

## GŁĘBOKIE ZŁOŻA MIEDZI I SREBRA SZANSĄ DLA GÓRNICTWA METALI W POLSCE

### DEEP COPPER AND SILVER DEPOSITS – A CHANCE FOR POLISH METAL MINING INDUSTRY

KRZYSZTOF ZIELIŃSKI<sup>1</sup>, STANISŁAW SPECZIK<sup>1,2</sup>

**Abstrakt.** Obecność głębokiej mineralizacji miedziowo-srebrowej w centralnej i wschodniej części monokliny przedsudeckiej nie była znana aż do połowy lat 50. XX w. Przez następne dziesięciolecia prowadzone stopniowo prace badawcze oraz analizy materiału rdzeniowego z ograniczonej liczby głębokich otworów pozwoliły na uszczegółowienie posiadanych informacji oraz na wyznaczenie potencjalnych obszarów złóżowych, wraz z oszacowaniem ich przewidywanych zasobów. Mimo to, z uwagi na bariery technologiczne, które opłacalne wydobywanie limitowały do głębokości nieprzekraczających 1250 m, obszary te nie były w przeszłości traktowane jako obiekty ewentualnej eksploatacji. Dopiero postępujący rozwój techniczny sprawił, że wydobywanie tych rud jest obecnie możliwe i osiągalne, na co wskazują doświadczenia z wielu światowych złóż. Zakrojony na szeroką skalę program eksploracji spółek z grupy Miedzi Copper, prowadzony od kilku lat w południowo-zachodniej Polsce, spowodował, że realnie stało się udokumentowanie głębokich złóż miedzi i srebra na tym obszarze. Podstawowym warunkiem podjęcia ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji jest koncentracja na rejonach charakteryzujących się wyższą jakością kopaliny.

**Słowa kluczowe:** głębokie złoża miedzi i srebra, monoklina przedsudecka, cechsztyńska mineralizacja kruszcowa, nowe technologie górnicze.

**Abstract.** The deep copper-silver ores in the central and eastern parts of the Fore-Sudetic Monocline had been unknown until the mid-1950s. During the following decades, gradually progressing studies and analyses of core material from a limited number of deep boreholes drilled in this region made it possible to acquire detailed information and to demarcate areas of potential mineral deposits, along with the estimation of their predicted resources. In spite of the above, due to the technological barriers which limited their profitable extraction to depths not exceeding 1250 m, those areas were not formerly considered as potential mining targets. It is only because of the progressing technological advancement that the extraction of those minerals has currently become possible and attainable, as evidenced by experience from all over the world. Because of the extensive exploration program conducted for several years in south-western Poland by companies belonging to the Miedzi Copper Group, the documenting of deep copper and silver deposits in this area has now become realistic. A primary condition of economically justified extraction is focusing on regions characterised by a higher quality of ore.

**Key words:** deep copper and silver deposits, Fore-Sudetic Monocline, Zechstein ore mineralisation, new mining technologies.

## ODKRYCIE GŁĘBOKIEJ MINERALIZACJI Cu–Ag W POLSCE

Państwowy Instytut Geologiczny rozpoczął rozpoznawanie geologiczne cechsztyńskiej serii miedzionośnej na obszarze monokliny przedsudeckiej w latach 50. XX w., kiedy to

wdrożenie projektu poszukiwawczego autorstwa Jana Wyżykowskiego doprowadziło do odkrycia w 1957 r. stratoidalnego złoża rud miedzi Lubin–Sieroszowice (Wyżykowski,

<sup>1</sup> Grupa Miedzi Copper, Al. Jerozolimskie 96, 00-807 Warszawa; e-mail: kzielinski@miedzicopper.com.

<sup>2</sup> Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: s.speczik@uw.edu.pl.

1958, 1959). W otworze Sieroszowice S-1, w którym w 1957 r. odkryto złożę wchodzące dziś w skład Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, głębokość spągu ciała rudnego wynosiła zaledwie 658,26 m (Wyżykowski, 1958). Odkrycie to dało początek kompleksowi wydobywczemu, położonemu w południowo-zachodniej części monokliny, gdzie obecnie trwa eksploatacja i przeróbka rudy przez KGHM Polska Miedź S.A.

Prawie od początku prowadzonych prac poszukiwawczych przypuszczano, że zasięg występowania mineralizacji miedziowej nie ogranicza się tylko do tej części monokliny przedsudeckiej, która przylega do bloku przedsudeckiego, gdyż przejawy koncentracji tego pierwiastka, ujawnione dwoma otworami wykonanymi w 1956 r., stwierdzono również w centralnej i wschodniej części monokliny. Były to wiercenia wykonane przez przemysł naftowy: Ostrzeszów 1

i Wschowa 1. W otworach tych napotkano zmineralizowany łupek miedzionośny. Budowa geologiczna monokliny przedsudeckiej charakteryzuje się ogólnym zapadaniem warstw skalnych w kierunku północno-wschodnim, stąd seria miedzionośna w wymienionych wierceniach występuje na większych głębokościach w porównaniu ze złożem Lubin–Sieroszowice. W przypadku otworu Wschowa 1, spąg cechsztynu odnotowano na głębokości ok. 1930 m, a w otworze Ostrzeszów 1 – na głębokości ok. 1683 m (Wyżykowski, 1958). Biorąc pod uwagę ówczesny stan techniki i możliwości eksploatacji podziemnej, otwory Ostrzeszów 1 i Wschowa 1 zostały uznane za interesujące z punktu widzenia obecności mineralizacji kruszcowej, lecz ze względu na obecność ubogiej mineralizacji nie mogły wówczas stanowić podstawy wyznaczenia obszarów perspektywicznych, czy też rozważenia możliwości zagospodarowania.

## WYZNACZANIE OBSZARÓW O POTENCJALE ZŁOŻOWYM

Dalsze prace poszukiwawcze na terenie monokliny przedsudeckiej przebiegały dwutorowo. Z jednej strony trwało rozpoznanie obszarów o płytszym występowaniu serii miedzionośnej, przylegających do odkrytego złoża Lubin–Sieroszowice (Preidl i in., 2007). Należy podkreślić, że istotne znaczenie przy dokumentowaniu, ale także poszukiwaniu złóż rud miedzi i srebra, miały kryteria bilansowości, tj. zdefiniowane wartości brzeżne parametrów charakteryzujących dane nagromadzenie kopaliny, których spełnienie było konieczne, aby w świetle ówczesnego prawa można było traktować takie wystąpienie mineralizacji jako złożę. Wartości te ulegały kilkakrotnym zmianom. Do 2011 r. kierowano się kryteriami bilansowości ustanowionymi na drodze Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r., według którego za pokładowe stratoidalne złoża rud miedzi można było uznać takie ich nagromadzenia, które spełniały poniższe parametry (tab. 1). Oznacza to, że za bilansowe złoża rud miedzi można było uznać tylko takie ich wystąpienia, których spąg był położony nie głębiej niż 1250 m p.p.t., natomiast możliwe było udokumentowanie także zasobów pozabilansowych, jednak o głębokościach nieprzekraczających 1500 m.

Równoległe do rozpoznawania złóż płytkich prowadzono prace związane z identyfikacją stref mineralizacji Cu–Ag na pozostałym obszarze monokliny przedsudeckiej, na północ i wschód od udokumentowanych złóż, a więc w rejonach, gdzie głębokość serii miedzionośnej przekracza 1250 m p.p.t. W ramach poszukiwań realizowanych przez Państwowy Instytut Geologiczny w latach 1974–1979 wykonano cztery otwory w centralnej części monokliny: Sława IG 1, Grochowice M-9, Dryżyna M-5 i Lipowiec M-1, a także otwór Dachów M-24 na jej pograniczu z perykliną Żar (Gospodarczyk i in., 1975, 1980). W pierwszych dwóch spośród wymienionych otworów napotkano na interwały miedzionośne o zasobności  $Cu_c$  przekraczającej 35 kg/m<sup>2</sup>. W otworze Dryżyna M-5 występują przejawy mineralizacji o zasobności nieprzekraczającej 10 kg/m<sup>2</sup>, natomiast Lipowiec M-1 charakteryzuje się przewagą minerałów ołowiu i cynku nad miedzią (Oszczepalski, Rydzewski, 1983). W otworze Dachów M-24 napotkano interesującą mineralizację miedziowo-srebrową w wapieniu cechsztyńskim ponad interwałem utlenionym, o zasobności nieco poniżej 20 kg/m<sup>2</sup> (Oszczepalski, 1994).

Tabela 1

### Kryteria bilansowości pokładowych stratoidalnych złóż rud miedzi obowiązujące do 2011 r.

The reserve criteria for bed-hosted stratiform copper ore deposits valid until 2011

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1.	maksymalna głębokość spągu złoża	m	1250 (1500)*
2.	minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złożę	%	0,7
3.	minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoża wraz z przerostami $Cu_c = (\%Cu) + 0,01 (g/t Ag)$	%	0,7
4.	minimalna zasobność złoża ( $Cu_c$ )	kg/m <sup>2</sup>	50 (35)*

\* wartość dopuszczalna dla zasobów pozabilansowych

Na podstawie przeprowadzonych ocen wywnioskowano, że na północ od rejonu Lubin–Sieroszowice znajduje się obszar perspektywiczny o powierzchni 320 km<sup>2</sup>, z 15 otworami pozytywnymi, w obrębie którego wyznaczono strefę wielkości 50 km<sup>2</sup> o zasobach perspektywicznych w kat. D<sub>1</sub>, wynoszących 2,76 mln t Cu (Gospodarczyk, Metlerski, 1986). Kolejne szacunki powiększyły ten obszar do ok. 400 km<sup>2</sup>, wyliczając zasoby perspektywiczne na ok. 30 mln t miedzi (Oszczepalski, Rydzewski, 1993). Dzięki napływowi nowych informacji, możliwe było stopniowe zwiększanie precyzji w określaniu zasięgów oraz wielkości zasobów stref perspektywicznych, co pozwoliło na wydzielenie obszaru Grochowice–Luboszyce o przypuszczalnych zasobach ok. 35 mln t Cu (Oszczepalski i in., 1996; Rydzewski i in., 1996; Speczik i in., 1996).

Rozbudowa bazy danych doprowadziła do powstania „Atlasu metalogenicznego cechsztyńskiej serii miedzionośnej w Polsce” (Oszczepalski, Rydzewski, 1997), w którym wyznaczono szereg obszarów o znaczeniu perspektywnym. W granicach monokliny przedsudeckiej, wśród obszarów o głębokości serii rudnej większej niż na obszarach górniczych KGHM, lecz nieprzekraczającej 2000 m, znalazły się: Grochowice–Luboszyce, Kowalowo, Borzęcin–Janowo i Sulmierzyce. Ponadto wyznaczono obszary o bogatej mineralizacji, występującej głębiej niż 2000 m w obrębie północnej monokliny przedsudeckiej wokół otworów: Kije 10, Żakowo 4, Kaleje 5, Żerków 1 i Florentyna IG 2.

Kolejne wykonane analizy potwierdziły słusność wydzielenia powyższych obszarów, szacując zasoby perspektywiczne miedzi znajdujące się na następujących obszarach: Grochowice–Luboszyce (obejmujący również Kowalowo) – 35 mln t, Borzęcin–Janowo–Sulmierzyce – 86 mln t (Speczik i in., 1998, 2007a, b; Oszczepalski, Rydzewski, 2007; Bachowski i in., 2007; Wirth i in., 2007). Zasoby te sklasyfikowano jako obliczone w kategorii rozpoznania D<sub>1</sub> (por. Nieć, 2012).

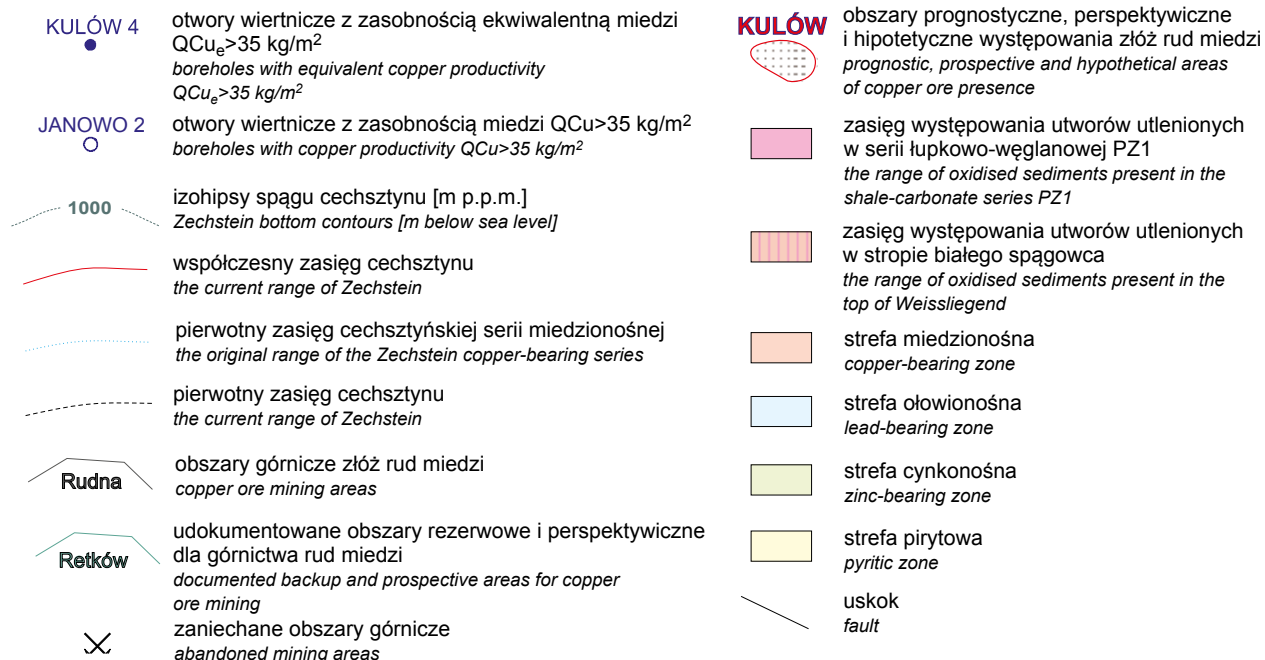
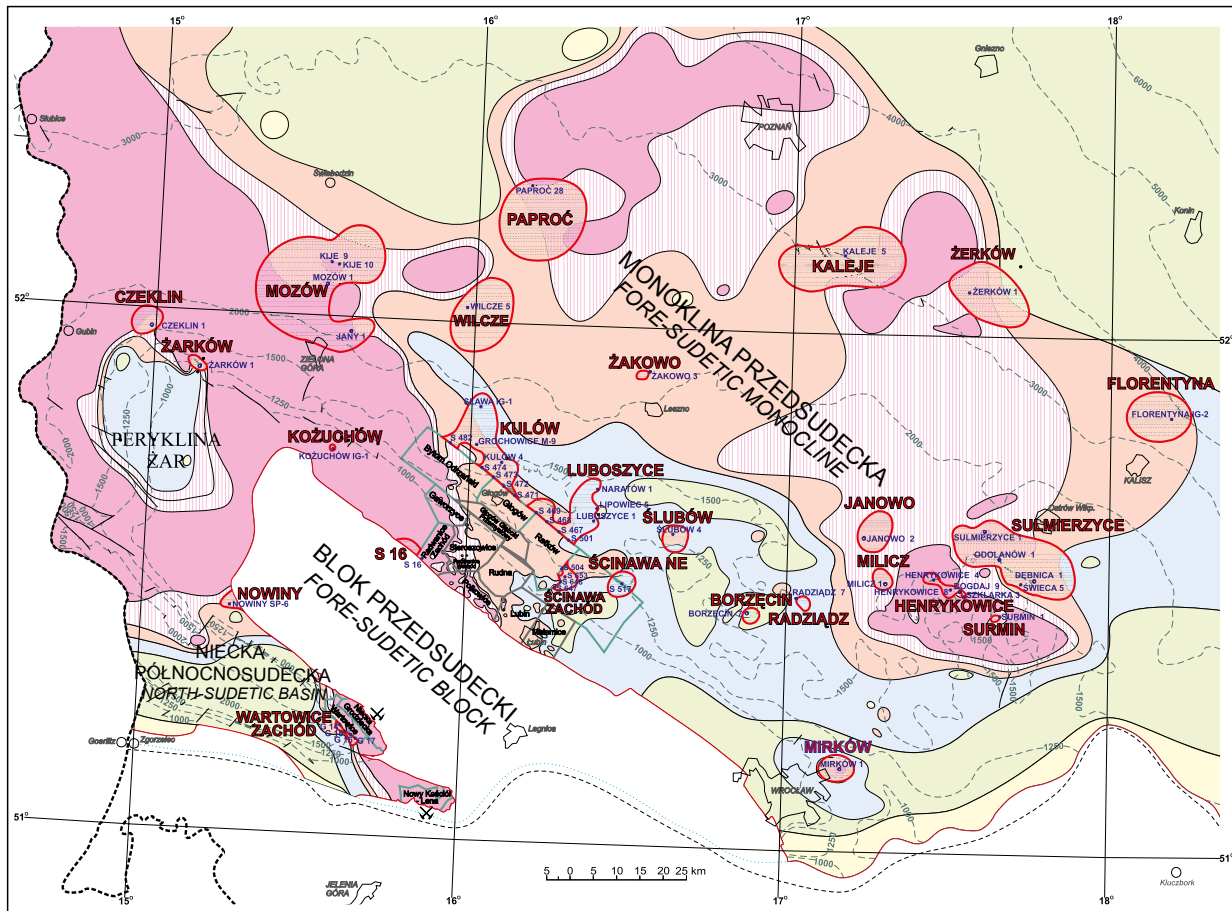
Badania rdzeni kolejnych otworów pozwoliły na podsumowanie uzyskanych dotychczas wyników i na uaktualnioną ocenę zasobów perspektywicznych rud miedzi i srebra (Oszczepalski i in., 2010; Oszczepalski, Speczik, 2011b; Speczik, Oszczepalski, 2011). Zasadnicza synteza dotychczas uzyskanych informacji ukazała się także w „Bilansie perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r.”, opublikowanym przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy na zlecenie Ministerstwa Środowiska (Oszczepalski, Speczik, 2011a). Przedstawione w nim obszary o potencjale złożowym wyznaczono izoliniami zasobności Cu<sub>c</sub> (lub Cu w przypadku braku analiz zawartości srebra), wynoszącej 35 kg/m<sup>2</sup>, a więc zgodnej z wartością brzeżną określoną w kryteriach bilansowości.

Poszczególne zasoby na podstawie położenia obszarów względem rozpoznanych złóż oraz głębokości serii rudnej podzielono na trzy kategorie. Te, które przylegają bezpośrednio do rozpoznanych złóż zaliczono do prognostycznych, leżące w oddaleniu od rozpoznanych złóż do głębokości 1500 m – do perspektywicznych, położone głębiej niż

1500 m – do hipotetycznych. W ten sposób na monoklinie przedsudeckiej wyznaczono łącznie 13 obszarów: Koźuchów, S-16, Ścinawa Zachód, Mirków, Kulów, Luboszyce, Ścinawa NE, Ślubów, Borzęcin, Milicz, Henrykowice, Janowo i Sulmierzyce. Z wyjątkiem pierwszych czterech, są one położone na północny wschód od udokumentowanych złóż rud miedzi, a więc znajdują się na większych od nich głębokościach zalegania cechsztyńskiej serii miedzionośnej. Łączne zasoby tych obszarów oszacowano na ok. 68 mln t miedzi i ponad 80 tys. t srebra, z czego 22,3 mln t Cu to zasoby prognostyczne, 4,84 mln t Cu – zasoby perspektywiczne oraz 40,8 mln t Cu – zasoby hipotetyczne. Wskutek geometrycznej interpolacji danych, wydzielono też dodatkowe pola w okolicach Radziądza i Surmina. Ponadto w północnej części monokliny wyznaczono 7 obszarów hipotetycznych, gdzie głębokość serii rudnej przekracza 2000 m: Mozów, Wilcze, Paproć, Kaleje, Żerków, Florentyna i Żakowo (fig. 1). Łączne zasoby tych obszarów oszacowano na ok. 186 mln t Cu (Oszczepalski, Speczik, 2011a).

Od początku 2012 r. zamiast dotychczasowych kryteriów bilansowości zaczęły obowiązywać graniczne wartości parametrów definiujących złożo i jego granice, wprowadzone Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, a następnie podtrzymane obowiązującym dziś Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, z wyłączeniem złoża węglowodorów (tab. 2). Jednocześnie, oba powyższe rozporządzenia informowały, że w przypadkach wystąpienia szczególnych warunków geologicznych jest możliwe zastosowanie własnych wartości granicznych, wymagające uzasadnienia w części tekstowej sporządzanej dokumentacji geologicznej. W praktyce oznacza to, że jest możliwe sporządzenie dokumentacji geologicznej złoża położonego na głębokości większej niż 1500 czy 2000 m, o ile zostanie to właściwie uzasadnione przez jej autora. Jednocześnie, w przypadku dokumentowania tak głębokiego złoża, celem rekompensaty wskazane byłoby zaostrenie innych kryteriów, które dotyczą jakości złoża, tak by zapewnić jego opłacalną ekonomicznie eksploatację. Przykładowo, dla złoża o spągu położonym głębiej niż określa to rozporządzenie, konieczne byłoby zastosowanie wyższej wartości minimalnej zasobności złoża, przy czym powinna być ona tym większa, im głębiej znajduje się złożo.

W kolejnym opracowaniu, wykonanym przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (Oszczepalski i in., 2012a) na zamówienie Ministra Środowiska, zbadano kolejnych 46 archiwalnych otworów wiertniczych przemysłu naftowego (głównie z Wielkopolski i Ziemi Lubuskiej). Pozwoliło to na sprecyzowanie przebiegu granic wcześniej wytypowanych obszarów z ich podziałem na trzy kategorie. Do obszarów perspektywicznych z zasobami prognostycznymi zaliczono te, które przylegają bezpośrednio do udokumentowanych złóż Cu–Ag i rozpoznano je więcej niż jednym otworem wiertniczym, ze spągiem interwału złożowego leżącym płycej niż 2000 m. Do obszarów z zasobami perspektywicznymi włączono występujące



**Fig. 1.** Obszary o zasobach prognostycznych, perspektywicznych i hipotetycznych występowania rud miedzi przedstawione w Bilansie perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31.12.2009 r. (Oszczepalski, Speczik, 2011a)

The areas of prognostic, prospective and hypothetical copper ore resources presented in the Balance of prospective mineral resources of Poland as of 31 December 2009 (Oszczepalski, Speczik, 2011a)

Tabela 2

**Graniczne wartości parametrów definiujących złożę i jego granice dla pokładowych stratoidalnych złóż rud miedzi, obowiązujące od 2012 r.**

The threshold values of parameters defining an ore deposit and its boundaries for bed-hosted stratiform copper ore deposits, valid since 2012

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1.	maksymalna głębokość spągu złoża	m	1500
2.	minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złożę	%	0,5
3.	minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoża wraz z przerostami $Cu_e = (\%Cu) + 0,01 (g/t Ag)$	%	0,5
4.	Minimalna zasobność złoża ( $Cu_e$ )	kg/m <sup>2</sup>	35

w oddaleniu od złóż udokumentowanych, również ze spągiem interwału złożowego na głębokości do 2000 m i rozpoznane więcej niż jednym otworem. Do obszarów perspektywicznych z zasobami hipotetycznymi zaliczono natomiast obszary ze spągiem interwału złożowego leżącym na głębokości większej niż 2000 m oraz izolowane obszary o płytszym występowaniu serii złożowej, jednak zbadane tylko jednym otworem. Stosując tę metodykę oraz posiłkując się wynikami wcześniejszych prac, na terenie monokliny przedsudeckiej wyznaczono szereg obszarów położonych na północ i wschód od udokumentowanych złóż miedzi. Objęły one następujące obszary prognostyczne: Grochowice, Kulów, S 469, Luboszyce, Ścinawa Zachód, obszary perspektywiczne: Dębica, Henrykowice, Janowo, Naratów i Sulmierzyce oraz obszary hipotetyczne: Bartków, Borzęcin, Florentyna, Jany, Kaleje, Milicz, Mozów, Paproć, Radziądz, Ślubów, Wilcze, Wilków, Żakowo i Żerków (Oszczepalski i in., 2012a).

W kolejnej publikacji zastosowano analogiczny podział na zasoby prognostyczne, perspektywiczne i hipotetyczne, dokonując ich przeliczenia z wykorzystaniem aktualnego stanu wiedzy (Oszczepalski, Chmielewski, 2015). Wyznaczono łącznie sześć obszarów o zasobach prognostycznych (Białoleka, Grochowice, Krępa, Kulów, Luboszyce i Raciborowice) o łącznej wielkości 11,203 mln t Cu i 55,718 tys. t Ag oraz sumarycznej powierzchni 180,17 km<sup>2</sup>. Łączne zasoby perspektywiczne występujące na sześciu obszarach (Bogdaj, Borzęcin, Henrykowice, Janowo, Naratów i Sulmierzyce) i zajmujące sumaryczną powierzchnię 338,89 km<sup>2</sup> oszacowano na 31,346 mln t Cu i 19,238 tys. t Ag. Wydzielono też osiemnaście obszarów o zasobach hipotetycznych, wynoszących w sumie 123,166 mln t Cu oraz 194,406 tys. t Ag, zajmujących łączną powierzchnię 1132,51 km<sup>2</sup> (Bartków, Czeklin, Dębinka, Dębica, Florentyna, Jany, Kaleje, Milicz, Mirków, Mozów, Nowiny, Paproć, Ślubów, Wilcze,

Wilków, Żakowo, Żarków i Żerków). W ten sposób łącznie wyznaczono trzydzieści obszarów, z których znaczna większość dotyczy głęboko zalegających zasobów położonych na północ i wschód od złóż udokumentowanych (wyjątek stanowią Krępa, Raciborowice, Czeklin, Dębinka, Mirków, Nowiny i Żarków).

Według jeszcze nowszej wersji oceny obszarów perspektywicznych (Oszczepalski i in., 2016) wyznaczono 6 obszarów o zasobach prognostycznych, 4 o zasobach perspektywicznych, 16 o zasobach hipotetycznych położonych płycej niż 2000 m oraz 12 o zasobach hipotetycznych położonych głębiej niż 2000 m. Zasoby prognostyczne w łącznej ilości 10,30 mln t Cu i 37,340 tys. t Ag są położone na obszarach Białoleka, Grochowice I, Krępa, Kulów, Luboszyce i Raciborowice o sumarycznej powierzchni 131,82 km<sup>2</sup>. Zasoby perspektywiczne o wielkości 15,67 mln t Cu oraz 27,722 tys. t Ag wyznaczono na obszarach: Dębica, Henrykowice, Janowo, Sulmierzyce, o łącznej powierzchni 198,65 km<sup>2</sup>. Zasoby hipotetyczne położone płycej niż 2000 m zajmują łączny obszar 163,84 km<sup>2</sup> i wynoszą 8,20 mln t Cu oraz 17,917 tys. t Ag. Są one zlokalizowane na obszarach Bartków, Bogdaj, Borzęcin, Czeklin, Dębinka, Grochowice II, Lipowiec, Milicz, Mirków, Naratów I, Naratów II, Nowiny, Radziądz, Sława, Ślubów i Żarków. Z kolei zasoby hipotetyczne leżące na głębokościach przekraczających 2000 m są zlokalizowane na obszarach: Bukowiec, Florentyna, Grodzisk, Jany, Kaleje, Mozów, Niemierzyce, Paproć, Rogalin, Wilcze, Żakowo i Żerków. Ich szacowana wielkość to 144,58 mln t Cu i 263,008 tys. t Ag, przy łącznej powierzchni wynoszącej 1250,23 km<sup>2</sup>. Podobnie jak przy wcześniejszej ocenie, niemal wszystkie obszary dotyczą północnego i wschodniego otoczenia złóż udokumentowanych, charakteryzując się dużymi głębokościami serii miedziono-srebrnej (za wyjątkiem obszarów Krępa, Raciborowice, Czeklin, Dębinka, Mirków, Nowiny i Żarków).

## PROGRAM EKSPLOACJI GRUPY MIEDZI COPPER

Pierwszym od lat zakrojonym na dużą skalę programem poszukiwań głębokich złóż miedzi i srebra w Polsce jest projekt realizowany przez spółki z grupy Miedzi Copper, nale-

żącej do kanadyjskiej grupy kapitałowej Lumina Capital, wyspecjalizowanej w inwestowaniu w sektor surowców mineralnych na całym świecie. Pierwsze koncesje poszuki-

wawcze w północnej i wschodniej części monokliny przed-sudeckiej zostały przyznane spółkom przez Ministra Środowiska w połowie 2011 r. W swoich pierwotnych wersjach nie umożliwiały one wykonywania robót wiertniczych, a jedynie prace geofizyczne i dokumentacyjne, w tym analizy danych historycznych oraz badania rdzeni z otworów archiwalnych – w celu wstępnego rozpoznania terenu przed przystąpieniem do programu wierceń. Łącznie wystąpiono o przyznanie 21 koncesji (fig. 2).

W latach 2011–2012 prace wykonywane w ramach działalności koncesyjnej skupiały się na analizach archiwalnych danych geologicznych i geofizycznych oraz własnych badaniach próbek skalnych przechowywanych w archiwach rdzeni. Między rokiem 2011 i 2013 na zlecenie spółek z grupy Miedzi Copper wykonano szereg opracowań mających na celu jeszcze lepszą identyfikację oraz weryfikację obszarów perspektywicznych, wytyczonych uprzednio w wyżej wymienionych pracach Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Opracowania eksperckie wykonane na zlecenie spółek z grupy Miedzi Copper (Speczik i in., 2011a, b; Oszczepalski i in., 2012b; Chmielewski, Oszczepalski, 2013; Oszczepalski, Chmielewski, 2013) obejmowały profilowanie i opróbowanie kolejnych rdzeni z archiwalnych otworów wiertniczych, głównie przemysłu naftowego, niezbadanych dotychczas przez inne podmioty. Prace te prowadzono w magazynach rdzeni wiertniczych Narodowego Archiwum Geologicznego oraz Polskie-

go Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, gdzie na miejscu wykonywano również pomiary przenośnym spektrometrem XRF. Pobrane próbki poddano następnie badaniom mineralogicznym i petrograficznym oraz analizom chemicznym na zawartość poszczególnych pierwiastków wyrażoną w procentach lub ppm. Łącznie sprofilowano 411 otworów archiwalnych, z czego dla 216 otworów wykonano analizy petrologiczne, mineralogiczne, chemiczne oraz badania terenowe za pomocą spektrometru XRF. Do badań chemicznych pobrano 2559 próbek bruzdowych i 147 punktowych, natomiast 1081 próbek zgromadzono celem wykonania badań petrograficznych i mineralogicznych.

Równolegle analizowano archiwalne dane geofizyczne: grawimetryczne i sejsmiczne. Łącznie dokonano reprocessingu ok. 24 000 punktów grawimetrycznych oraz prawie 1700 km profili sejsmicznych. Dla dwóch obszarów wykonano także własne eksperymentalne powierzchniowe badania geofizyczne z zastosowaniem metody magnetotellurycznej, o łącznej długości profiliowań ponad 27 km. Wyniki tych badań nie udzieliły jednoznacznych odpowiedzi na temat występowania obszarów miedzionośnych (Stefaniuk i in., 2011a, b). Wysokie koszty oraz znaczne skomplikowanie realizacji tego typu profiliowań spowodowały, że zrezygnowano z ich wykonania na pozostałych koncesjach.

Na podstawie wykonanych badań oraz analiz, spółki z grupy Miedzi Copper przeprowadziły weryfikację map prognostycznych, która w pewnym stopniu zmieniła dotych-

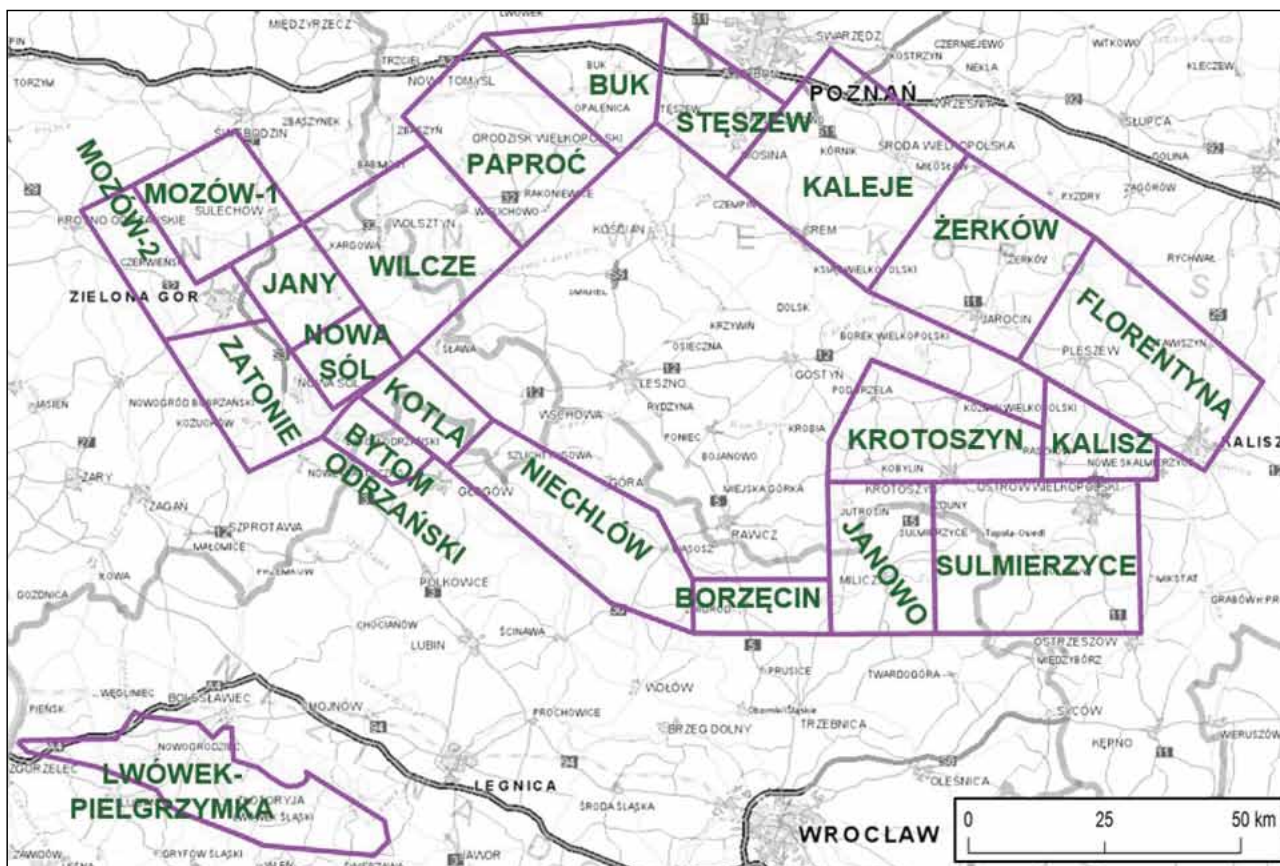


Fig. 2. Mapa koncesji poszukiwawczych i wniosków koncesyjnych grupy Miedzi Copper w Polsce – 2012 rok

The map of prospecting concessions and concession applications of the Miedzi Copper Group in Poland as of 2012

czasową koncepcję planowanych prac, w szczególności plany dotyczące kierunków i kolejności wykonywania otworów wiertniczych. Po zakończeniu tego etapu prac zrezygnowano z części koncesji w świetle mniej korzystnych wyników uzyskanych dla tych obszarów. Decyzję taką podjęto w przypadkach, gdzie przeanalizowane dane wskazywały na występowanie zbyt małych koncentracji rud miedzi i srebra i/lub zbyt dużą głębokość ich występowania, nieopłacalną przy dzisiejszym stanie techniki z ekonomicznego punktu widzenia.

Do rezygnacji z niektórych obszarów koncesyjnych, poza wynikami badań, przyczyniło się także wejście w życie Ustawy z dnia 2 marca 2012 r. o podatku od wydobycia niektórych kopalin. Dotyczy to zwłaszcza rejonów północnych, gdzie głębokość zalegania serii rudnej sięga lub przekracza 3000 m poniżej poziomu terenu i gdzie rozważano możliwość budowy w przyszłości kopalni eksperymentalnej, wydobywającej metale metodą otworową. Wprowadzenie podatku wymusiło jednak reinterpretację rezultatów wcześniejszych analiz ekonomicznych, w wyniku czego obszary te stały się nieopłacalne pod kątem przyszłych inwestycji.

Po dokonaniu wstępnej eliminacji obszarów mniej perspektywicznych przystąpiono do realizacji zakrojonego na szeroką skalę własnego programu wiertniczego. Został on zainicjowany na początku 2013 r., po uprzednim przeprowadzeniu procedur zmian koncesji, by dopuszczały one wykonywanie wierceń. Do marca 2017 r. wykonano 23 otwory poszukiwawcze i poszukiwawczo-rozpoznawcze, a dalsze wiercenia są obecnie w realizacji. Prowadzone przedsięwzięcie jest pionierskim tego typu programem w Polsce, wykorzystującym koncepcję sprawdzoną z sukcesami przez kanadyjskiego właściciela grupy Miedzi Copper w odniesieniu do różnych złóż z wielu kontynentów. Zakłada ona wdrożenie programu poszukiwań opartego na rozpoznaniu pełnego obrazu metalogenicznego danej jednostki geologicznej, w tym wypadku monokliny przedsudeckiej.

Dane archiwalne wykorzystane przy wdrożeniu programu pochodziły z otworów nierównomiernie pokrywających badane obszary, głównie z wierceń przemysłu naftowego. Z punktu widzenia prowadzonej eksploracji, są to dane punktowe. Co za tym idzie, obecny program wierceń można zakwalifikować jako działalność na obszarach, gdzie tego

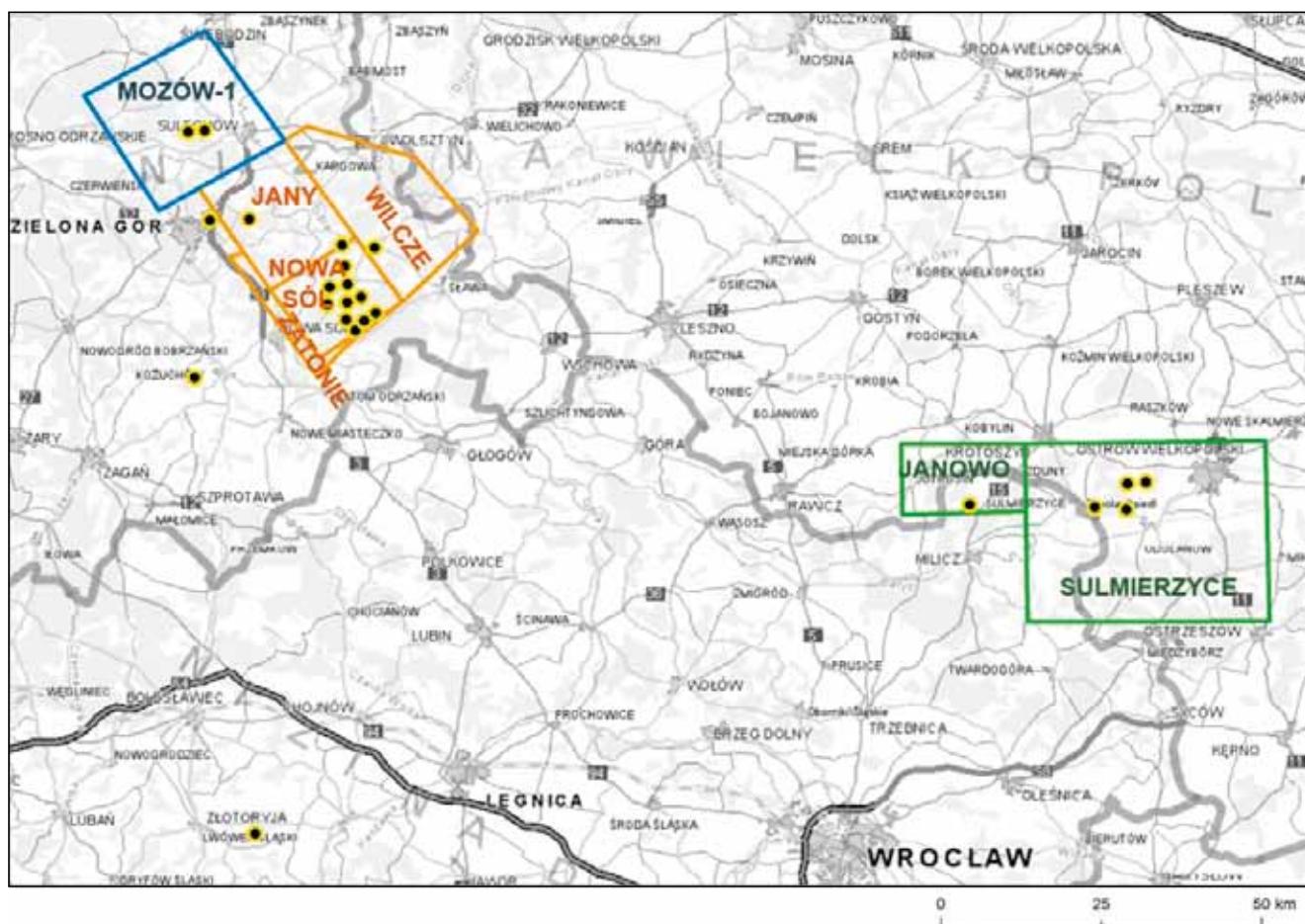


Fig. 3. Mapa aktywnych koncesji oraz otworów wywierconych dotychczas przez grupę Miedzi Copper

Kolorami niebieskim, pomarańczowym i zielonym oznaczono trzy rejony, na jakie podzielono obszar poszukiwań złóż miedzi i srebra w południowo-zachodniej Polsce

The map of active concessions and boreholes drilled to date by the Miedzi Copper Group

The three regions of prospecting for copper and silver ore deposits in south-western Poland are marked in blue, orange and green

typu zorganizowana eksploracja nie była wcześniej prowadzona (tzw. *greenfield*) – w odróżnieniu od strategii innych firm, polegającej na rozwiercaniu obszarów już wstępnie rozpoznanych (tzw. *brownfield*) w celu ich dokładniejszego udokumentowania lub poszerzenia.

W miarę postępu prac, prowadzonych nieprzerwanie od 2013 r., zrezygnowano z kilku kolejnych obszarów koncesyjnych, gdzie wyniki wierceń nie wskazywały na istnienie mineralizacji, która przy obecnym poziomie technologii umożliwiłaby opłacalne ekonomicznie wydobywanie. Część obszarów zredukowano pod względem powierzchni przez przeprowadzenie kolejnych zmian koncesji. Celem tych zabiegów było skupienie się na strefach najbardziej perspektywicznych i wiążących się z najlepszymi wynikami – tzw. *sweet spotach*.

W efekcie powyższych działań, spółki z grupy Miedzi Copper posiadają aktualnie siedem aktywnych koncesji poszukiwawczych i poszukiwawczo-rozpoznawczych na terenie monokliny przedsudeckiej. Pomyślne zakończenie prowadzonych na nich prac umożliwi sporządzenie pierwszych w Polsce dokumentacji geologicznych głębokich złóż miedzi i srebra. Koncesje te podzielono na trzy zasadnicze rejony pod względem lokalizacji oraz warunków występowania serii miedzionośnej (fig. 3).

Pierwszym z nich jest rejon północno-zachodni (głęboki), obejmujący koncesję Mozów 1 (fig. 4A), gdzie głębokość

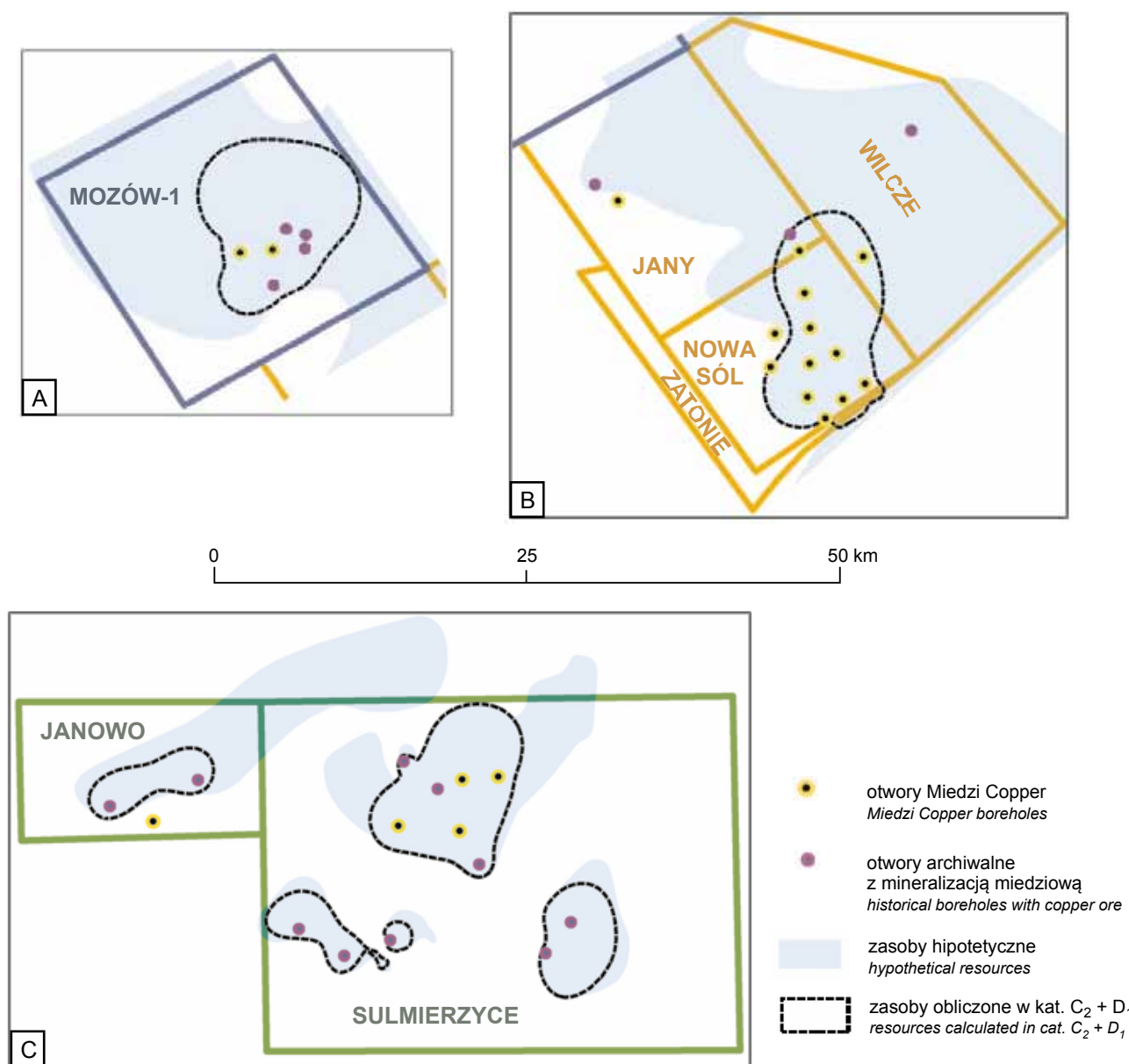


Fig. 4. Trzy rejony poszukiwawcze spółek z grupy Miedzi Copper

A – północno-zachodni (głęboki); B – zachodni; C – wschodni

Three prospecting regions of companies belonging to the Miedzi Copper Group

A – north-western (deep); B – western; C – eastern



serii miedzionośnej wynosi 2100–2700 m. W ramach realizacji etapu wiertniczego wykonano w nim jak dotąd dwa własne otwory. Na podstawie ich wyników oraz własnych analiz rdzeni z wierceń archiwalnych szacuje się, że zasoby hipotetyczne, zajmujące powierzchnię ok. 420 km<sup>2</sup>, mogą wynosić w przybliżeniu 40 milionów ton miedzi i ok. 60 tysięcy ton srebra. Na dzień dzisiejszy zasoby policzone w kategorii C<sub>2</sub> wynoszą 4,4 mln t Cu oraz 7,3 tys. t Ag. Dodatkowo, zasoby prognostyczne wyznaczone w kategorii D<sub>1</sub> to ok. 8,4 mln t Cu i 11,9 tys. t Ag. Ze względu na znaczną głębokość zalegania serii rudnej, koncesja ta wymaga najbardziej skrupulatnych analiz w celu określenia opłacalności ewentualnej eksploatacji w aktualnych warunkach ekonomicznych, z uwzględnieniem podatku od wydobycia niektórych kopalin.

Rejon drugi – zachodni – jest położony na południe od pierwszego i obejmuje koncesje: Nowa Sól, Zatonie, Wilcze i Jany. Mimo jego znacznej łącznej powierzchni, wykonano tu zaledwie trzy wiercenia archiwalne, a co za tym idzie prace objęte powyższymi koncesjami mają charakter szczególnie pionierski (fig. 4B). Spółki z grupy Miedzi Copper odwierciły tu jak dotąd 13 własnych otworów, a więc najwięcej spośród wszystkich rejonów. Prace wiertnicze są kontynuowane, a w ostatnim czasie rozpoczęto sporządzanie dokumentacji geologicznej złoża miedzi i srebra. Trwają procedury zmiany koncesji w celu zmniejszenia powierzchni niektórych obszarów w celu skupienia się na centralnej, najbogatszej części rejonu. Seria miedzionośna jest położona na głą-

bokości od 1500 do 2400 m. Szacuje się, że zasoby hipotetyczne, występujące w strefie o łącznej powierzchni ok. 450 km<sup>2</sup>, leżącej w granicach wszystkich czterech koncesji rejonu zachodniego, wynoszą mniej więcej 50 mln t Cu i ok. 100 tys. t Ag. Na dzień dzisiejszy zasoby policzone w kategorii C<sub>2</sub> wynoszą 7 mln ton Cu oraz 17,8 tys. ton Ag. Dodatkowo, zasoby prognostyczne, wyznaczone w kategorii D<sub>1</sub>, wynoszą 4,5 mln t Cu i 11 tys. t Ag.

Rejon ostatni – wschodni – obejmuje koncesje Sulmierzyce i Janowo. Wykonano tu dotychczas 5 własnych otworów, lecz istnieje pokaźna liczba wierceń archiwalnych o pozytywnych wynikach, których rdzenie poddano dokładnym analizom w ramach prac koncesyjnych (fig. 4C). Głębokość serii rudnej wynosi 1400–2300 m p.p.t. Wyniki dotychczasowych wierceń są bardzo obiecujące, a badania są kontynuowane. Planuje się poszerzenie zasięgu rejonu w kierunku północnym przez dodanie koncesji „Sulmierzyce–Północ” – odpowiedni wniosek do Ministerstwa Środowiska jest w opracowaniu. Ponadto prowadzone są działania mające na celu przekształcenie spółki Ostrzeszów Copper, do której należą koncesje Sulmierzyce i Janowo, w polską spółkę publiczną notowaną na Giełdzie Papierów Wartościowych. Szacowane zasoby hipotetyczne, zlokalizowane na łącznej powierzchni ok. 530 km<sup>2</sup> (wliczając w to „Sulmierzyce–Północ”), wynoszą ok. 40 mln t Cu i 100 tys. t Ag. Na dzień dzisiejszy zasoby obliczone w kategorii C<sub>2</sub> wynoszą 6,1 mln t Cu i 12,6 tys. t Ag. Dodatkowo, zasoby prognostyczne wyznaczone w kategorii D<sub>1</sub> wynoszą 4,9 mln t Cu i 15,7 tys. t Ag.

## TECHNICZNE ASPEKTY EKSPLOATACJI GŁĘBOKICH ZŁÓŻ

W latach 50. XX w. oraz kilku kolejnych dekadach istnienie przejawów głęboko położonej mineralizacji miedziowej w północnej i wschodniej części monokliny przedsuddeckiej nie stanowiło przesłanek do podjęcia ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji. W dzisiejszych czasach sytuacja jest diametralnie inna. Postęp technologiczny i powstanie nowych rozwiązań w dziedzinie budowy oraz funkcjonowania kopalń powodują, że realne staje się sięgnięcie po głęboko położone złoża miedzi. Jednak, aby przedsięwzięcie takie było uzasadnione dla inwestora, eksploracja i późniejsza eksploatacja musi dotyczyć złóż znacząco bardziej zasobnych od tych położonych płycej bądź obejmować te ich części, gdzie stwierdzono najwyższą jakość rudy. Ponadto, konieczne jest wdrożenie najnowszych technologii umożliwiających górnictwo podziemne na głębokościach przekraczających 1500, 2000 m czy nawet większych, i/lub zwiększenie płynących z tych prac korzyści dla inwestora.

Jednym z rozwiązań stosowanych podczas wydobycia z dużych głębokości jest zagospodarowanie odpadów poflotacyjnych przez ponowne deponowanie ich w górotworze, na zasadzie dosadzania zrobów zawałowych i podsadzania pustek poeksploatacyjnych. Najdynamicznym rozwojem w tej kwestii cechuje się tzw. technologia pasty. Jej stosowanie rozpoczęto w kopalni Bad Grun w Niemczech już

w latach 80. ubiegłego wieku, a obecnie korzysta z niej lub jest w trakcie jej wdrażania większość spółek górniczych z całego świata, wśród nich: ValeInco's Garson (Kanada), Wu Shan (Chiny), MAK Mining (Mongolia), Andina (Chile), Esperanza (Chile), Coemin (Chile), Caserones (Chile), Rosemont (USA), Lisheen (Irlandia), Boulby (Wielka Brytania) (Speczik, 2015). Taka metoda zagospodarowania odpadów nie wymaga znaczących inwestycji na powierzchni ziemi, przez co nie wpływa na środowisko naturalne i krajobraz. Zapobiega ona stosowaniu gigantycznych stawów osadnikowych, powodujących oszpecenie krajobrazu na dziesięciolecia, a także wysokim kosztem konserwacji i modernizacji takich zbiorników, koniecznych do eliminacji zagrożenia dla środowiska i lokalnej ludności.

Znaczne ograniczenie obszaru zajętego przez powierzchniowe obiekty przemysłowe jest szczególnie istotne przy lokalizacji zakładów wydobywczych w rejonach trudno dostępnych, o dużej lesistości lub w rejonach występowania obszarów prawnie chronionych, np. Natura 2000. Kolejną metodą pozwalającą na redukcję infrastruktury naziemnej oraz obniżenie kosztów transportu urobku na powierzchnię jest podziemna przeróbka rudy. Przykładem kopalni stosującej taki system jest Andina Mine (Rio Blanco) w Chile, gdzie dzienna wielkość podziemnej przeróbki flotacyjnej rudy wy-

nosi ok. 94 tys. t (Addison i in., 2012). W tej technologii uzyskany koncentrat jest tłoczony na powierzchnię ziemi, natomiast większość odpadów poprodukcyjnych wykorzystywana jest *in situ* do produkcji pasty podsadzkowej (Addison i in., 2012).

Kolejną istotną kwestią, jaka wymaga rozwiązania na drodze wdrożenia nowych technologii, jest problem chłodzenia i wentylacji podziemnych wyrobisk górniczych. Temperatura panująca w górotworze na głębokościach rzędu 1500 czy 2000 m wynosi od ok. 50 do ok. 60°C. Oznacza to, że bez odpowiedniego jej obniżenia za pomocą specjalnych instalacji nie jest możliwe prowadzenie prac wydobywczych przez ludzi. Do osiągnięcia tego celu używa się różnych technik, m.in. zimnej wody, jednak najefektywniejszym i stosowanym z sukcesami w różnych miejscach na świecie rozwiązaniem jest chłodzenie kopalń za pomocą lodu. Tworzony jest on w zakładach na powierzchni lub coraz częściej pod ziemią, a następnie transportowany do wyrobisk górniczych w formie bloków, okruchów, lub jako masa lodowo-wodna – tzw. *ice slurry*. Rozwiązanie to wiąże się także z obniżeniem kosztów operacyjnych, gdyż przy zachowaniu takiej samej wydajności chłodzenia, wymagana objętość dostarczanego lodu jest 5–6 razy mniejsza niż w przypadku stosowania wody chłodzącej (McPherson, 1993). Na całym

świecie stosowanie lodu jako czynnika chłodzącego w górnictwie umożliwia osiągnięcie coraz większych głębokości wydobywania przy jednoczesnym obniżeniu kosztów pompowania i zmniejszeniu rozmiarów stosowanego do tych celów sprzętu (Bellas, Tassou, 2005).

Z chłodzeniem głębokich wyrobisk górniczych powiązane są rozmaite sposoby zagospodarowania naturalnej energii cieplnej pochodzącej z górotworu. Należą do nich: wytwarzanie elektryczności, ogrzewanie obiektów naziemnych i wody użytkowej, czy też podnoszenie temperatury w przypowierzchniowych częściach szybów i peryferyjnych obiektach kopalnianych w okresie zimowym (Solik-Heliasz, Malolepszy, 2001; Solik-Heliasz, 2002).

Z prowadzeniem prac wydobywczych na tak dużych głębokościach wiąże się także konieczność zastosowania na szeroką skalę automatyzacji i zdalnego sterowania maszyn górniczych. Zmniejszenie liczby osób pracujących pod ziemią w niesprzyjających warunkach jest tu jednak rekompensowane większą liczbą pracowników nadzorujących system informatyczny (Speczik, 2015). Zamiast maszyn wyposażonych w silniki spalinowe, w głębokim górnictwie stosuje się maszyny o napędzie elektrycznym, co redukuje wymaganą ilość powietrza dostarczanego do kopalni i obniża koszty klimatyzacji.

## WNIOSKI

Reasumując, na monoklinie przedsudeckiej w południowo-zachodniej Polsce znajdują się rozległe głębokie złoża rud miedzi i srebra w osadach cechsztynu dolnego, których szacowane zasoby sięgają ponad 100 mln ton Cu oraz nawet kilkuset tys. t Ag. Pierwsze przesłanki przemawiające za ich istnieniem zidentyfikowano już w końcu lat 50. XX w., a więc w okresie, gdy dokonano odkrycia złóż eksploatowanych dziś przez KGHM. Przez lata złoża głębokie nie były przedmiotem zainteresowania przedsiębiorców, ani przedmiotem dokumentacji geologicznych, gdyż ograniczenia technologiczne stanowiły barierę uniemożliwiającą podjęcie opłacalnej ich eksploatacji z uwagi na głębokość oraz rosnące temperatury i ciśnienie górotworu. Na przestrzeni lat, w związku z prowadzeniem przez Państwowy Instytut Geologiczny kolejnych badań, wiedza na temat złóż głębokich i ich możliwych zasobów ulegała stopniowo znacznemu

wzrostowi. Rozpoczęty na jej podstawie kilka lat temu i prowadzony do dziś kompleksowy program eksploracyjny grupy Miedzi Copper pozwolił na uzyskanie niezwykle istotnych nowych informacji na temat głębokich złóż Cu-Ag w SW Polsce, dając przesłanki do ich udokumentowania. Uwzględnienie obecnego stopnia zaawansowania technologii górniczych oraz coraz dokładniejszego rozpoznania tych złóż pozwala na zaplanowanie w najbliższej przyszłości ich ekonomicznie uzasadnionego zagospodarowania. Warunkiem jest przyjęcie odpowiedniej strategii wydobywczej i skoncentrowanie się na strefach o najbogatszej mineralizacji.

**Podziękowania.** Autorzy pragną podziękować profesorowi PIG-PIB dr. hab. Sławomirowi Oszczepalskiemu za wnikliwą recenzję niniejszego artykułu oraz liczne cenne uwagi, które w sposób istotny przyczyniły się do jego ukończenia.

## LITERATURA

- ADDISON R., BOHNET E., HAPTONSTALL J., 2012 — Conceptual Mine Planning for Underground Extraction of Polish Kupferschiefer Copper Deposits. Pincock, Allen & Holt dla Miedzi Copper Corporation, Lakewood. Mat. niepubl. Arch. Miedzi Copper Group.
- BACHOWSKI C., KUDEŁKO J., WIRTH H., 2007 — Próby poszerzenia geologicznej bazy zasobowej KGHM Polska Miedź S.A. *W: Geologiczne, gospodarcze i społeczne znaczenie odkrycia złoża rud miedzi* (red. S. Oszczepalski). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 189–196.
- BELLAS I., TASSOU S.A., 2005 — Present and future applications of ice slurries. *Int. J. Refrigeration*, **28**: 115–121.
- CHMIELEWSKIA., OSZCZEPALSKI S., 2013 — Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych

- profilach wiertniczych z rejonu Szamotuł, Nowego Tomyśla, Grodziska Wielkopolskiego, Wolsztyna i Kolska. Temat: 45-2800-1119-49-2. Państw. Inst. Geol. – PIG, Warszawa.
- GOSPODARCZYK E., METLERSKI E., 1986 — Rudy miedzi – monoklina przedsudecka. *W: Zasoby perspektywiczne kopalni Polski* (red. A. Bolewski, H. Gruszczyk): 174–179. Inst. Geol., Warszawa.
- GOSPODARCZYK E., LISIAKIEWICZ S., METLERSKI E., OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., WAŻNY H., 1980 — Poszukiwanie cechsztyńskich rud miedzi w rejonie monokliny przedsudeckiej – Dokumentacja wynikowa otworów: M-1 Lipowicz, M-5 Dryżyna, M-9 Grochowice, M-24 Dachów. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.*
- GOSPODARCZYK E., METLERSKI E., RYDZEWSKI A., WYŻYKOWSKI J., 1975 — Poszukiwanie cechsztyńskich rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej. Wyjaśnienie możliwości przedłużania się złoża Lubin–Głogów po upadzie – Dokumentacja otworu Sława IG 1. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.*
- McPHERSON M., 1993 — Refrigeration plant and mine air conditioning systems. *W: Subsurface Ventilation and Environmental Engineering* (red. M. McPherson): 651–738. Springer Science & Business Media, Dordrecht.
- NIEĆ M., 2012 — Metodyka dokumentowania złóż kopalni stałych – Część IV: Szacowanie zasobów. IGSMiE PAN, Kraków.
- OSZCZEPALSKI S., 1994 — Oxidative alteration of the Kupferschiefer in Poland: oxide–sulphide parageneses and implications for ore–forming models. *Geol. Quart.*, **38**: 651–672.
- OSZCZEPALSKI S., CHMIELEWSKI A., 2013 — Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Pleszewa, Kalisza, Śremu, Wrześni i Florentyny. *Państw. Inst. Geol. – PIG, Warszawa.*
- OSZCZEPALSKI S., CHMIELEWSKI A., 2015 — Zasoby przewidywane surowców metalicznych Polski na mapie w skali 1 : 200 000 – miedź, srebro, złoto, platyna i pallad w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej. *Prz. Geol.*, **63**, 9: 534–545.
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., 1983 — Miedzionośność utworów permu na obszarze przylegającym do złoża Lubin – Sieroszowice. *Prz. Geol.*, **31**, 7: 437–444.
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., 1993 — Rudy miedzi. *W: Zasoby perspektywiczne kopalni Polski wg stanu na 31 XII 1990 r.* (red. B. Bąk, S. Przeniosło): 98–116. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., 1997 — Atlas metalogeniczny cechsztyńskiej serii miedzionośnej w Polsce. *Państw. Inst. Geol. – Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej SA, Warszawa.*
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., 2007 — Rozmieszczenie metali w basenie cechsztyńskim. *W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Wyd. II. KGHM Cuprum Sp. z o.o., Lubin* (red. A. Piestrzyński i in.): 115–122.
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., 2011a — Rudy miedzi i srebra. *W: Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r.* (red. S. Wołkowicz i in.): 76–93. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.*
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., 2011b — Prospectivity analysis of the Polish Kupferschiefer – new insight. *W: Let’s Talk Ore Deposits* (red. F. Barra i in.), 11th SGA Biennial Meeting, 26–29th September 2011: 294–296. *Ediciones Universidad Catolica del Norte, Antofagasta.*
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., BANASZAK A., 1996 — Stan badań utworów cechsztynu w Polsce — perspektywy odkrycia nowych obszarów metalonośnych. *W: Uroczysta Sesja Naukowa, 40–lecie odkrycia złóż rud miedzi i 35–lecie KGHM Polska Miedź S.A.: 17–23.* Warszawa–Lubin, 1996.
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., CHMIELEWSKI A., KRZEMIŃSKI P., 2010 — Ocena możliwości poszerzenia bazy zasobowej – poszukiwanie nowych rezerw w otoczeniu złoża Lubin–Sieroszowice. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.*
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., MAŁECKA K., CHMIELEWSKI A., 2016 — Prospective copper resources in Poland. *Gosp. Sur. Miner. – Miner. Res. Manag.*, **32**, 2: 5–30.
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., MARKS L., CHMIELEWSKI A., 2012b — Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Żmigród, Milicz, Sulmierzyce i Kalisz. *Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.*
- OSZCZEPALSKI S., CHMIELEWSKI A., SOWULA W., BORATYN J., PIKUŁA K., ZIELIŃSKI K., 2012a — Ocena możliwości występowania cechsztyńskiej mineralizacji Cu–Ag na obszarze województw lubuskiego i wielkopolskiego na podstawie archiwalnych materiałów wiertniczych, w tym wierceń naftowych. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.*
- PREIDL M., NIEĆ M., MUCHA J., 2007 — Dokumentowanie złóż monokliny przedsudeckiej. *W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Wyd. II. KGHM Cuprum Sp. z o.o., Lubin* (red. A. Piestrzyński): 148–157.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalni (DzU Nr 116, poz. 978).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny (DzU Nr 291, poz. 1712).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, z wyłączeniem złoża węglowodorów (DzU z 2015 r., poz. 987).
- RYDZEWSKI A., BANASZAK A., OSZCZEPALSKI S., 1996 — Obszary perspektywiczne dla złóż miedzi. *W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Wyd. II. KGHM Cuprum Sp. z o.o., Lubin* (red. A. Piestrzyński): 332–339.
- SOLIK–HELIASZ E., 2002 — Ocena możliwości odzysku ciepła z wód pompowanych z kopalni węgla kamiennego. *Pr. Nauk. Gl. Inst. Gór. Ser. Gór. i Środ.*, **2**: 17–24.
- SOLIK–HELIASZ E., MAŁOLEPSZY Z., 2001 — Możliwości wykorzystania energii geotermalnej z wód kopalnianych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Proceedings of International Scientific Conference „Geothermal Energy in Underground Mines” November 21–23, 2001, Ustroń: 81–88.*
- SPECZIK S., 2015 — Szansa czy iluzja? – Głębokie kopalnie miedzi i srebra w Polsce. *Zesz. Nauk. Inst. Gosp. Surow. Miner. i Ener. PAN*, **91**: 179–192.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S., 2011 — Złoża prognostyczne rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej – nowa perspektywa. *W: Geolodzy w służbie Polskiej Miedzi* (red. A. Banaszak i in.): 67–84. *Konferencja Środowiskowa Geologów, Lubin, 24 marca 2011 r.*
- SPECZIK S., DZIEDZIC A., RYDZEWSKI A., 1996 — Perspektywy trwałości i rozwoju KGHM Polska Miedź S.A. *W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Wyd. II. KGHM Cuprum Sp. z o.o., Lubin* (red. A. Piestrzyński): 1204–1220.
- SPECZIK S., RYDZEWSKI A., OSZCZEPALSKI S., 1998 — Badania cechsztynu miedzionośnego w SW Polsce: strategia i perspektywy poszukiwawcze. *Pr. Specjalne PTM*, **10**: 93–104.
- SPECZIK S., MARKS L., OSZCZEPALSKI S., CHMIELEWSKI A., 2011a — Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych

- z rejonu Zielonej Góry, Czerwieńska i Sulechowa. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S., KARWASIECKA M., NOWAK G.J., 2007a — Kupferschiefer – A hunt for new reserves. *W: Digging deeper* (red. C.J. Andrew i in.): 237–240. Proceedings of the Ninth Biennial SGA Meeting, Dublin 2007.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S., NOWAK G., KARWASIECKA M., 2007b — Cechsztyński łupek miedzionośny – poszukiwania nowych rezerw. *W: Geologiczne, gospodarcze i społeczne znaczenie odkrycia złoża rud miedzi* (red. S. Oszczepalski). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 173–188.
- SPECZIK S., MARKS L., OSZCZEPALSKI S., CHMIELEWSKI A., KRZEMIŃSKI P., 2011b — Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Nowa Sól, Zabór, Trzebiechów. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- STEFANIUK M., WOJDYŁA M., GAJEWSKI A., 2011a — Sprawozdanie z prac naukowo-badawczych dla tematu: Eksperymentalne badania: metodą magnetotelluryczną (MT/AMT) i metodą polaryzacji wzbudzonej (IP) w celu rozpoznania struktury geologicznej i zróżnicowania litologicznego kompleksów podcechsztyńskich w rejonie Mozowa. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o., Warszawa.
- STEFANIUK M., WOJDYŁA M., GAJEWSKI A., 2011b — Sprawozdanie z prac naukowo-badawczych dla tematu: Eksperymentalne badania: metodą magnetotelluryczną (MT/AMT) i metodą polaryzacji wzbudzonej (IP) w celu rozpoznania struktury geologicznej i zróżnicowania litologicznego kompleksów podcechsztyńskich w rejonie Sulmierzyc. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o., Warszawa.
- USTAWA z dnia 2 marca 2012 r. o podatku od wydobywania niektórych kopalin (DzU z 2012 r., poz. 362 z późn. zm.).
- WIRTH H., BANASZAK A., RYDZEWSKI A., OSZCZEPALSKI S., 2007 — Obszary rezerwowe i perspektywiczne dla złóż miedzi. *W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Wyd. II. KGHM Cuprum Sp. z o.o., Lubin* (red. A. Piestrzyński i in.): 115–122.
- WYŻYKOWSKI J., 1958 — Poszukiwania rud miedzi na obszarze strefy przedsudeckiej. *Prz. Geol.*, **6**, 1: 17–22.
- WYŻYKOWSKI J., 1959 — Dokumentacja geologiczna złóż rud miedzi „Sieroszowice–Lubin” w rejonie Głogowa i Legnicy. *Narod. Arch. Geol. PIB-PIB, Warszawa.*

## SUMMARY

The low-grade deep copper and silver ore in south-western Poland was discovered in the late 1950s. During the subsequent decades, further research conducted by the Polish Geological Institute resulted in the discovery of higher quality ore in the examined core samples of numerous boreholes drilled in the northern, central and eastern parts of the Fore-Sudetic Monocline. This led to the demarcation of several areas by the Polish Geological Institute, with prognostic, prospective and hypothetical copper and silver resources, named so depending on the degree of their identification, depth and location with respect to known shallower deposits. The boundaries of these areas were updated and modified over the years, as new information from rock sample analyses was acquired, with their estimated resources also changing over time.

In 2011, the companies of the Miedzi Copper Group initiated a large-scale project involving the exploration of deep copper and silver ore resources in south-western Poland. Its preliminary phase consisted of further chemical, petrographic and mineralogical analyses of historical core samples, as well as the reprocessing of the available geophysical data.

Subsequently, a comprehensive drilling program was initiated in 2013, as part of which 23 boreholes have been completed so far, with more currently in preparation. As a result of those operations, the companies modified the boundaries of the research area to focus on the most promising zones with the higher grade of copper and silver ore. These are currently divided into three primary regions of exploration, where further operations are underway and some of the resources have already been calculated with precision conforming to Polish regulations.

Although the economically justified extraction of deep ore was impossible over most of the last several decades due to technological limitations, the situation has changed in the recent years. Because of the development of new mining solutions and technologies, the extraction of ore from depths exceeding 1500 or even 2000 m is feasible nowadays, provided several conditions are fulfilled. These include the use of modern waste disposal, ventilation, air conditioning and underground ore processing methods, as well as the correct strategy that involves focusing on these parts of the deposit that are characterised by the highest quality of ore.