

*Krystyna Stachowiak-Maciejowska**

TECHNOLOGIE BUDOWNICTWA PODZIEMNEGO W DZIAŁALNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWY KOPALŃ

1. Wstęp

Zaczynaliśmy od budowy kopalń miedzi. Przez lata zdobywaliśmy kolejne umiejętności i poszerzyliśmy wachlarz usług. Dziś jesteśmy największą w kraju firmą budowlaną z polskim kapitałem, która może pochwalić się górnictwymi korzeniami.

45 lat temu, dokładnie 27 kwietnia 1960 roku, zapadały ostatnie decyzje dotyczące powołania firmy, która zajmie się budową Zagłębia Miedziowego. W tamtym czasie było to największym zamierzeniem naszej gospodarki. W rejonie Lubina, Legnicy i Głogowa miał powstać największy w Europie kompleks wydobywczy rud miedzi. Jego budowę powierzono Przedsiębiorstwu Budowy Kopalń Rud Miedzi — dzisiejszemu Przedsiębiorstwo Budowy Kopalń.

Wiedza i doświadczenie gromadzącej się w nowej firmie kadry górnictwa miedziowego z kopalń „Lena” czy „Nowy Kościół” starego zagłębia były bardzo przydatne, lecz dalece niewystarczające dla całkowicie odmiennego, o wiele bardziej złożonego i trudnego przedsięwzięcia, z jakim przyszło się zmierzyć załodze nowo powstałego przedsiębiorstwa. A jednak, w krótkim czasie PBKRM stało się jedną z najbardziej znaczących firm w regionie, a jego załoga zasłużenie zdobywała sławę zdolnej do wykonania najbardziej skomplikowanych robót. Osiągnięcia tamtego pionierskiego okresu, nawet dziś, po 45 latach budzą zasłużony podziw i uznanie dla nowatorstwa i technicznej doskonałości zastosowanych metod, dla fachowości, zaangażowania i poświęcenia załogi czy wreszcie dla zdolności organizacyjnych firmy tworzącej całą infrastrukturę przyszłego, największego w Europie kompleksu wydobywczego rud miedzi.

Wprowadzone w owym czasie metody zamrażania górotworu, sposoby głębiania i obudowy szybów, technologie wykonywania potężnych komór czy też wielokilometrowych wyrobisk łączących kolejno głębiane szyby były przedsięwzięciami o skali trudności nie-

* Przedsiębiorstwo Budowy Kopalń PeBeKa SA, Lubin

** W referacie wykorzystano materiały informacyjne i reklamowe PeBeKa SA w Lubinie

spotykanej dotychczas w polskim górnictwie. Trudności te, niejednokrotnie wykraczając poza dostępny w owym czasie poziom wiedzy technicznej czy stan doświadczenia załogi, skutkowały czasem poważnymi awariami, stawiającymi w pewnym okresie pod znakiem zapytania w ogóle dalszą techniczną możliwość budowy LGOM. Oceniając tamten okres, można pokusić się o stwierdzenie, że gdyby nie wyjątkowe połączenie entuzjazmu załogi przedsiębiorstwa z dążeniem jego kadry techniczno-inżynierskiej do jak najlepszego opanowania wszelkiej dostępnej w owym czasie światowej wiedzy z zakresu sztuki górniczej, zbudowanie kompleksu kopalń KGHM nie byłoby możliwe.

2. Rozwój usług budowlanych

Dzisiejsza PeBeKa, choć w nazwę ma „wpisane” roboty górnicze, specjalizuje się w budownictwie w szerokim tego słowa znaczeniu. Swoją markę wypracowała samodzielnie, zdobywając doświadczenia w różnych dziedzinach budownictwa. Efektem tego jest skutecznie przeprowadzona w minionych 10–15 latach dywersyfikacja działalności górniczej. Dla firmy była to konieczność, bowiem wtedy w kombinacie miedziowym znacznie zmniejszono tempo jego rozwoju. Jeszcze raz w swej historii PeBeKa wykazała wyjątkową zdolność do przystosowania się do nowych warunków. Z przedsiębiorstwa typowo górniczego przeobraziła się w spółkę o znacznie szerszym profilu usług. Dziś, oprócz najszerzego spośród firm budownictwa górniczego doświadczenia w wykonawstwie inwestycyjnym dla kopalń, posiada w swym dorobku budowy tuneli drogowych, kolejowych i hydrotechnicznych, głębienie szybów i szybków o różnym przeznaczeniu, usługi w zakresie specjalistycznych budowli inżynierskich, realizację obiektów budownictwa mieszkaniowego i wiele innych. Poza rynkiem LGOM, PeBeKa wykonuje usługi w kraju i za granicą. Prowadzi prestiżowe budowy dla Metra Warszawskiego i specjalistyczne usługi konserwatorskie i renowacyjne dla kopalni soli w Wieliczce (rys. 1) i w Bochni.



Rys. 1. Wieliczka — prace rekonstrukcyjne

Dzisiaj nawet 40% przychodów spółki pochodzi z prac niezwiązanych z górnictwem. Mimo to, górnicze tradycje dominują i będą dominować tak długo, jak Polska Miedź będzie się rozwijała. Od kwietnia 2005 roku, po wielu latach zmian i reorganizacji, wydzieleniu ze struktur dawnego kombinatu i przyłączaniu do PeBeKa innych spółek, firma ponownie jest w strukturach KGHM. Polska Miedź wyznaczyła jej bowiem nowe zadania. Poza robotami na terenie Zagłębia Miedziowego będzie przygotowywać zagraniczne inwestycje w zaplanowanej już górniczej ekspansji holdingu.

Pośród ostatnich realizacji PeBeKa warto wymienić chociażby prace związane z rozbudową i utrzymaniem zbiornika odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most”. Dla kopalni ZG „Polkowice-Sieroszowice” wykonaliśmy zespoły obiektów powierzchniowych przy szybach SG-1 i SG-2, magazyn soli przy szybie SW-1. Z kolei dla ZG „Rudna” wybudowaliśmy kompleks nadszybia szybu R-IX i powierzchniową stację klimatyzacyjną. Realizacje te uzupełniają montaż i remonty rurociągów przemysłowych dla ciągu technologicznego.

Poza Zagłębiem Miedziowym zrealizowaliśmy wiele obiektów, dziś znaczących dla PeBeKa. Każda realizacja, która otwierała nowy etap w działalności przedsiębiorstwa, była ważna i znacząca. Tak było w przypadku tuneli w Algierii, gdzie firma zdobywała pierwsze doświadczenia zagraniczne, tak było również w Niemczech, gdzie uczyliśmy się spełniać bardzo wysokie wymagania jakościowe. Niezwykle ważne były zagraniczne budowy tunele w Turcji, Izraelu, Hongkongu, na Filipinach czy w Malezji, gdzie zdobywaliśmy szlify w zakresie stosowania najnowszych technologii i współpracy z międzynarodowymi koncernami budowlanymi.

Równie ważne było rozpoczęcie budowy warszawskiego metra, gdzie PeBeKa miała okazję wykazać się swymi umiejętnościami na wymagającym rynku stołecznym.

W 2003 roku udało się PeBeKa wrócić na rynek niemiecki. Od tego czasu rozwijamy współpracę z DSK — niemieckim holdingiem budownictwa węglowego. Jesteśmy w trakcie realizacji dwóch kontraktów na wykonawstwo robót chodnikowych. Nasza lista referencji eksportowych wzbogaca się o kolejne kontrakty. Zlecenia na budowę obiektów górniczych w Niemczech są potwierdzeniem wysokiego poziomu technicznego i konkurencyjności usług oferowanych przez spółkę. Nasze osiągnięcia poza granicami kraju doceniło jury konkursu Wybitny Polski Eksporter, przyznając nam tytuł laureata jego obecnej, ósmej edycji.

3. Osiągnięcia PeBeKa SA

Do największych osiągnięć spółki należą:

- zgłębienie 30 szybów na terenie LGOM o łącznej głębokości 26 kilometrów (zakres głębokości od 640 do 1250 m), z czego około 14,6 kilometra wykonano metodą mroźniową;
- ponad 1000 km wyrobisk poziomych na terenie LGOM;
- przemysłowe obiekty powierzchniowe oddziałów i spółek KGHM Polska Miedź SA (między innymi centralna stacja klimatyzacyjna przy szybie R-IX kopalni ZG „Rudna”, magazyn soli przy szybie SW-1 kopalni „Polkowice-Sieroszowice”, zespoły obiektów

powierzchniowych szybów SG-1, SG-2 kopalni „Polkowice-Sieroszowice”, nadszybie szybu R-IX kopalni ZG „Rudna”);

- budowa, remonty i modernizacje rurociągów przesyłowych sieci kanalizacyjnych i systemu hydrotransportu na rzecz KGHM Polska Miedź Oddział Zakład Hydrotechniczny oraz roboty inżynierskie dla utrzymania i rozbudowy zbiornika odpadów poftotacyjnych Żelazny Most;
- wykonanie ponad 700 000 m³ komór (objętość największej wynosi ponad 20 000 m³) z przeznaczeniem na komory kruszarek, rozdzielnie elektryczne, komory maszyn ciężkich, składy materiałów wybuchowych;
- w ramach robót montażowych ułożenie między innymi około 500 kilometrów rurociągów o średnicach do 1200 mm, kilkadziesiąt przenośników taśmowych oraz ponad 350 rozdzielni elektrycznych wysokiego i średniego napięcia;
- zbiorniki podsadzkowe przy szybie R-IV (głębokość 29 m, średnica w świetle 18,5 m, studnia zmywczą wykonaną z zastosowaniem mrożenia górotworu), R-VI (zbliżone parametry);
- pięć eksportowych kontraktów szybowych (kopalnie „Preussag” i „Sophia Jacoba” w Niemczech, „El Cajon” w Hondurasie, kontrakt w Chile, Filipiny);
- roboty górnicze w Niemczech (kontrakty: kopalnie „Clara”, „Ensdorf”, „Auguste Victoria” i „West”), na Węgrzech (w Dorog), małe kontrakty we Włoszech i Iranie;
- w ramach robót eksportowych osiem dużych kontraktów: w Algierii, Turcji, Izraelu i Hongkongu — łącznie PeBeKa wydrążyła 18 tuneli o długości około 15,9 km; przekroje poprzeczne tuneli sięgały 140 m²;
- odrestaurowanie i zabezpieczenie komór Kopalni Soli w Wieliczce: Jezioro Wessel, Pieskowa Skała, Jezioro Weimar, Warszawa i Drozdowice, Russegger i Maria Teresa II, a także wyrobisk chodnikowych w tejże kopalni (Prokopowicz, Ferdynand d’Este, Karol i Hauer);
- konserwacje i renowacje obiektów szybowych — wśród nich najstarszego, wydrążonego jeszcze w XIV wieku — szybu Regis.

4. Technologie w budownictwie szybowym

Projektowanie rozwiązań technicznych i technologii głębinia pierwszych szybów w LGOM realizowano w oparciu o skromne dane hydrogeologiczne i przy zupełnym braku doświadczeń z zamrażaniem górotworu do dużych głębokości. Przeniesione z górnictwa węglowego doświadczenia i tzw. prawdy oczywiste okazały się często zupełnie nieprzydatne w nowych warunkach. Przed kadrą techniczną ówczesnego PBKRM Lubin i jednostek nadrzędnych stało wiele problemów wymagających natychmiastowego rozwiązania. Podpatrując światowych potentatów w zakresie budownictwa górniczego (Kanada, Republika Południowej Afryki, ZSRR), współpracując z krajowymi ośrodkami naukowymi (AGH

Kraków, Politechnika Gliwicka, Politechnika Warszawska, Politechnika Wrocławska, Politechnika Gdańska) oraz wykorzystując własne projekty i rozwiązania racjonalizatorskie, wprowadzono szereg udanych rozwiązań technicznych i technologicznych, które na trwałe wpisały się w historię budowy szybów LGOM [5]:

- ustalenie warunków geologicznych i hydrogeologicznych w miejscach projektowania szybów na podstawie wyników kompleksu badań geologicznych i geofizycznych dodatkowymi otworami wierconymi w miejscu lokalizacji szybu;
- dla zapewnienia właściwej grubości płaszcza mroźniowego dobór optymalnej średnicy kręgu rozmieszczenia otworów mroźniowych w stosunku do średnicy wyłomu szybu;
- zastosowanie połączenia spawanego rur mroźniowych;
- wprowadzenie jednoodcinkowego mrożenia na pełną planowaną głębokość, co wiązało się z projektowaniem i budową stacji agregatów mroźniowych o odpowiednio dużej mocy;
- wprowadzenie ciągłego pomiaru temperatur w otworach termalnych oraz okresowego w otworach mroźniowych;
- ciągły monitoring pracy otworów mroźniowych i stacji agregatów mroźniowych;
- zastosowanie kolejnej generacji ładowarek szybowych typu KS-2U;
- maszyny wyciągowe B-5000 z naczyniami wydobywczymi o większej pojemności (kubły o pojemności 4m³);
- szalunki ślizgowe rozpierane i odrywane hydraulicznie;
- zaadaptowanie do warunków górniczych w LGOM, zaprojektowanie i wdrożenie technologii podwieszania obudowy tubingowej;
- zaprojektowanie i wykonanie konstrukcji prototypu kombajnu szybowego przeznaczonego do urabiania zamrożonego górotworu (kombajn po wdrożeniu w szybie R-IV w 1974 r. ulegał kolejnym modyfikacjom, lecz w swej zasadniczej postaci jest stosowany do dziś), ulepszonego jednogłowicowego z pierścieniem nośnym wyposażonym w ociosowe siłowniki hydrauliczne, zapewniające pełną stabilność kombajnu w czasie urabiania skał i czyniące urządzenie w pełni niezależnym od obudowy tubingowej;
- wyposażenie pierścienia montażowego w przystawkę poszerzającą i układacz obudowy panelowej;
- zaprojektowanie i wdrożenie nowego typu tymczasowej obudowy panelowej oraz urządzeń i akcesorii do jej produkcji, transportu, opuszczania szybem i montażu;
- prowadzenie robót strzałowych o zabiorze do 5 m;
- opracowanie i wdrożenie specjalnej technologii prowadzenia robót strzałowych, obejmującej w swoim zakresie strzelanie konturowe, specjalne włomy oraz ograniczenie wielkości zabiorów;
- zastosowanie kotew klinowych do mocowania zbrojenia szybu;

- wdrożenie skutecznego sposobu wykonywania cementacji wyprzedzającej górotworu prowadzonej z powierzchni i dna szybu;
- zmiana technologii opuszczania do szybu masy betonowej poprzez rezygnację z uciążliwych rurociągów i wprowadzenie w ich miejsce kubłów specjalistycznych;
- zastosowanie nowego rozwiązania technicznego budowy sań przewodniczych, urządzenia do śledzenia ruchu sań z kubłem oraz bezpieczniejszej sygnalizacji szybowej typu bezpośredniego;
- we współpracy z Wojskową Akademią Techniczną przeprowadzenie prób zastosowania radiowej sygnalizacji szybowej oraz wdrożenie materiałów wybuchowych emulsyjnych;
- upowszechnienie stosowania łączności radiotelefonicznej podczas wykonywania robót szybowych;
- przeprowadzenie udanych prób mrożenia górotworu ciekłym azotem;
- rozszerzenie gamy stosowanych materiałów iniekcyjnych do napraw i uszczelniania obudowy szybowej oraz prowadzenia tzw. „cementacji wyprzedzającej” górotworu;
- zaprojektowanie i wdrożenie systemu kaskadowego odwadniania głębiego szybu z użyciem wysokowydajnych pomp firmy „Flyght”;
- odwadnianie szybu otworami odwadniającymi z szybu do wyrobisk podszybia zamiast kosztownego systemu kaskadowego;
- głębienie z otworem wielkośrednicowym;
- wdrożenie skutecznego sposobu uszczelniania obudowy szybu i zabezpieczania szczelin pikotażowych przed wypchnięciem materiału uszczelniającego (opaski);
- opracowanie konstrukcji naprawczych i technologii naprawy bądź wymiany uszkodzonych elementów obudowy tubingowej;
- zaprojektowanie i wdrożenie nowej technologii budowy szybów pochyłych (lunety wentylacyjne szybu L-VII), dla których wyrobiska pilotujące drążono metodą nadsiewłomu a poszerzanie do gabarytów docelowych realizowano z góry w dół;
- zaprojektowanie, wyprodukowanie i zastosowanie własnego pomysłu pomostu roboczego do drążenia szybów pochyłych.

5. Realizacje w budownictwie szybowym

Honduras

Nasza firma wykonała trzy szybiki (dwa ciśnieniowe o długości 160 m, o przekroju prostokątnym $2,4 \times 2,0$ m w obudowie kotwowej oraz jeden wentylacyjny o średnicy 2,8 m i długości 72 m) dla Consorcio Internacional Coninca (hydroelektrownia „El Cajon” w Centro

America). Wiercono otwory pilotowe, a następnie poszerzano wyłom do średnicy docelowej. Wykonano wstępną obudowę z betonu natryskowego zbrojonego siatką i ostateczną obudowę betonową. Prace prowadzono w latach 1981–1982.

Chile

Głębiono szyby dla hydroelektrowni „Pehuenche”, o głębokości 15 m i 240 m i średnicy odpowiednio 3 m i 10 m, w skałach o bardzo dużej twardości (andezyty).

Po odwierceniu otworu pilotowego o średnicy 1220 mm poszerzono szyb do średnicy docelowej przy użyciu konwencjonalnej metody górniczej. Obudowę wykonano w postaci kotew, siatki stalowej i betonu natryskowego.

Filipiny

W 1998 r. jako podwykonawca firmy Universalebau ekipa PeBeKa SA skończyła budowę szybu Bus Bar. Wykonano głębenie szybu do poziomu 140 m i średnicy 6,5 m w wyłomie i 5,9 m w świetle obudowy betonowej. Szyb głębeno metodą strzałową z wykorzystaniem otworu pilotowego o średnicy 1,8 m. Szyb był elementem systemu wyrobisk podziemnej hydroelektrowni „Casecan”.

Węgry

W ramach kontraktu dla kopalni „Lencsehegy II” wykonano około 100 szybików o głębokościach do 10 m w obudowach kołowej i prostokątnej metodami nadsiewłomów i pod-siewłomów.

6. Prace szybowe w realizacji

KGHM Polska Miedź SA przystępując do eksploatacji złoża Głogów Głęboki, zleciło naszej firmie wykonanie „Kompleksu budowy szybu SW-4” dla kopalni „Polkowice-Sieroszowice”. W 2004 roku rozpoczęły się prace projektowe i wiercenie dwóch otworów badawczych w miejscu lokalizacji szybu dla zbadania warunków hydrogeologicznych i geologiczno-górniczych. Na podstawie wstępnych badań z tych otworów oraz na podstawie badań geosejsmicznych i w odniesieniu do warunków w sąsiednich szybach opracowaliśmy koncepcję głębenia szybu SW-4. Wynika z niej najgłębsza w dotychczasowych głębokość strefy mrożonej, tj. około 670 m. Znacząca jest również grubość występującej w przekroju szybu warstwy soli — około 120 m. Dla tego odcinka zajdzie konieczność zaprojektowania odpowiedniego rodzaju obudowy.

W 2005 roku przystąpimy również do zbrojenia szybu R-XI kopalni „Rudna” (rys. 2) oraz budowy obiektów ostatecznych.



Rys. 2. R-XI — rura szybowa

7. Technologie stosowane w budownictwie tunelowym

Budownictwem tunelowym PeBeKa zajmuje się od 1984 r. Opanowaliśmy budowę tuneli komunikacyjnych metodami konwencjonalnymi i specjalnymi w każdych warunkach. Zrealizowane tunele kolejowe w Algierii, drogowe w Turcji, Hongkongu i Izraelu, hydrotechniczne w Malezji oraz tunele metra w Algierze i Ankarze wykonano z zastosowaniem nowej austriackiej metody tunelowej (NATM). Metoda ta polega na przestrzeganiu jej 22 ogólnych zasad, które określają wpływ górotworu na konstrukcję obudowy i technologię drążenia tunelu. Istotą tej metody jest zespolenie otaczającego wyrobisko tunelowe górotworu z obudową w pierścieniową strukturę podtrzymującą i nośną. Systematycznie budowane wstępnie sprężone kotwy po „uszlachetnieniu” górotworu betonem natryskowym powodują powiększenie naprężeń radialnych w otoczeniu wyrobisk, optymalizując przez to przestrzenny stan naprężeń w górotworze. Dzięki temu zostaje on przekształcony z ciała obciążającego w konstrukcję przenoszącą obciążenia. Formułuje to pierwsza zasada nowej austriackiej metody tunelowej, która brzmi „Podstawowym elementem nośnym tunelu jest otaczający go górotwór”. Pozostałe 21 zasad jest rozwinięciem pierwszej podstawowej. Stosując metodę NATM urabiamy caliznę górotworu metodą strzałową lub mechaniczną. W dotychczasowych realizacjach wykorzystano kilkakrotnie zaadoptowany do tych celów zmechanizowany sprzęt używany w robotach poziomych w LGOM.

Zdobyte doświadczenia w stosowaniu różnych typów obudów w budownictwie górnym z powodzeniem wykorzystaliśmy w robotach tunelowych drążonych metodą NATM. Jedną z zasad tej metody wymaga stosowania obudowy dwupowłokowej. Tworzą ją obudowa wstępna i ostateczna. W zależności od parametrów geomechanicznych górotworu jako

obudowę wstępną stosuje się beton natryskowy, kotwy wstępnie sprężone i obudowę podporową w różnych konfiguracjach. Ostateczną obudową tunelu jest najczęściej beton monolityczny wylewany za specjalnie do danego projektu konstruowane skomplikowane deskowania zmechanizowane. Rzadziej stosowano natryskowy beton zbrojony włóknami stalowymi i polipropylenowymi [5].

8. Wybrane realizacje w budownictwie tunelowym

Metro Warszawskie

Do osiągnięć technicznych PeBeKa SA w tym zakresie należy:

- przejście tunelem na głębokości 1,2 m pod powierzchnią Trasy Łazienkowskiej;
- przejście tunelem na głębokości ok. 15 m pod powierzchnią terenu, a bezpośrednio 1,5 m pod czynnym tunelem linii średnicowej PKP oraz pod podziemnymi przejściami dla pieszych.

Wszystkie tunele metra (rys. 3) wykonywane są przy użyciu niezmechanizowanej tarczy otwartej SzCzN-1S o średnicy zewnętrznej 5684 mm. Obudowę tunelu stanowią jednastoelementowe żeliwne pierścienie o średnicy wewnętrznej 5200 mm.



Rys. 3. Metro Warszawskie — tunel w obudowie tubingowej

Dla niektórych z odcinków metra PeBeKa SA wykonywała obiekty towarzyszące — szybiki, wentylatorownie i komory rozjazdów.

Licząc na dalszą rozbudowę metra, przedsiębiorstwo szkoli kadrę inżynieryjno-techniczną do realizacji tuneli zamkniętymi tarczami zmechanizowanymi.

Budowa tunelu „Hulanka” (rys. 4)

PeBeKa uczestniczy w budowie tunelu drogowego łączącego ul. Klubową z al. Gen. Andersa w Bielsku-Białej.

Dwunawowy tunel o konstrukcji żelbetowej ma długość 238 m i wymiary $2 \times 10,5 \times 5,5$ m w świetle. Tunel wykonany był metodą tradycyjną z zastosowaniem deskowań systemowych w szerokoprzestrzennym wykopie otwartym.

PeBeKa wykonywała roboty jako podwykonawca firmy Budimex-Dromex SA. Do PeBeKa należały zbrojenie, montaż, prefabrykacja, deskowanie i betonowanie, izolacje na zimno, geomembrany, kapy chodnikowe, płyty przejściowe i zabezpieczenia antykorozyjne powierzchni betonu ($10\,000\text{ m}^2$). Łączna ilość betonu zabudowanego wynosiła $10\,000\text{ m}^3$.

Na ciągle betonowanie zużyto 450 m^3 betonu.



Rys. 4. Bielsko-Biała — tunel „Hulanka”

Algieria

Kolejnym przedsięwzięciem, w którym brała udział PeBeKa, jest projekt „Railroad Tunnels – Ferijijel – Algeria”. W Algierii wykonano sześć tuneli kolejowych w trudnych i zmiennych warunkach hydrogeologicznych i geologicznych. Nadkład skał wynosił od kilku do kilkudziesięciu metrów. Cztery tunele, drążone technologią tradycyjną (pełnym przekrojem), wykonywano w pierwszej fazie w tymczasowej obudowie podporowej z zastosowaniem kotew o długościach $3\div 5$ m, a następnie wykonywano ostateczną obudowę betonową. Dwa tunele drążono z podziałem na warstwy w obudowie podporowej z jednoczesnym wykonaniem obudowy ostatecznej, w odległości $45\div 60$ m od czoła przodka. W obydwu przypadkach przy wykonaniu obudowy tymczasowej ociosy i stropy pokrywane były warstwą betonu natryskowego o grubości 15 cm. Średnie miesięczne postępy tuneli drążonych w obudowie tymczasowej wynosiły od 60 do 130 m z zależności od rozstawu obudowy odrzwiowej stalowej, a w przypadku gdy za przodkiem wykonano obudowę ostateczną, wynosiły

od 35 do 50 m. Całkowita długość wykonanych tuneli wynosiła 6640 m. Przekroje tuneli wynosiły od 42 do 54 m². Budowę prowadzono w latach 1984–1988. Prace wykonywano dla firmy Bouygues-Francja.

Turcja

Kolejne przedsięwzięcie z udziałem PeBeKa to „Projekt Ankaray” w Ankarze. PeBeKa w okresie od 1993 do 1995 r. na podstawie kontraktu zawartego z turecką firmą Bayindir-Yuksel wykonała odcinki szybkiej kolei podziemnej między stacjami „Demirtepe” – „Kizilay” – „Koley”. Odcinek między stacjami „Demirtepe” i „Kizilay” miał długość 628 m i składał się z dwóch równoległych tuneli jednotorowych długości 592 m każdy i tunelu dwutorowego długości 36 m. Trasa między stacjami „Koley” i „Kizilay” miała długość 581 m i składała się z dwóch równoległych tuneli jednotorowych długości 540 m każdy i tunelu dwutorowego długości 41 m. Całkowita długości wykonanych tuneli jednotorowych wyniosła 2264 m, a tuneli dwutorowych 77 m.

Rozstaw osi tuneli jednotorowych na trasie zmieniał się od 6,98 do 9,95 m. Miąższość nadkładu wynosiła od 15 m do 22 m. Ponadto wykonano trzy przecinki transportowe i dwa szybiki wentylacyjne. Przekrój poprzeczny tuneli jednotorowych wynosił 31 m², a tuneli dwutorowych 105 m².

Tunele przebiegały w bardzo zróżnicowanych warunkach geologicznych. Ponieważ na trasie tuneli znajdowała się pradolina rzeczna z wieloma warstwami wodonośnymi w żwirach i piaskach, do zabezpieczenia tuneli w trakcie ich drążenia zastosowano metodę jetgroutingu, polegającą na wysokociśnieniowej cementacji górotworu wokół wykonywanego wyrobiska.

Tunele „Ankaray” drążone były w glinie ankaryjskiej. Na odcinku 150 m tunele te wchodziły w strefę aluwium czwartorzędowego charakteryzującego się dużą płynnością gruntu, licznymi zawadzionymi soczewkami piaskowo-żwirowymi. Na tym odcinku zaistniała konieczność zastosowania metody specjalnej drążenia tuneli. Wykonany przez PeBeKa SA projekt zakładał wytworzenie wokół wyrobiska płaszczu betonowego przenoszącego obciążenia gruntu stanowiącego warstwę hydroizolacyjną.

Jetgrouting wykonywano metodą duplex z powierzchni trzypasmowej drogi (na dwóch pasach odbywał się normalny ruch). Pale jetgroutingowe zabezpieczyły strop i ociosy tuneli. Płaszczem z pali jetgroutingowych zabezpieczono 200 m tunelu o przekroju 30 m² i 40 m tunelu o przekroju 105 m².

Całość prac jetgroutingowych wykonana była w centrum Ankaray. Prowadzono je przy bardzo dużej ilości instalacji podziemnych (rury kanalizacyjne o średnicy od 300 do 1000 mm, rury wodne, kable elektryczne, rury gazowe, kable telefoniczne, światłowody).

Na pewnym odcinku otwory ociosowe prowadzone były w odległości od 2 do 4 m od budynków mieszkalnych i sklepów. Podczas prowadzenia robót prowadzono ciągłą obserwację niwelacyjną budynków i ulic.

W czasie wykonywania robót jetgroutingowych odwiercono 55 940 m otworów, wykonano 3094 pali o łącznej długości 13 542 m, wtłoczono 52 367 ton cementu. Wykonano również otwory odprężające o długości ok. 5600 m.

Prace prowadzono przy współpracy z firmą AG Heinr. Hatt-Haller (Szwajcaria) [2].

Izrael

PeBeKa SA wykonała tunel drogowy Har-Gilo o długości 900 m i przekroju 70 m² na nowej drodze łączącej Jerozolimę z Betlejem. Prace prowadzono od 1993 do 1995 roku, wspólnie z izraelską firmą Rotem Development Ltd. Był to pierwszy kontrakt zagraniczny zrealizowany przez nasze przedsiębiorstwo samodzielnie, bez pośrednictwa centrali handlu zagranicznego.

Tunel drążono w skałach wapienno-dolomitowych górnej kredy, należących do formacji Amminadav i Moza rozdzielonych strefą przejściową. Drążenie tunelu odbywało się wg zasad NATM (nowej austriackiej metody budowy tuneli). Roboty wykonywano z podziałem na drążenie warstwy górnej i warstwy dolnej, prowadzono równocześnie z portalu południowego (górotwór urabiany mechanicznie, z użyciem lekkiego młota hydraulicznego) i północnego w obudowie wstępnej (drążenie metodą strzałową). Obudowę ostateczną stanowi beton natryskowy o grubości 15÷20 cm z włóknami stalowymi.

Hongkong

PeBeKa SA jako podwykonawca francuskiej firmy Bouygues wydrążyło dwa tunele drogowe Cheung Ching na autostradzie nr 3 na Tsing Yi Island (wyspa Tsing Yi), o długości 1500 m każdy i przekroju 135 m². Wykonano również przecinki piesze o łącznej długości 286 m i przekroju 8,5 m² oraz przecinki przejezdne o łącznej długości 88 m i przekroju 13,5 m². Prace prowadzono od 1993 do 1995 roku.

Drążenie tuneli odbywało się częściowo w monolitycznych granitach i częściowo w wysoce zdyslokowanych i zaburzonych skałach wulkanicznych. Roboty tunelowe na obu wyrobiskach prowadzono w dwóch etapach: drążenie tunelu pilotowego i wykonywanie poszerzeń do pełnego przekroju. Tunele drążono w obudowie wstępnej z betonu natryskowego i kotew. Grubość warstwy torkretu zbrojonego włóknami stalowymi wynosiła od 5 do 30 cm w zależności od klasy skał. Długość kotew wahała się od 4 do 6 m. W zależności od stanu górotworu były to kotwy ekspansywne lub cementowe. Ostateczną obudowę stanowił beton monolityczny. W czasie realizacji tego kontraktu stosowano najnowocześniejszy sprzęt wiertniczy oraz nowoczesne metody strzałowe i specjalnie dobrane środki strzałowe.

9. Wybrane realizacje w budownictwie podziemnym i powierzchniowym

Przejście podziemne przy placu Bankowym

Zgodnie z planem zagospodarowania północnej części placu Bankowego zdecydowano się na wykonanie przejścia podziemnego pod całym skrzyżowaniem w celu wyeliminowania ruchu pieszych w jego obrębie (rys. 5). PeBeKa SA zostało wybrane do realizacji pierwszego etapu inwestycji. Obejmował on połączenie poziomu 1 stacji Ratusz z rejonem Błękitnego Wieżowca oraz wysepkami tramwajowymi po wschodniej stronie alei Solidarności.

Przejście podziemne zostało zaprojektowane jako żelbetowy układ płytowo-słupowy ze stropem grubości 80 cm wspartym na palisadach i słupach wewnętrznych. Palisada stała i tymczasowa (przewidziana do likwidacji w trakcie dalszych faz inwestycji) składała się z 211 pali \varnothing 620 mm. Główny ciężar spoczywał na 13 słupach \varnothing 1800/800 mm w siatce 2×6 m osiągających głębokość do 27 m. Płyta denna była konstrukcją żelbetową o grubości 40 cm, na której zostały umiejscowione wewnętrzne ściany dociskowe o grubości 35 cm.

Prace konstrukcyjne, rozpoczęte wykonaniem pierwszego pala trwały 5 miesięcy [3].



Rys. 5. Warszawa — przejście podziemne pod placem Bankowym

Budownictwo specjalistyczne — roboty palowe

Spośród wielu wykonywanych w robót najbardziej znaczącą było wykonanie pali wielkośrednicowych na obiektach mostowych M/MA/01 i M/WD/03, usytuowanych w ciągu trasy budowanego odcinka autostrady A-4 „Sośnica-Wirek”.

Obiekt M/MA/01, posadowiony przy samej rzece Kłodnicy, w skrajnie niekorzystnych warunkach gruntowych, dużej niejednorodności przekroju geologicznego, przy bardzo wysokim poziomie wód gruntowych, występującej kurzawce, składał się z 140 pali \varnothing 800 mm o długościach 9,0 i 9,5 mb. Wszystkie kosze zbrojeniowe wyposażono w układy iniekcji (patent Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie). Dodatkowo, ze względu na warunki gruntowe, po wykonaniu próbnych obciążeń, stopy pali były wzmacniane iniekcją betonową w celu zwiększenia nośności.

Obiekt M/WD/03 złożony był z 31 pali \varnothing 800 mm (dwa przyczółki) i 32 pali \varnothing 1000 mm (cztery podpory), wszystkie o długości 17 mb. Warunki gruntowe panujące na tym obiekcie były lepsze, lecz pomimo to w tych palach także przeprowadzono wzmocnienie iniekcją betonową. Nie bez znaczenia jest lokalizacja obu obiektów — oba są usytuowane w pobliżu bardzo dużych kopalń: „Makoszowy” i „Sośnica”, w związku z czym dodatkowo musiały być przystosowane na oddziaływanie wpływów podziemnej eksploatacji.

Obiekt M/WA/08 składał się ze 117 pali \varnothing 600 mm o długościach 17,80 i 19,80 mb, wykonywanych obok kopalni „Bielszowice” w Rudzie Śląskiej. Na tym obiekcie, jako jedynym, nie wykonywano iniekcji wzmacniających stopy pali. Dodatkowym utrudnieniem w czasie tych prac było wykonywanie pali bezpośrednio pod główną linią WN, zasilającą KWK „Bielszowice”.

Roboty realizowano palownicą SOILMEC R-825, metodą wiercenia w rurze osłonowej na całej długości. W przypadku obiektu M/MA/01 przy występującym wysokim poziomie wód gruntowych zaistniała konieczność prowadzenia robót palowych przy zalaniu rury w sposób ciągły wodą, w celu zrównoważenia siły wyciskania gruntu od dołu otworu do środka rury osłonowej.

Pale wykonane zostały z betonu B-30 o bardzo dużych wymaganiach (stopień wodoszczelności W8, stopień nasiąkliwość < 4), przygotowywanego wg recepty „th-beton” Instytutu Badawczego Dróg i Mostów. Zbrojenie z prętów stalowych dostarczane było na budowę w formie prefabrykowanych koszy zbrojeniowych, w całości dla pali 9 i 9,5 mb i w dwóch częściach spawanych w całość podczas wprowadzania do otworu, dla pali 17-metrowych.

Jakość betonu była sprawdzana w sposób ciągły przez laboratoria Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Katowicach i we Wrocławiu, a nośność pali sprawdzano poprzez wykonanie 11 sztuk próbnych obciążeń (badania przeprowadził IBDiM w Warszawie).

Magazyn soli

Przedsiębiorstwo Budowy Kopalń PeBeKa SA jest wykonawcą obiektów przemysłowych na powierzchni. Jedną z ciekawszych realizacji w ostatnim okresie była budowa pod klucz magazynu soli (rys. 6) przy szybie SW-1 kopalni ZG „Polkowice-Sieroszowice”, należącej do KGHM Polska Miedź SA.

Magazyn ma konstrukcję żelbetową monolityczną o wymiarach $100 \times 50 \times 20$ m. Można w nim składować 50 tys. ton wydobywanej z kopalni soli.



Rys. 6. LGOM — magazyn soli

W konstrukcji tego obiektu na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie unikalnego dachu łukowego w kształcie łupiny o więźbie wykonanej z drewna klejonego oraz pokryciu w technologii SIKAPLAN. Zgodnie z wymogami technicznymi, betonowanie płyty dennej obiektu realizowane było w trzech etapach, podczas których każdorazowo wylewano po 900 m³ betonu w jednym ciągu. Do zakresu robót należał również montaż 120-metrowego taśmociągu wraz z czterema pługami zrzutowymi.

Podkreślić należy, że budowa tego nowoczesnego obiektu, wchodzącego w skład kompleksu przemysłowego jednego z największych na świecie producentów miedzi i srebra trwała niespełna dziewięć miesięcy.

Rozbudowa Zakładu Wzbogacania Rud

Dla Zakładu Wzbogacania Rud w Polkowicach wykonujemy „Proekologiczną instalację do chemicznej modyfikacji półproduktów wzbogacania koncentratu miedzi”. W skład tego zadania wchodzi między innymi realizacja robót budowlano-montażowych, dostawa i montaż maszyn i urządzeń oraz rozruch techniczny i technologiczny.

10. Zakończenie

Prezentowany w artykule zakres realizacji i osiągnięć PeBeKa SA nie wyczerpuje pełnych możliwości wykonawczych firmy. Stosowana konsekwentnie w przedsiębiorstwie zasada wykorzystania zdobywanych doświadczeń dla podejmowania się kolejnych wyzwań, poszerzających dotychczasowy wachlarz usług owocuje stałym zaangażowaniem służb firmy w pozyskanie, przygotowanie i realizację zadań często daleko odbiegających od klasycznych przedsięwzięć górniczo-budowlanych.

Referencje i zaufanie klientów uzyskiwane dzięki zrealizowanym z sukcesem przedsięwzięciom umożliwiają przedsiębiorstwu ubieganie się o kolejne, najbardziej nawet złożone projekty i pozwala mieć uzasadnioną nadzieję, że lista referencyjna firmy wzbogacana będzie o następne spektakularne osiągnięcia.

LITERATURA

- [1] *Gerber B., Paszcza H., Pękacki W., Pęski S., Sapijaszko A., Skawiński E.*: Doświadczenia z budowy tuneli i stacji metra w Warszawie i perspektywy rozbudowy. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, 1998
- [2] *Kosmalski M., Gmitrowski S.*: Doświadczenia PeBeKa SA Lubin w drażeniu tunelu szybkiej kolei podziemnej Ankaray. Konferencja Budownictwo Podziemne, 1994
- [3] *Kosmalski M., Kozłowski R.*: PeBeKa — kolejny etap I linii metra oddany do ruchu. Nowoczesne Techniki i Technologie Bezwykopowe, nr 2–3, 2001
- [4] *Kosmalski M., Kozłowski R.*: Nowoczesne zmechanizowane tarcze do drażnienia tuneli metra w zawodniomych gruntach i słabych skałach. Kwartalnik AGH Górnictwo i Geoinżynieria, Kraków 2004
- [5] *Praca zbiorowa*: Na przestrzeni lat. Kronika 40-lecia PeBeKa SA. Lubin, 2000