już istniejący) otwór wielkośrednicowy wywiercony w osi szybu. Pogłębianie prowadzono stosując cykl: wiercenie otworów strzałowych, roboty strzałowe, zrzut urobku na poziom 810, skąd odstawiany był ładowarkami kołowymi i wozami odstawczymi CBI do stacji załadowniczej na skippy na poziomie 905, ustawianie szalunku i wylewanie obudowy betonowej. Po pogłębieniu szybu do poziomu 810 wykonano jednostronny wlot i zabudowano konstrukcję zbrojenia szybu w odcinku pogłębionym i we wlocie (rys. 3).



Rys. 3. Wyrobiska na poziomach 905 i 810 — pierwsza faza pogłębienia

Drugą, zasadniczą fazą robót szybowych było pogłębianie szybu od poziomu 810 do poziomu 570, czyli nowego, głównego poziomu wydobywczego. W tej fazie pogłębianie realizowano metodą tradycyjną, w cyklu: wiercenie otworów strzałowych, roboty strzałowe i przewietrzanie, obrywka i zabezpieczenie ociosów, przemieszczanie i ustawianie szalunku, wylewanie obudowy betonowej, dobierka. Ze względów bezpieczeństwa konieczny był montaż konstrukcji zbrojenia szybu, w tym przedziału drabinowego, w miarę postępów głębiania, wykonywany raz w miesiącu ciągu kilku zmian.

### 3. Wykonanie podszybia i przekopu przenośnikowego na poz. 570

Po osiągnięciu poziomu 570 przystąpiono do prac związanych z wykonaniem podszybia. Równoległe z pracami w podszybiu drążono wyrobiska poziomu 570 czyli przekop przenośnikowy wraz z wdzierkami pod szybiki, objazd szybu, komory rozdzielni, warsztatów, nawrotu i in. (rys. 4).

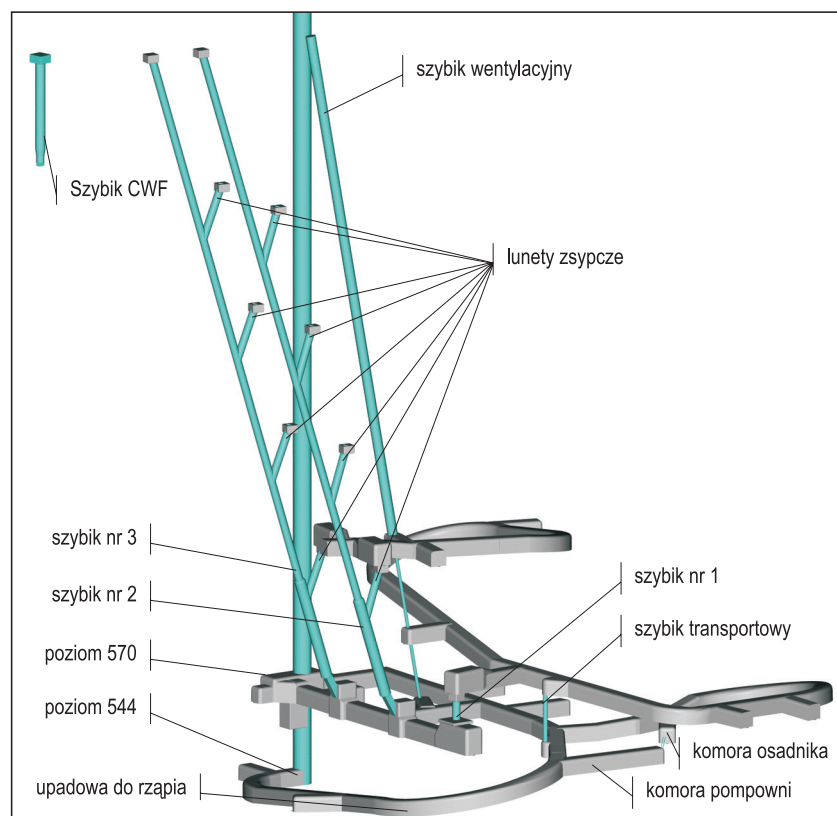


Rys. 4. Poziom 570 — główny przekop przenośnikowy

### 4. Szybiki skośne — przepusty rudy (*Ore Passes*), szybik wentylacyjny (*Vent Raise*), zbiornik retencyjny (*CWF*)

W infrastrukturze kopalni istotną rolę odgrywają szybiki i otwory międzypoziomowe. Większość z nich stanowi element systemu odstawy — pełnią funkcje transportowe i retencyjne, ponadto niektóre pełnią funkcje dostawy mediów oraz wentylacyjne.

Wykonanie wyrobisk na poziomie 570 umożliwiło przystąpienie do wykonania trzech szybków skośnych do transportu rudy nazywanych w nomenklaturze kopalnianej przepustami rudy (*ore passes*). Dwa z nich głębiej były z poziomu 770 do 570, jeden z poziomu 610 do 570. Kolejnym wykonanym wyrobiskiem był skośny szyb wentylacyjny poprowadzony pomiędzy poziomami 770 a 620 (rys. 5).

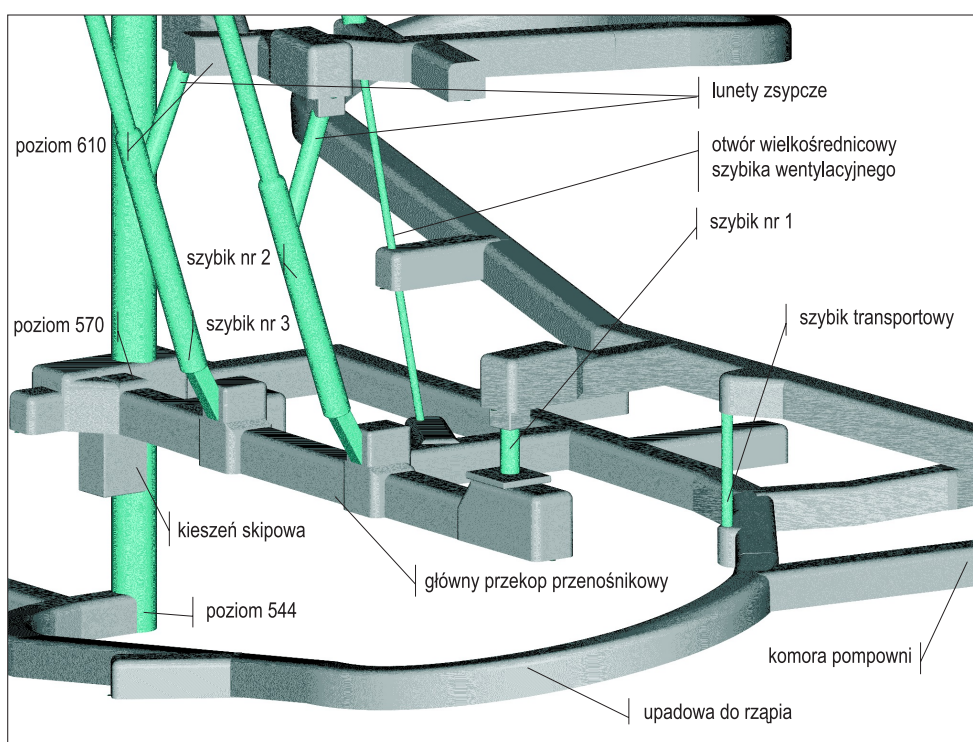


Rys. 5. Wyrobiska szybkowe

##### 5. Drażnienie wyrobisk i wykonanie obiektów towarzyszących na poz. 570

Nowy poziom wydobywczy był udostępniany od strony szybu. Z chwilą pogłębienia szybu do ostatecznego poziomu 540 oraz wykonaniu i wyposażeniu przenośnika głównego, stacji załadawczej, kieszeni skipowej możliwe było przedłużenie wyciągu szybowego w przedziale skipowym. Od tej chwili funkcję odstawy urobku przejęły skipy. Włączenie poziomu 570 (rys. 6) w kopalniany system wydobywania spowodowało z jednej strony znaczące ograniczenie czasu na roboty związane z obsługą szybu, z drugiej — zwiększenie ilości przepadu rudy i urobku oraz zwiększony dopływ wody. Priorytetem

stało się wykonanie upadowej do rząpia, wydrążenie komory rozdzielni głównej, komory pompowni, osadników i uruchomienie systemu odwadniania oraz połączenie poziomu 570 rampą z wyrobiskami na wyższych poziomach kopalni rampą do poziomu 620. Zadania te zrealizowano w kwietniu 2007 r., a całość robót zrealizowano w sierpniu 2007 r.



**Rys. 6.** Wyrobiska szybikowe, przekopowe i komorowe w rejonie poziomu 570

Podstawowe parametry obiektów przedstawiono w tabeli 1.

### 3. Otwory wielkośrednicowe — zastosowanie i przeznaczenie

Zamieszczony opis przedstawił skrótowo złożoność i zróżnicowanie zadań, jednak stanowi on jedynie wstęp do najważniejszej części niniejszego opracowania: opisu zastosowania i wykorzystania otworów wielkośrednicowych wierconych i wykonanych metodami strzałowymi.

W historii dokonań PBSz nie było zadania inwestycyjnego, w którym tak szeroko zastosowane były otwory wielkośrednicowe, wykonane jako technologiczne oraz ostateczne.



TABELA 1  
**Podstawowe parametry wyrobisk wykonanych z zastosowaniem otworów wielkośrednicowych**

Pozycja	Obiekt	Średnica mm	Długość m	Nachylenie °	Parametry zastosowanego otworu wielkośrednicowego
1.	szyb główny	5500	565,5	pionowy	pomiędzy poz. 830 a 810 średnica ok. 1 m
2.	zrzut przepadu	1200	57,5	ok. 71	średnica ok. 1,4 m — zarurowany
3.	rurociąg paliwowy	219,1	91,8	80	średnica ok. 0,3 m — zarurowany
4.	szybik Nr 1	2400	9,5	pionowy	średnica ok. 1,2 m — wykonany robotami strzałowymi
5.	szybik Nr 2	2400/3400	210,7	71	średnica 1,05
6.	szybik Nr 3	2400/3400	200,9	72	średnica 1,05
7.	łunety zsupcze	2400	ok. 14,50	ok. 70	średnica 0,45 m — poszerzane robotami strzałowymi
8.	szybik wentylacyjny	3000	156,8	ok. 83	średnica 1,05
9.	szybik CWF	3000	33,3	pionowy	średnica 1,05
10.	szybik odstawczy	ok. 1,40	ok. 14,0	pionowy	średnica ok. 1,4 m — wykonany robotami strzałowymi
11.	zrzut wody	219,1	6,6	ok. 37	średnica ok. 0,3 m — zarurowane

### 3.1. Zrzut przepadu (*Spill Raise*)

Pogłębianie szybu przy czynnym przedziale skipowym było możliwe jedynie przy pewnym oddzieleniu szybu w części normalnie eksploatowanej od przedziału kubłowego i części pogłębianej. Jednym z wielu problemów technicznych z tym związanych była konieczność wykonania alternatywnego do dotychczas stosowanego systemu odstawy przepadu z przedziału skipowego. Opracowane rozwiązanie przewidywało wykonanie sztucznego dna w postaci przegrody skośnej w rejonie kieszeni przepadu oraz jej połączenie zarurowanym, skośnym otworem wielkośrednicowym (rys. 2) z niżej położonymi wyrobiskami kopalni.

Otwór z dużą precyzją wykonało Śląskie Towarzystwo Wiertnicze DALBIS. Wiercenie realizowano dwuetapowo: w pierwszej kolejności wykonano otwór pilotujący, następnie rozwiercony do średnicy 1,4 m. Końcową czynnością było zarurowanie otworu rurami o średnicy 1,2 m spawanymi odcinkami 6,0 m.

Przez cały okres pogłębiania szybu, do momentu likwidacji przegrody skośnej i wydłużenia przedziału skipowego, otwór służył do odstawy przepadu.

### 3.2. Rurociąg paliwowy (*Slick Line*)

Zadaniem nie związanym bezpośrednio z robotami szybowymi było przeniesienie punktu dostawy paliwa do kopalnianych maszyn dołowych z poziomu 905 na poziom 810. Rurociąg paliwowy (rys. 2) został poprowadzony otworem wywierconym również przez DALBIS.

Należy podkreślić, że dzięki ściślejszej współpracy wiertaczy i inżyniera mierniczego PBSz odchylenie otworów skośnych było mniejsze niż 0,5%.

### 3.3. Otwory wielkośrednicowe

Wyżej opisane otwory pełniły jedynie funkcje dodatkowe, natomiast kluczowe dla realizacji pogłębiania szybu, głębiania szybików i wykonania pozostałych robót miały otwory wielkośrednicowe opisane poniżej:

#### — W szybie głównym

W momencie rozpoczęcia robót przez PBSz rzapie szybu było na poziomie 830, natomiast wyrobiska przekopowe zostały doprowadzone przez CBI w światło szybu, na poziom 810. Istniejące rzapie szybu połączono z nimi wcześniej niezarurowanym otworem o średnicy ok. 1 m. Pierwsza faza pogłębiania (rys. 2) zrealizowana została z jego wykorzystaniem. Urobek po robotach strzałowych opuszczany był na poziom 810, skąd ładownikami i wozami odstawczymi transportowany był do urządzenia załadunkowego na skipy na poziomie 905. Zadanie relatywnie proste znacząco się skomplikowało z chwilą gdy niestabilne ociosy otworu wielkośrednicowego zaczęły się osypywać. Podjęto wtedy decyzję o pozostawieniu odstrzelonego urobku w wyrobisku na poziomie 810 i w osypującym się otworze. Pozwoliło to utrzymać otwór. Dalsze pogłębianie realizowano obniżając zasypane dno szybu poprzez kontrolowane odbieranie urobku na poziomie 810.

### — **W przepustach rudy**

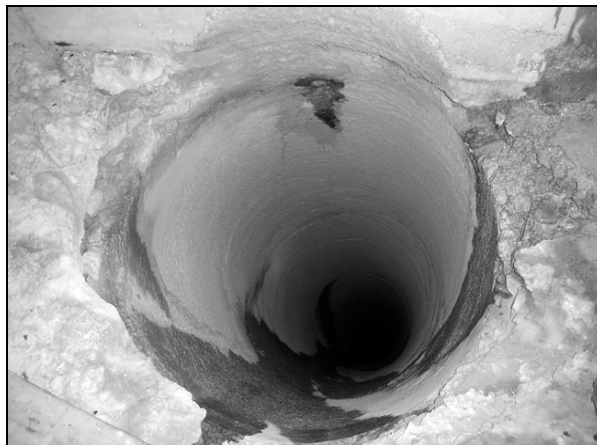
Zadaniem, w którym szeroko wykorzystano technologię otworów wielkośrednicowych, było głębenie ok. dwustumetrowych skośnych przepustów rudy nr 2 i 3. Pierwotnie inwestor przewidywał, że szybiki zostaną wykonane technologią nadsiewłomu, z wykorzystaniem urządzenia Alimak. Zaprojektowana konstrukcja szybika wymagała wykonania obudowy betonowej z wykładką z szyn, zapobiegającą zniszczeniu (wtarciu) obudowy przez transportowaną rudę. Wykonanie tego typu obudowy przy drażeniu szybika z zastosowaniem Alimak byłoby zadaniem długotrwałym i bardzo kosztownym. Po analizie przyjęto rozwiązanie zaproponowane przez PBSz — głębenie z wykorzystaniem otworu. Czeska firma wiertnicza OKD DPB z Paskova wykonała pomiędzy poziomami 770 i 570 otwory o średnicy 1,05 m.

Następnie przystąpiono do głębenia szybików nr 2 i 3 (rys. 7), montując w rejonie głowicy szybików kołowroty linowe, a w szybikach szalunek skośny i pomost wiszący specjalnej konstrukcji. W dolnej części szybików zaprojektowano i wykonano zbiorniki retencyjne o długości 30 m i średnicy 3,4 m w świetle obudowy. Typowy cykl głębenia przebiegał następująco: wiercenie otworów strzałowych, roboty strzałowe, zrzut urobku otworem na poziom 570, skąd odstawiany był ładownikami kołowymi i taśmociągiem do stacji załadowniczej na skipy na poziomie 570. Następnie montaż konstrukcji wsporczej wraz z wykładką szynową, ustawianie szalunku skośnego i wylewanie obudowy betonowej. Pomyślna realizacja szybików skłoniła CBI do zlecenia dodatkowego zadania: wykonania ok. trzydziestometrowego cylindrycznego zbiornika o średnicy 3,0 m w świetle obudowy betonowej. Zbiornik wykonano z zastosowaniem otworu wielkośrednicowego odwierconego również przez OKD DPB. Przepust rudy nr 1 wykonano również z zastosowaniem otworu, w tym przypadku niewierconego. Nie-wielka długość szybika stworzyła możliwość zastosowania robót strzałowych do jego wykonania. Na podstawie opracowanej metryki strzałowej odwiercono koło otworów strzałowych na pełną długość szybika i po odpaleniu uzyskano otwór o średnicy ok. 1,2 m. W następnej fazie otwór poszerzano odcinkami do ostatecznej średnicy i wykonywano obudowę betonową. Końcową fazą robót w przepustach rudy był montaż konstrukcji stalowych. Na głowicach szybików zabudowano konstrukcje zasypową z rusztem wykonaną z blach trudnościeralnych. W wylotach szybików oprócz montażu wykładki z blach trudnościeralnych dokonano zabudowy konstrukcji załadowniczych na główny przenośnik taśmowy na poz. 570.

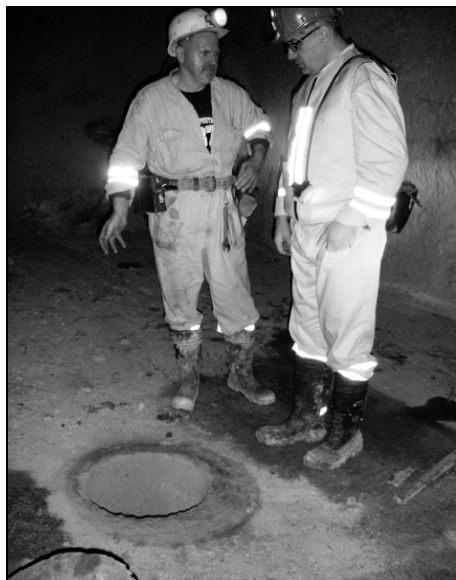
### — **W lunetach zsypczych**

Przepusty rudy są udostępnione z wyrobisk kopalnianych poprzez lunety zsypcze (rys. 8). Przy ich wykonaniu zastosowano technologię otworów wielkośrednicowych zmodyfikowaną na podstawie zdobytych doświadczeń. W osiach lunet specjaliści DALBIS wywiercili otwory o średnicy 450 mm, które następnie poszerzano jednorazowo wykorzystując roboty strzałowe prowadzone z zastosowaniem otworów strzałowych wywierconych na całą długość lunet (technologia sprawdzona najpierw przy drażeniu ram-

py — o czym dalej, a następnie przy opisanym wyżej wykonaniu przepustu rudy nr 1). Wyłom do ostatecznej średnicy, montaż wykładki, wylanie obudowy oraz montaż konstrukcji głowicy lunet wykonano analogicznie jak w szybikach nr 2 i 3. Należy zwrócić uwagę na połączenie lunet z samymi szybikami. Konieczność ich wykonania w obudowie z betonu zbrojonego oraz zastosowania wykładki szynowej stworzyła szereg problemów technicznych (skomplikowane szalunki) oraz technologicznych.



**Rys. 7.** Poziom 770 — otwór wielkośrednicowy do głębinia szybika nr 2



**Rys. 8.** Otwór wielkośrednicowy do głębinia lunety zsyrczej

— **W szybiku wentylacyjnym**

Szybik wentylacyjny (rys. 3) został wykonany również w technologii z wykorzystaniem wierconego otworu wielkośrednicowego 1,05 m (rys. 4), tak jak przepusty rudy nr 2 i 3. Szybik wentylacyjny różni się od nich średnicą, obudową bez wykładki z szyn i długością. Ponadto szybik wentylacyjny udostępniono na poziomach pośrednich wlotami wentylacyjnymi.

— **Zrzut wody w osadniku**

Innym przykładem wykorzystania otworów jest sposób odprowadzenia wody z osadnika do komory pomp na poziomie 570 (rys. 3). Rury łączące wyrobisko osadnika z komorą i zbiornikiem pompowni głównej poprowadzono wierconych otworach o średnicy ok. 300 mm.

— **Technologiczny transport urobku**

Wszystkie dotychczas przytoczone przykłady zostały zrealizowane w oparciu o wcześniejsze analizy i opracowaną dokumentację techniczno-technologiczną. Natomiast w jednym przypadku zastosowanie i wykorzystanie otworu wielkośrednicowego wynikało z potrzeby chwili i nie było wcześniej, w procesie projektowania, przewidywane. Podczas drażenia rampy z poziomu 570 do 620 stosowano odstawę urobku ładownikami kołowymi. Wraz z postępem przodka i wydłużaniem się drogi odstawy zwiększał się czas wybierania urobku. Wydłużona droga odstawy (wyrobiska o nachyleniu ok. 10°) miała również wpływ na wzrost awaryjności ładowarek. Wykorzystując konfigurację wyrobisk rampy zdecydowano o wykonaniu technologicznego szybika transportowego (rys. 4) do odstawy urobku. Pomiedzy odcinkami rampy usytuowanymi jeden nad drugim wykonano otwór wielkośrednicowy, pierwszy raz wykorzystując roboty strzałowe prowadzone z zastosowaniem otworów strzałowych wywierconych na całą długość szybika. Pozwoliło to na skrócenie odstawy ładownikami o ok. 160 m.

#### **4. Podsumowanie — perspektywy dla nietypowych technologii**

Funkcjonalność otworu jest ściśle uzależniona od jego średnicy. Zbyt mała może łatwo doprowadzić do jego zatkania. Od „góry” wielkość średnicy ograniczają względy sprzętowe i ekonomiczne. Duże średnice wymagają zastosowania urządzeń wiertniczych zaawansowanych technicznie, o dużych masach, mocach napędów, drogich samych w sobie i kosztownych w eksploatacji. Ponadto zazwyczaj, a w opisanych wyżej sytuacjach w szczególności, ważnym kryterium doboru sprzętu jest jego mobilność — szybkość demontażu, transportu i powtórnego montażu.

Inne parametry istotne dla funkcjonalności otworów wykorzystywanych przy głębieniu szybów i szybików to ich współosiowość (lub równoległość osi) z obiektami docelowymi, warunki geologiczne i hydrogeologiczne wpływające na stabilność ociosów oraz warunki wentylacyjne.

Jednakże mimo wszystkich wyżej wymienionych uwarunkowań i ograniczeń wszędzie tam, gdzie można skrócić najbardziej czaso- i pracochłonną operację, jaką jest w robotach szybowych odstaw (wybieranie) urobku (wykorzystując istniejącą infrastrukturę wyrobisk i urządzeń odstawczych), należy z wyjątkową wnikliwością przeanalizować możliwość zastosowania i wykorzystania otworów wielkośrednicowych.

## **5. Zakończenie**

Przedstawione, siłą rzeczy w sposób skrócony i uproszczony, przykłady pokazują, jak szerokie możliwości technologiczne dają odpowiednio zastosowane otwory wielkośrednicowe; przy czym należy zwrócić uwagę, że sama technologia ich wykonania może być różna.

Doświadczenia PBSz wyraźnie wskazują, że umiejętne, szerokie i elastyczne podejście do technologii otworowej w budownictwie podziemnym pozwala na efektywną realizację trudnych zadań.