

SZACOWANIE ZASOBÓW STRATOIDALNYCH ZŁÓŻ RUD MIEDZI I SREBRA NA PRZYKŁADZIE ZŁOŻA NOWA SÓL - WYMIAR PRAKTYCZNY

ESTIMATION OF RESOURCES IN STRATIFORM COPPER AND SILVER ORE DEPOSITS OF THE FORE-SUDETIC MONOCLINE - A PRACTICAL ASPECT

Krzysztof Zieliński - Mozów Copper Sp. z o.o. Warszawa

Stanisław Speczik - Mozów Copper Sp. z o.o. Warszawa, Uniwersytet Warszawski

DOI: 10.5604/01.3001.0055.1283

Streszczenie

Złoże rud miedzi i srebra Nowa Sól jest głębokim złożem stratoidalnym udokumentowanym na monoklinie przedsudeckiej. W roku 2024 sporządzono dodatek nr 2 do jego dokumentacji geologicznej podnoszący kategorię rozpoznania do C₁. Jego przygotowanie objęło między innymi ponowne przeliczenie zasobów w oparciu o dane o jakości rudy z wszystkich otworów wiertniczych. Obliczenie zasobów wykonano kilkoma metodami, z których część nie jest powszechnie stosowana w przypadku polskich złóż podobnego typu, a które zastosowane zostały z myślą o przyszłym sporządzeniu projektu zagospodarowania złoża. W niniejszym artykule zaprezentowano różnice między wynikami otrzymanymi z zastosowaniem poszczególnych metod oraz przedstawiono dyskusję na temat ich przyczyn. Omówiono także praktyczne znaczenie wykorzystania różnych metod obliczeniowych oraz wpływ przedstawionych różnic na plany eksploatacji złoża.

Słowa kluczowe: dokumentacja geologiczna złoża, głębokie złoża rud miedzi i srebra, obliczenie zasobów, monoklina przedsudecka

Abstract

The Nowa Sól copper and silver ore deposit is a deep stratiform deposit documented in the Fore-Sudetic Monocline. Addendum no. 2 to its geological documentation was prepared in 2024 to upgrade the category of exploration to C₁. Among other work, its preparation included the recalculation of resources on the basis of ore grade data from all boreholes. The resources were calculated by means of several methods, some of which are not commonly used for Polish deposits of a similar type, and which were applied with the future preparation of a deposit development plan in mind. The present article shows the differences between the results produced with the application of specific methods, and discusses the reasons behind them. It also describes the practical significance of using various calculation methods, and the impact of the presented differences on the mining plans for the deposit.

Keywords: geological documentation of a mineral deposit, deep copper and silver ore deposits, calculation of resources, Fore-Sudetic Monocline

Stratoidalne złożo rud miedzi i srebra „Nowa Sól” typu Kupferschiefer na monoklinie przedsudeckiej po raz pierwszy udokumentowano w kategorii rozpoznania C₂ w roku 2019 w wyniku prac spółki Zielona Góra Copper z grupy kapitałowej Lumina Metals Corp. (dawniej Miedzi Copper Corp.). Jego granice i zasoby wyznaczono wówczas na podstawie 17 pozytywnych otworów wiertniczych

wykonanych przez spółkę (Speczik 2019) [4]. Trzy lata później sporządzono dodatek numer 1, który włączył do złoża 2 dodatkowe otwory oraz zwiększył jego zasoby i nieznacznie powierzchnię, jednakże nie zmieniając kategorii rozpoznania (Speczik 2022) [5]. W wyniku wykonania kolejnych 3 otworów wiertniczych, w roku 2024 dokonano kolejnej aktualizacji zasobów i sporządzono

dodatek numer 2, podnoszący kategorię rozpoznania złoża do C_1 (Speczik 2024) [6]. Tym samym złożo wyznaczone jest obecnie 22 pozytywnymi otworami wiertniczymi. Wraz ze złożami Mozów i Sulmierzyce Północ oraz wyznaczonymi pomiędzy nimi obszarami perspektywnymi, złożo wchodzi w skład tzw. północnego pasa miedziowego (ang. Northern Copper Belt), zlokalizowanego na północ i wschód od złóż eksploatowanych obecnie w rejonie Sieroszowice-Lubin (Speczik i in. 2022) [8].

Ponieważ „Nowa Sól” jest złożem głębokim, przy jego dokumentowaniu konieczne było sporządzenie własnych granicznych wartości parametrów definiujących złożo i jego granice, na co pozwala Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, z wyłączeniem złoża węglowodorów (Dz. U. z 15 lipca 2015, poz. 987) [3]. Wartości te, nazwane kryteriami inwestorskimi, zostały sporządzone w oparciu o raporty techniczno-ekonomiczne przygotowane na zlecenie spółki i były następnie modyfikowane w oparciu o zmieniające się warunki ekonomiczne (Zieliński 2023) [10]. Ich aktualna wersja użyta w dodatku numer 2 (Speczik 2024) [6] przedstawiona jest w Tabelach 1 i 2.

Należy zwrócić uwagę, iż stosują one rozróżnienie między zasobami bilansowymi i pozabilansowymi, w odróżnieniu od granicznych wartości wyznaczonych dla złóż płytszych ww, Rozporządzeniem, gdzie tego typu podział został zlikwidowany, choć istniał w dawnych, wycofanych już kryteriach bilansowości (Zieliński i Speczik 2023) [11].

Zastosowanie kryteriów inwestorskich przedstawionych w Tabelach 1 i 2 do złoża Nowa Sól spowodowało, iż spośród wyznaczających je 22 otworów pozytywnych za bilansowe uznano 21, natomiast 1 otwór nawiercił mineralizację na poziomie pozabilansowym. Dodatkowo na obszarze dokumentowania wykonano 1 otwór niespełniający żadnych z podanych kryteriów inwestorskich, stanowiący otwór negatywny konturujący złożo, położony tuż za jego granicą (Speczik 2024) [6]. Granice złoża Nowa Sól wraz z lokalizacją wszystkich wyznaczających je otworów wiertniczych na tle mapy geologiczno-złożowej ze strefowością mineralizacji przedstawiono na Rysunku 1. Całkowita powierzchnia złoża to 119,15 km².

Tab. 1. Aktualne inwestorskie graniczne wartości parametrów definiujących złożo Nowa Sól i jego granice dla zasobów bilansowych

Tab. 1. Investor's current threshold values of parameters defining the Nowa Sól ore deposit and its boundaries with respect to economic resources

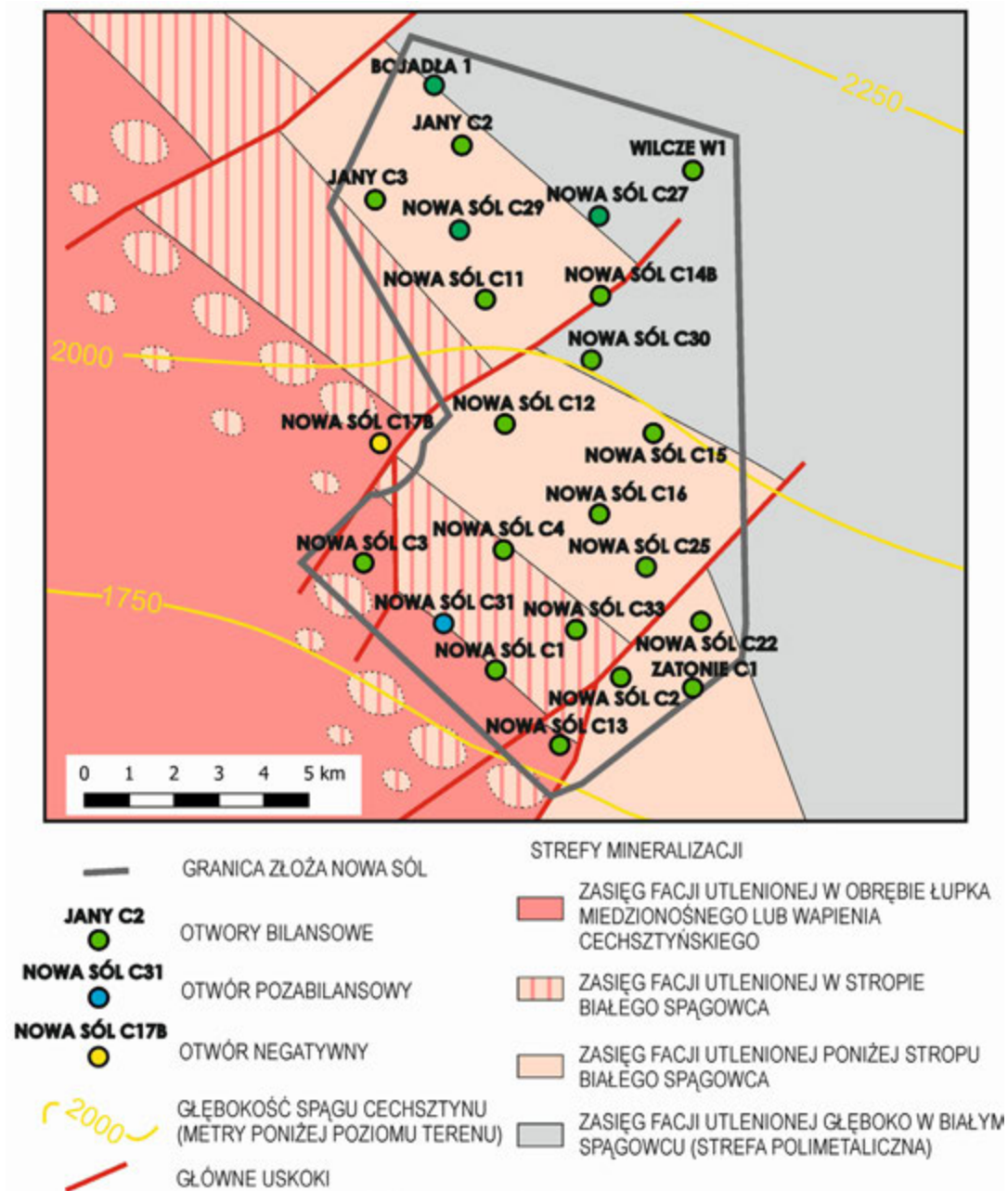
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1.	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	2400
2.	Minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złożo	%	0,3
3.	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoża wraz z przerostami $Cu_e = (\%Cu) + 0,01$ (g/t Ag)	%	0,5
4.	Minimalna zasobność złoża (Cu_e) dla głębokości spągu interwału rudnego ≤ 1900 m	kg/m ²	40
5.	Minimalna zasobność złoża (Cu_e) dla głębokości spągu interwału rudnego 1900–2400 m	kg/m ²	55

Tab. 2. Aktualne inwestorskie graniczne wartości parametrów definiujących złożo Nowa Sól i jego granice dla zasobów pozabilansowych

Tab. 2. Investor's current threshold values of parameters defining the Nowa Sól ore deposit and its boundaries with respect to subeconomic resources

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1.	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	2400
2.	Minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złożo	%	0,3
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 ²	25
5.	Maksymalna zasobność złoża (Cu_e) dla głębokości spągu interwału rudnego ≤ 1900 m	kg/m ²	40*
6.	Maksymalna zasobność złoża (Cu_e) dla głębokości spągu interwału rudnego 1900–2400 m	kg/m ²	55*

*przekroczenie wartości maksymalnej spowodowałoby uznanie zasobów za bilansowe zgodnie z Tabelą 1



Rys. 1. Położenie złoża Nowa Sól i dokumentujących je otworów wiertniczych na tle mapy geologiczno-złożowej ze strefowością mineralizacji
 Fig. 1. Position of the Nowa Sól deposit and the documenting boreholes against a geological-mineral map with the zonality of orebodies

W ramach przygotowania dodatku numer 2 do dokumentacji złoża dokonano obliczeń jego aktualnych zasobów w oparciu o przedstawione kryteria inwestorskie oraz wyniki badań jakości rudy z wszystkich otworów bilansowych i pozabilansowego. Do obliczenia zasobów wykorzystano kilka metod, z których część trafiła następnie do ostatecznej wersji dodatku.

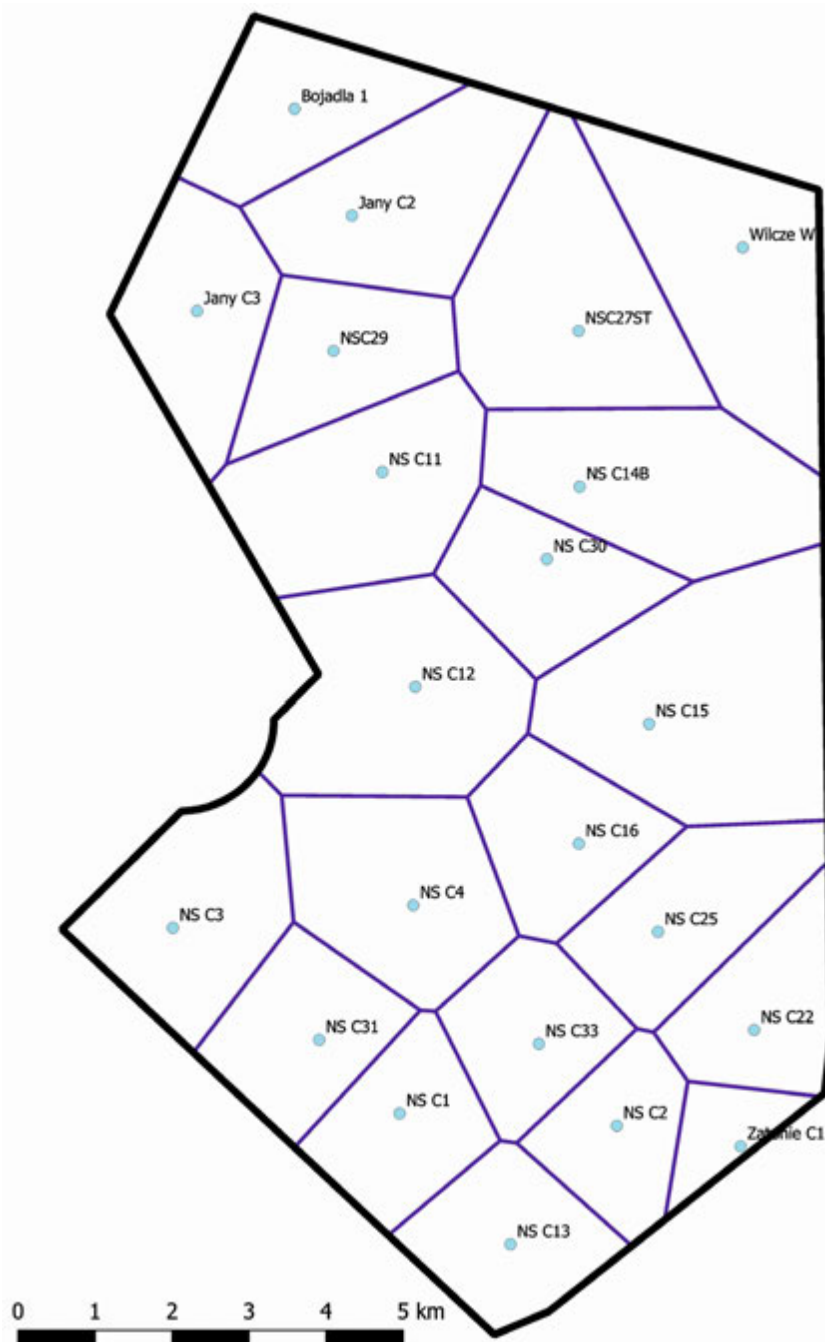
Metodą określoną w tekście dodatku numer 2 jako podstawowa była metoda interpolacyjna, oparta o algorytm z wagowaniem na odwrotność kwadratu odległości punktu (węzła) interpolacji od punktów rozpoznania złoża (otworów wiertniczych), w skrócie oznaczona jako ID2. Dla obliczenia w ten sposób zasobów, okonturowany według przyjętych kryteriów inwestorskich obszar złoża pokryto gęstą, kwadratową siecią punktów interpolacji o rozstawie 100 m. W każdym z punktów interpolacji wyznaczono, oddzielnie dla każdego z wydzielonych typów litologicznych rudy:

zasobności głównych metali i miąższości serii litologicznych w oparciu o dane ze wszystkich punktów rozpoznania. Obliczone wartości uśredniono arytmetycznie w obrębie serii litologicznych w płaszczyźnie poziomej złoża. Po wymnożeniu uśrednionych zasobności metali przez powierzchnię występowania serii litologicznych otrzymano wyniki obliczeń zasobów metali dla poszczególnych serii litologicznych. Zasoby rudy obliczono identycznie jak zasoby metali, oddzielnie dla serii litologicznych jako iloczyn ich powierzchni, uśrednionych miąższości serii oraz oszacowanych średnich gęstości objętościowych serii. Suma zasobów kopaliny i metali oszacowanych dla poszczególnych typów litologicznych rudy stanowiła oszacowanie całkowitych zasobów rudy i metali w złożu bilansowym oraz pozabilansowym. Obliczone tą metodą zasoby bilansowe wyniosły 815,703 mln t rudy zawierającej 10,250 mln t Cu oraz 36,290 tys. t Ag. Z kolei zasoby pozabilansowe wyniosły

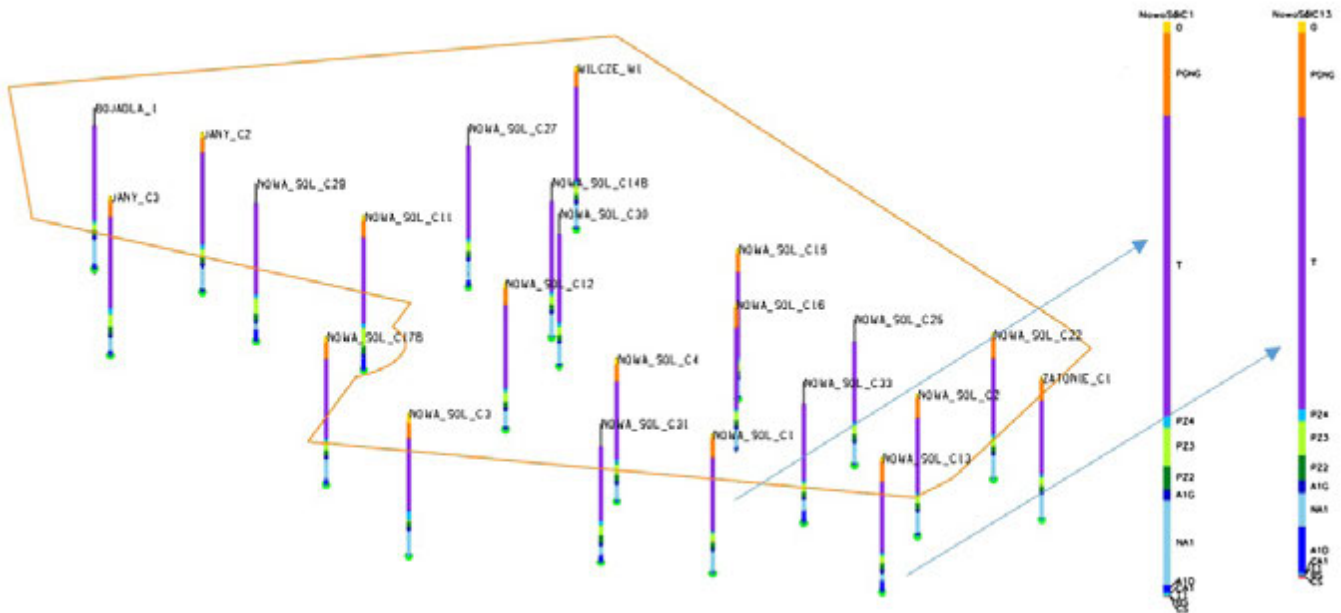
0,913 mln t rudy zawierającej 7 tys. t Cu i 8 t Ag. Metodą tą nie liczono zasobów współwystępujących użytecznych pierwiastków śladowych w złożu.

Kolejną metodą zastosowaną do obliczenia zasobów i uwzględnioną jako kontrolną w dodatku numer 2 do dokumentacji złoża Nowa Sól była metoda Wieloboków Bołdyriewa (W). Jest ona od wielu lat stosowana przy dokumentowaniu polskich złóż Cu-Ag rozpoznanych otworami wiertniczymi, a o jej przydatności i skuteczności świadczą liczne oparte o nią dokumentacje geologiczne i dodatki zatwierdzone przez organy administracji geologicznej. W metodzie tej obszar złoża dzieli się na wieloboki będące podstawami graniastosłupów, których wysokość określa miąższość złoża, lub w omawianym przypadku miąższość danego typu litologicznego rudy. Każdy wielobok przypisany jest pojedynczemu otworowi wiertniczemu, a skonstruowany

jest przez połączenie otworu odcinkami prostymi z najbliższymi położonymi otworami sąsiednimi, a następnie przecięcie odcinków symetralnymi. Symetralne wyznaczają kontur wieloboku, w którym wszystkie punkty leżą bliżej odpowiadającego mu punktu rozpoznawczego w stosunku do innych punktów znajdujących się na zewnątrz wieloboku (Nieć 2012) [2]. Należy zwrócić uwagę, iż w przypadku złoża Nowa Sól jego granice pozostały niezmienione w stosunku do poprzedniego dodatku do dokumentacji, a tym samym część wieloboków została dodatkowo przycięta do granicy złoża (Rys 2). Dla każdego wieloboku obliczono oddzielnie zasoby rudy piaskowcowej, łupkowej i węglanowej oraz występujących w nich metali jako zasoby w odrębnych graniastosłupach o tej samej podstawie (w zależności od tego, jakie rodzaje rudy zaobserwowano w danym otworze). Następnie przez sumowanie zasobów danego typu rudy



Rys. 2. Podział złoża Nowa Sól na wieloboki Bołdyriewa
Fig. 2. Division of the Nowa Sól deposit into Voronoi polygons



Rys. 3. Wizualizacja granicy złoża Nowa Sól oraz profili otworów wykorzystanych do sporządzenia jego trójwymiarowego modelu w środowisku MineScape
Fig. 3. Visualisation of the boundary of the Nowa Sól deposit and drilling logs used for the preparation of its three-dimensional model in the MineScape software

i poszczególnych występujących w nim metali z wszystkich wieloboków uzyskano łączne zasoby liczone dla każdego z trzech typów rudy w złożu. Z kolei ich zsumowanie pozwoliło określić łączne zasoby rudy i poszczególnych metali w całym złożu. I tak zasoby bilansowe kopaliny głównej wyniosły 802,069 mln t rudy zawierającej 10,300 mln t Cu oraz 35,407 tys. t Ag. Z kolei zasoby pozabilansowe wyniosły 15,260 mln t rudy zawierającej 0,101 mln t Cu i 87 t Ag. Tą metodą określono także zasoby współwystępujących pierwiastków użytecznych: renu, pierwiastków ziem rzadkich (REE), cynku, ołowiu, kobaltu, molibdenu, niklu i wanadu.

Kolejną metodą zastosowaną do obliczenia zasobów kopaliny głównej był kriging z modelem liniowym (LOK), który stanowi uproszczoną metodę geostatystyczną należąca do rodziny procedur krigingu. Uwzględnia ona wzajemne położenie punktów rozpoznania (otworów) względem siebie i punktów (węzłów) interpolacji, minimalizując

przy tym błąd oszacowania wartości parametru. Stosowana jest zwykle dla zbiorów danych o niewielkiej liczebności, gdy nie jest możliwe zdefiniowanie wiarygodnego modelu struktury zmienności (modelu semiwariogramu). Z konieczności zakłada się wówczas arbitralnie liniowy model semiwariogramu, co tłumaczy nazwę metody. Obliczone tą metodą zasoby bilansowe wyniosły 802,699 mln t rudy zawierającej 9,842 mln t Cu oraz 35,887 tys. t Ag, natomiast zasoby pozabilansowe to 6,899 mln t rudy zawierającej 65 tys. t Cu i 80 t Ag. Obliczenia zasobów tą metodą nie zostały zawarte w dodatku nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża Nowa Sól.

W ramach przygotowania dodatku nr 2 podnoszącego kategorię rozpoznania złoża do C_1 przygotowano także przestrzenny model geologiczno-złożowy, który dostarcza cennych informacji na temat dystrybucji metali w złożu, a w przyszłości będzie niezwykle cennym narzędziem przy

Tab. 3. Zestawienie wyników szacowania zasobów bilansowych oraz charakterystyki jakości kopaliny głównej w złożu Nowa Sól z użyciem różnych metod obliczeniowych

Tab. 3. Comparison of the estimation results for economic resources and ore grade characterisation for the main minerals in the Nowa Sól deposit by means of various methods of calculation

Metoda oszacowania zasobów	Zasoby rudy [tys. Mg]	Zasoby Cu [tys. Mg]	Zasoby Ag [Mg]	Średnia zawartość Cu [%]	Średnia zawartość Ag [ppm]
Podstawowa (ID2)	815 703	10 250	36 290	1,26	44,5
Wieloboków (W)	802 069	10 300	35 407	1,28*	44,1*
				1,91**	85,65**
Średniej zasobności (ŚZ)	795 147	10 293	36 799	1,29	46,3
Krigingu z modelem liniowym (LOK)	802 699	9 842	35 887	1,23	44,7
Model jakościowy (MJ)	738 566	10 268	35 625	1,39	48,28

*średnia ważona

**średnia arytmetyczna

Tab. 4. Zestawienie wyników szacowania zasobów pozabilansowych oraz charakterystyki jakości kopaliny głównej w złożu Nowa Sól z użyciem różnych metod obliczeniowych

Tab. 4. Comparison of the estimation results for subeconomic resources and ore grade characterisation for the main minerals in the Nowa Sól ore deposit by means of various methods of calculation

Metoda oszacowania zasobów	Zasoby rudy [tys. Mg]	Zasoby Cu [tys. Mg]	Zasoby Ag [Mg]	Średnia zawartość Cu [%]	Średnia zawartość Ag [ppm]
Podstawowa (ID2)	913	7	8	0,77	8,6
Wieloboków (W)	15 260	101	87	0,66	5,7
Średniej zasobności (ŚZ)	18 835	125	107	0,66	5,7
Krigingu z modelem liniowym (LOK)	6 899	65	80	0,95	11,5
Model jakościowy (MJ)	2 624	17	16	0,67	6,01

opracowaniu projektu zagospodarowania złoża. Model wykonano przy użyciu licencjonowanego oprogramowania MineScape firmy Datamine Software, wykorzystując dane z wszystkich otworów wiertniczych dokumentujących złożę (Rys. 3). Trójwymiarowy model składa się z dwóch zasadniczych części: strukturalnej, przedstawiającej położenie stropów i spągów poszczególnych jednostek litostratygraficznych, a także jakościowej, pokazującej przestrzenne rozmieszczenie zawartości i zasobności poszczególnych pierwiastków w złożu. Choć nie było to głównym celem sporządzenia modelu 3D, jego część jakościowa również posłużyła za podstawę do obliczenia zasobów złoża. Chociaż sam model został przedstawiony w dodatku nr 2 do dokumentacji, wyniki obliczenia zasobów za jego pomocą uznano za pomocnicze i nie zostały one zawarte w jego tekście. Głównym celem sporządzenia modelu było prześledzenie przebiegu warstw skalnych w złożu i jego nadkładzie oraz przestrzennej zmienności jakości kopaliny, co dzięki interpolacji możliwe jest w dowolnym punkcie złoża.

Szacowanie zasobów metodą opartą o model jakościowy (MJ) w oprogramowaniu MineScape odbyło się przez operację matematyczną na gridach określających powierzchnie stropowe i spągowe, gridach zawierających rozmieszczenie składników użytecznych oraz informacji o gęstości objętościowej. Rozmieszczenie składników użytecznych określono na podstawie interpolatora inverse distance do potęgi 2 z promieniem przeszukiwania 15000 m. Zasoby bilansowe obliczone z wykorzystaniem modelu 3D wyniosły 738,566 mln t rudy zawierającej 10,268 mln t Cu oraz 35,625 tys. t Ag, natomiast zasoby pozabilansowe wyniosły 2,624 mln t rudy zawierającej 17 tys. t Cu i 16 t Ag.

Porównanie aktualnych zasobów bilansowych oraz pozabilansowych rudy, miedzi i srebra w złożu Nowa Sól obliczonych opisanymi powyżej metodami przedstawiono odpowiednio w Tabelach 3 i 4. Przedstawiają one również średnie zawartości miedzi i srebra w złożu określone za pomocą każdej z tych metod. Uwagę zwracają duże różnice między średnimi zawartościami, w przypadku srebra w zasobach pozabilansowych nawet dwukrotne. Wynikają one z różnic między sposobami liczenia średnich parametrów jakościowych kopaliny, które są odmienne w każdej

z przyjętych metod. Przykładowo, w metodzie wieloboków Bołdyriewa (W) wskazane jest zastosowanie średnich ważonych dla zasobności i zawartości metali. Jednakże lata praktyki górnictwa rud miedzi i srebra pokazały, że użycie średnich ważonych daje zaniżone wartości jakości rudy w porównaniu z jej faktycznymi parametrami uzyskanymi na etapie eksploatacji (Leszczyński 2020) [1]. Dużo bliższe rzeczywistości wyniki uzyskuje się przyjmując średnie arytmetyczne wyników z poszczególnych otworów. Inne podejście zastosowano w metodzie opartej o algorytm z wagowaniem na odwrotność kwadratu odległości punktu interpolacji od punktów rozpoznania złoża (ID2). Zasobności Cu i Ag liczono w niej dla każdego z punktów interpolacji rozmieszczonych w siatce 100 x 100 m, a wszystkie te wyniki posłużyły za podstawę do obliczenia wartości średnich. Z kolei średnie zawartości metali w złożu określono jako iloraz zasobów danego metalu i zasobów rudy, podobnie jak w metodzie średniej zasobności (ŚZ) i krigingu z modelem liniowym (LOK).

W Tabelach 5 i 6 przedstawiono różnice procentowe w obliczeniach zasobów rudy, miedzi i srebra między metodą podstawową (opartą o algorytm z wagowaniem na odwrotność kwadratu odległości – ID2) a pozostałymi zastosowanymi metodami, odpowiednio dla zasobów bilansowych i pozabilansowych. Jak widać z omawianych tabel, w przypadku zasobów bilansowych różnice pomiędzy poszczególnymi metodami są niewielkie i nie przekraczają 4%; jedyny wyjątek stanowi wynik obliczenia zasobów rudy przy użyciu modelu jakościowego 3D (choć wyniki dla zasobów Cu i Ag uzyskane z użyciem tej samej metody różnią się już nieznacznie). Bardzo duże różnice pojawiają się natomiast przy obliczeniach zasobów pozabilansowych. Jest tak dlatego, że zostały one wyznaczone jednym otworem wiertniczym Nowa Sól C31, w związku z czym granica pozabilansowej części złoża przebiega bardzo różnie w zależności od zastosowanej metody obliczeniowej. Zostało to przedstawione graficznie na Rysunku 4. Co do zasady, zgodnie z Tabelą 2 i z uwzględnieniem głębokości otworu C31, granica między zasobami pozabilansowymi a bilansowymi biegnie wzdłuż linii odpowiadającej zasobności miedzi ekwiwalentnej wynoszącej 40 kg/m². W przypadku metody średniej zasobności (ŚZ) nie istnieje

Tab. 5. Różnice procentowe szacowania zasobów bilansowych kopaliny głównej w złożu Nowa Sól między podstawową metodą obliczeniową a metodami pomocniczymi

Tab. 5. Percentage differences in the estimation of economic resources of the main minerals in the Nowa Sól ore deposit between the primary method and the auxiliary methods of calculation

Pomocnicza metoda oszacowania zasobów	Różnica względem metody podstawowej (ID2)		
	Zasoby rudy	Zasoby Cu	Zasoby Ag
Wieloboków (W)	-1,67%	+0,49%	-2,43%
Średniej zasobności (ŚZ)	-2,52%	+0,42%	+1,40%
Krigingu z modelem liniowym (LOK)	-1,59%	-3,98%	-1,11%
Model jakościowy (MJ)	-9,46%	+0,18%	-1,83%

Tab. 6. Różnice procentowe szacowania zasobów pozabilansowych kopaliny głównej w złożu Nowa Sól między podstawową metodą obliczeniową a metodami pomocniczymi

Tab. 6. Percentage differences in the estimation of subeconomic resources of the main minerals in the Nowa Sól ore deposit between the primary method and the auxiliary methods of calculation

Pomocnicza metoda oszacowania zasobów	Różnica względem metody podstawowej (ID2)		
	Zasoby rudy	Zasoby Cu	Zasoby Ag
Wieloboków (W)	+1571,41%	+1342,86%	+987,50%
Średniej zasobności (ŚZ)	+1962,98%	+1685,71%	+1237,50%
Krigingu z modelem liniowym (LOK)	+655,64%	+828,57%	+900,00%
Model jakościowy (MJ)	+187,40%	+142,86%	+100,00%

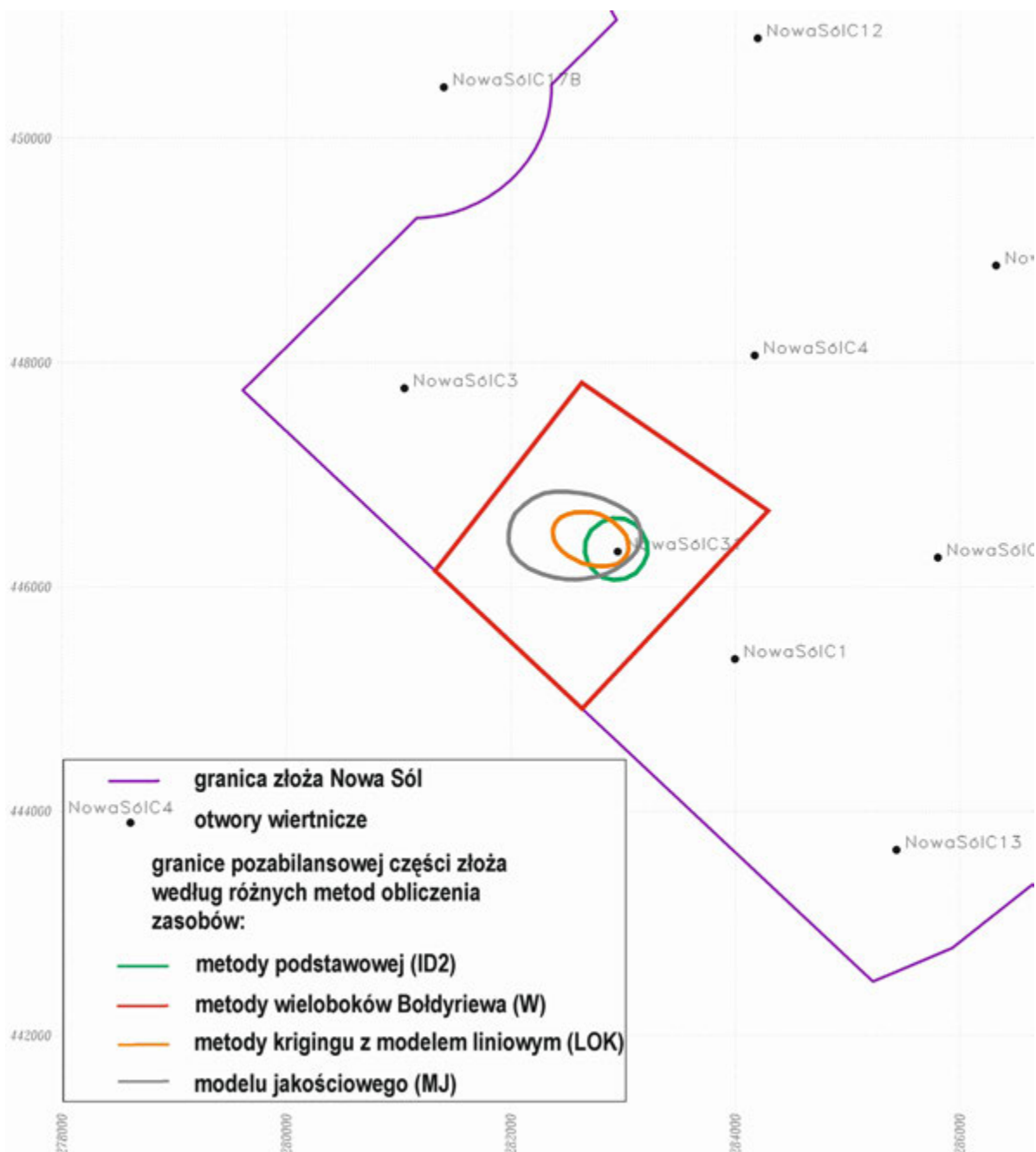
graficzne przedstawienie granic części pozabilansowej, gdyż jak wspomniano, jej powierzchnię wyznaczono w obliczeniach jako 1/22 całkowitej powierzchni złoża. Duże różnice w powierzchni obszaru pozabilansowego tłumaczą nie tylko wysokie różnice w zasobach, lecz także w średnich zawartościach Cu i Ag obserwowanych miejscami w Tabeli 4. Jest tak, ponieważ ilorazy zasobów danego metalu i rudy mogą znacznie różnić się przy odmiennych powierzchniach i wynikających z nich zasobach.

Wieloletnie doświadczenie eksploatacji stratoidalnych złóż rud miedzi i srebra na monoklinie przedsudeckiej pokazuje, że ich zasoby są zwykle niedoszacowane. Po pierwsze, analiza archiwalnych dokumentacji geologicznych i dodatków dotyczących tych złóż pokazuje, że zagęszczanie siatki wierceń z podniesieniem kategorii rozpoznania z C₂ do C₁ bardzo często skutkuje przyrostem zasobów (Speczik i in. 2020) [7]. Po drugie, analiza kolejnych dodatków do dokumentacji i bilansów zasobów złóż kopaliny (np. Szuflicki i in. 2024) [9] oraz praktyka górnicza (Leszczyński 2020) [1] pokazuje, że na etapie eksploatacji złoża, przy jego lepszym rozpoznaniu wyrobiskami podziemnymi, zasoby rudy oraz zasoby i zawartości metali zawsze okazują się większe w porównaniu z szacowaniem na podstawie otworów wierconych z powierzchni ziemi. Zmniejszanie się zasobów w miarę eksploatacji jest zawsze w pewnym stopniu rekompensowane przez ich przyrost wynikający z lepszego rozpoznania o charakterze obserwacji ciągłych, nie zaś punktowych jak w przypadku złóż niezagospodarowanych.

Podobnie spodziewać się można, iż realne zasoby złoża Nowa Sól zostaną zaktualizowane na etapie jego eksploatacji.

Należy tu zaznaczyć także, że ani prawo geologiczne i górnicze, ani opracowanie pomocnicze „Metodyka dokumentowania złóż kopaliny stałych” nie wykluczają możliwości wydobycia także zasobów pozabilansowych, o ile pozwolą na to warunki techniczno-ekonomiczne (Nieć 2012 [2], Zieliński i Speczik 2023) [11]. W przypadku tych zasobów spodziewać się można ich największego doprecyzowania na dalszym etapie, biorąc pod uwagę obecne znaczące różnice w ich wielkości, zależne od zastosowanej metody liczenia. Zasoby pozabilansowe w złożu Nowa Sól stanowią jednak ilość marginalną i niezależnie od zastosowanej metody wykreślenia ich granic, ich udział w porównaniu z bilansowymi jest bardzo niewielki. Z tego też powodu w przypadku bilansowej części złoża wszystkie wyniki wielkości zasobów uzyskane różnymi metodami są zasadniczo zbliżone. Jedyna nieco większa różnica wynosząca prawie 9,5% dotyczy zasobów rudy liczonych na podstawie modelu 3D złoża. Jak jednak wspomniano, model ten i powiązane z nim obliczenia wykonano z myślą o przyszłym projekcie zagospodarowania złoża, a liczone w ten sposób zasoby nie są częścią dodatku do dokumentacji geologicznej.

Zdaniem autorów niniejszego artykułu w pełni uzasadnione jest regularne i długotrwałe stosowanie metody wieloboków Bołdyriewa w przypadku stratoidalnych złóż Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej. Z kolei metody interpolacyjne czy izoliniowe powinny być stosowane równoległe do niej jako spełniające wymóg większego bezpieczeństwa i zachowawczości uzyskanych wyników. Choć metoda wieloboków nie jest popularna w innych krajach



Rys. 4. Południowo-zachodni fragment złoża Nowa Sól wraz z granicami jego pozabilansowej części, wyznaczonymi różnymi metodami liczenia zasobów (współrzędne w układzie 1992)

Fig. 4. The south-western part of the Nowa Sól ore deposit along with the boundaries of its subeconomic part, established by various resource calculation methods (coordinates are in the 1992 system)

Unii Europejskiej czy np. na kontynencie amerykańskim, gdzie występują inne typy złóż, wydaje się być idealnie dopasowana do złóż typu Kupferchiefer. Ze względu na ich specyficzny charakter i dużą jednorodność w skali makro daje ona wysoce wiarygodne rezultaty, co nie wyklucza przydatności i wysokiej dokładności innych metod w skali lokalnej, np. omawianej w niniejszym artykule metody ID2.

W przypadku złóż typu Kupferschiefer takich jak Nowa Sól, wszystkie metody liczenia zasobów, w których istotną rolę odgrywa odległość między otworami, skutkują niedoszacowaniem zasobów i zawartości Cu i Ag. Są to bowiem metody stworzone do szacowania zasobów złóż

porfirowych lub typu masywnych siarczków, gdzie odległość między punktami rozpoznania jest znacznie mniejsza i rozstaw otworów rzędu 250 m uznawany jest za właściwy. Zakładają one większą zmienność złoża pomiędzy otworami, której nie zakłada metoda wieloboków. O ile więc wszystkie zastosowane tu metody obliczeniowe skutkują zwykle niedoszacowaniem zasobów weryfikowanym na etapie eksploatacji, to metoda Bołdyriewa jest tą, która w przypadku złóż typu Kupferschiefer z największą dokładnością określa średnie parametry jakościowe rudy, na co wskazuje wieloletnia praktyka górnicza (Leszczyński 2020) [1].

Literatura

- [1] Leszczyński R. [red.] (2020). *Charakterystyka krajowej bazy wydobywanych złóż rud miedzi i innych kopalin – stan na 31.12.2019 r.* KGHM Polska Miedź, Lubin
- [2] Nieć M. [red.] (2012). *Metodyka dokumentowania złóż kopalin stałych.* IGSMiE PAN, Kraków
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, z wyłączeniem złoża węglowodorów (Dz. U. z 15 lipca 2015, poz. 987)
- [4] Speczik S. (2019). *Dokumentacja geologiczna złoża rud miedzi i srebra Nowa Sól.* Zielona Góra Copper Sp. z o.o., Warszawa
- [5] Speczik S. (2022). Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża rud miedzi i srebra Nowa Sól. Zielona Góra Copper Sp. z o.o., Warszawa
- [6] Speczik S. (2024). Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża rud miedzi i srebra Nowa Sól. Zielona Góra Copper Sp. z o.o., Warszawa
- [7] Speczik S., Bieńko T., Pietrzela A. i Zieliński K. (2020). *Dokumentowanie głębokich złóż miedzi i srebra – kryteria inwestorskie.* Górnictwo Odkrywkowe nr 1:43–54
- [8] Speczik S., Szamałek K., Wierchowicz J., Zieliński K., Pietrzela A., Bieńko T. (2022). *The new Northern Copper Belt of south-western Poland: A summary.* Acta Geol. Pol. 2022, 72, 469–477
- [9] Szuflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) (2024) *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2023 r.* Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa
- [10] Zieliński K. (2023). *Rola kryteriów inwestorskich w zagospodarowaniu głębokich złóż rud miedzi.* W: Profesor Stanisław Speczik. Wiedza i pasja. Monografia naukowa: Zagadnienia polimetalicznych złóż miedzi w Polsce (red. K. Szamałek, K. Galos). Wydawnictwo IGSMiE PAN. Str. 299–305
- [11] Zieliński K. i Speczik S. (2023). *Zasoby pozabilansowe złóż rud miedzi i srebra w Polsce – problemy w świetle obowiązujących przepisów prawnych.* Górnictwo Odkrywkowe nr 2: 18–26

