

Barbara ROMANOWSKA
Wojciech SALSKI*

ZMIENNOŚĆ ZŁOŻA RUD MIEDZI MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ

SPIS TREŚCI

Streszczenie	49
Wstęp	49
Stan badań	50
Metodyka i zakres badań	52
Geologiczna i statystyczna analiza wyników opróbowania w bloku P	55
Charakterystyka geologiczna	55
Ocena parametrów złoża przy rozrzedzonych sieciach opróbowania	57
Ocena parametrów złoża w wybranych polach	61
Wiarygodność rozpoznania złoża w bloku geologicznym na podstawie opróbowania jego konturu	62
Statystyczne wyznaczenie gęstości sieci opróbowania	63
Geologiczna i statystyczna analiza wyników opróbowania złoża w bloku L	64
Charakterystyka geologiczna	64
Ocena parametrów złoża przy rozrzedzonych sieciach opróbowania	64
Wiarygodność rozpoznania złoża w bloku geologicznym na podstawie opróbowania jego konturu	69
Statystyczne wyznaczenie gęstości sieci opróbowania	70
Ogólne spostrzeżenia dotyczące zmienności złoża	71
Literatura	74
The Variability of the copper-Ore Deposit in the Fore-sudetic Monocline (Summary)	76

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań zmienności parametrów złoża rud miedzi monokliny przed-sudeckiej. Geologiczna i statystyczna analiza obejmowała dwa rejony złożowe — bloki L i P, w których seria złożowa wykształcona jest w odmienny sposób. Materiał wyjściowy do

powyższych badań stanowiły wyniki analiz próbek bruzdowych oraz rdzeni otworów odwiercanych w celu wyznaczenia stropu i spągu serii okruszcowanej. Uzyskane wyniki posłużyły do dokonania geologicznej i statystycznej analizy zmienności złoża.

WSTĘP

Eksploracja rud miedzi na monoklinie przed-sudeckiej stwarza konieczność systematycznego rozpoznawania złoża, a zwłaszcza tych jego parametrów, które odgrywają decydującą rolę w procesie produkcji i przy obliczaniu zasobów. Uzyskuje się to poprzez sukcesywne opróbowywanie wyrobisk górniczych, umożliwiające przestrzenne wyznaczenie granic złoża i jakości kopaliny. Konsekwencją kilkunastoletniej

działalności górniczej jest zebranie obszernego materiału z opróbowania złoża, dającego podstawy do rozważań na temat zmienności jego parametrów.

Przedmiotem pracy jest ocena wiarygodności rozpoznania geologicznego przy aktualnie stosowanym w kopalniach rozstawie próbek bruzdowych, przedstawienie charakterystycznych rysów zmienności podstawowych parametrów złoża oraz sprecyzowanie

* Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi „Cuprum”, 50—136 Wrocław, pl. 1 Maja 1/2.

wniosków na temat gęstości sieci opróbowania, zapewniającej dostateczną reprezentatywność informacji. Powyższa problematyka stanowi jeden z ważniejszych aspektów racjonalnej gospodarki zasobami zarówno w trakcie działalności górniczej, jak też planowania i projektowania eksploatacji. Analiza geologiczna i statystyczna wyników rozpoznania złoża wyrobiskami górniczymi, stwarza również korzystne przesłanki dla wyciągania wniosków natury przyrodniczej, odnośnie do prawidłowości budowy złoża. Podjęty temat ma również na celu wybór najkorzystniejszej metodyki dla dalszego rozpoznania złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej.

Ze względu na zróżnicowany charakter zarówno litologii, jak i mineralizacji złoża w niniejszej pracy zastosowano kilka różnych metod badawczych.

Z uwagi na to, że geologiczna charakterystyka złoża stanowi przedmiot licznych publikacji (Harańczyk 1972; Jarosz 1968; Konstantynowicz 1959, 1967; Rydzewski 1969; Salski 1968; Wyżykowski 1958), powyższe zagadnienie autorzy artykułu przedstawiają w dużym skrócie.

Złoże rud miedzi monokliny przedsudeckiej występuje na pograniczu czerwonego spągowca i cechsztynu. Posiada rozciągłość NW—SE i zapada pod kątem od 3 do 5° ku NE. Zaliczane jest do złóż typu stratyfikowanego. Mineralizacja siarczkami miedzi obejmuje trzy litologiczne typy skał: piaskowce białego spągowca, łupki miedzionośne i dolomity cechsztynu. Piaskowce stanowiące spąg serii złożowej to drobnoziarniste utwory kwarcowe barwy białoszarej, o monotonnym składzie petrograficznym. Zalegające wyżej łupki miedzionośne cechuje duża zmienność zarówno miąższości, jak i wykształcenia litologicznego. W ich składzie petrograficznym wyróżnia się

cztery podstawowe składniki: minerały ilaste, węglany (głównie dolomit), substancję organiczną oraz kwarc. W zależności od udziału poszczególnych składników (szczególnie minerałów ilastych i węglanów), wśród utworów tych wydziela się kilka odmian petrograficznych: łupek ilasto-dolomitowy, ilasty i dolomitowo-ilasty. Stropową część złoża stanowią dolomity. W utworach tych obok głównego minerału — dolomitu — występuje substancja ilasta i niewielka ilość pelitu kwarcowego. Wśród dolomitów wyróżnia się: dolomit smugowany, wapnisty i laminowany. Zasięg występowania poszczególnych typów petrograficznych jest różny w różnych rejonach złoża.

W pionowym rozmieszczeniu strefy mineralizacji obserwuje się pewną ogólną prawidłowość. W północno-zachodniej części złoża okruszcowanie występuje w skałach węglanowych i łupkach, w środkowej obejmuje ponadto piaskowce, natomiast w południowo-wschodniej koncentruje się przede wszystkim w piaskowcach i łupkach, a tylko lokalnie w dolomitach. Miąższość strefy zmineralizowanej waha się od kilkunastu centymetrów do kilkunastu metrów. Głównymi minerałami kruszcowymi są: bornit, chalkopiryt.

Autorzy publikacji składają wyrazy wdzięczności mgr Wiesławie Sałackiej za opracowanie programu i wykonanie obliczeń na maszynie cyfrowej, co niezmiernie ułatwiło realizację badań i pozwoliło rozszerzyć ich zakres. Dziękujemy również dr. inż. Markowi Nieciowi za cenne uwagi i dyskusję w trakcie realizacji pracy, a także głównym geologom kopalń Lubin i Polkowice: mgr. Teofilowi Kowalowi oraz mgr. inż. Eligiuszowi Wawrzyniakowi za udostępnienie wyników opróbowania złoża.

STAN BADAŃ

Podjęmowane wcześniej prace na temat zmienności złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej opierały się bądź na wynikach wierceń poszukiwawczych i rozpoznawczych, bądź na wynikach opróbowania niewielkich fragmentów złoża w kopalniach. Mimo ograniczonego zakresu mają one dość istotne znaczenie dla dalszego rozwijania metodyki opróbowania i rozpoznawania złoża w wyrobiskach górniczych.

Statystyczna ocena zmienności złoża na podstawie rozpoznania otworami wiertniczymi przeprowadzona została przez Niecia (1964). Ujawniła ona zróżnicowanie współczynników zmienności w poszczególnych częściach obszaru miedzionośnego oraz fakt, że zmienność miąższości jest większa od zmienności okrusz-

cowania (tab. 1). Na obszarze złoża wzrost wartości tych współczynników następuje na ogół zgodnie z kierunkiem, w którym mineralizacja przemieszcza się w profilu pionowym z piaskowców do dolomitów.

Opróbowanie złoża w kopalniach rud miedzi monokliny przedsudeckiej po raz pierwszy wykorzystane zostało do badań statystycznych przez Zaczka (1969, 1970, 1971). Celem tych prac było wstępne określenie metodycznych zasad opróbowania, a przede wszystkim ustalenie ciężaru próbki elementarnej i jej długości w profilu oraz wyznaczenie poziomego rozstawu próbek bruzdowych. W zakresie badań zmienności złoża i reprezentatywnej sieci opróbowania obliczenia opierały się na wynikach zagęszczonego opróbowania chodnikowych wyro-

Tabela 1

Współczynniki zmienności złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej wg M. Niecia

Obszar złoża	Współczynnik zmienności w %		
	miąższości V_m	zawartości V_p	wydajności Cu V_q
L	89	67	56
P	90	59	60
S	100	135	72

bisk górniczych we wschodniej części kopalni „Lubin”. Określony przez Zaczka (1970) współczynnik zmienności mineralizacji waha się w poszczególnych przekrojach od 20 do 28% w przypadku piaskowców i od 32 do 45% w odniesieniu do łupków. Ponadto charakteryzuje się on dużym zróżnicowaniem w profilu pionowym, wykazując tendencję wzrostu ku stropowi łupków. Dla wyznaczenia reprezentatywnego rozstawu próbek autor posłużył się metodą stopniowego rozrzedzania próbek brzdowych w kolejnych interwałach od 2 do 40 m. Wyniki obliczeń umożliwiły wyciągnięcie wniosku, że poziomy rozstaw próbek brzdowych winien wynosić około 15 m, przy tolerancji dokładności określania średnich zawartości Cu $\pm 10\%$.

Rozszerzenie zakresu badań przez Kaczmarka (1969) na inne rejony obszaru miedzionośnego potwierdziło przypuszczenie o istnieniu dużych, lokalnych wahań zmienności złoża. W rozpatrywanych przez tego autora przypadkach wartość współczynnika zmienności mineralizacji zawierała się w granicach od 15,1% dla łupków miedzionośnych do 66,6% dla dolomitów. Wielkość tych wahań wskazuje, że wnioski dotyczące gęstości opróbowania w określonym bloku geologicznym nie mogą być uogólniane na całe złożo. Opierając się na wynikach opróbowania złoża w wyrobiskach górniczych, Kaczmarek przeanalizował ponadto możliwość stosowania rachunku statystycznego w badaniach złoża monokliny przedsudeckiej. Stwierdzenie losowego i nieuporządkowanego charakteru zmian mineralizacji oraz normalnego lub logarytmiczno-normalnego rozkładu zawartości miedzi wskazuje, że metoda ta w pełni może służyć postawionemu celowi.

Istotnym mankamentem pierwszych opracowań, opartych na wynikach rozpoznania wyrobiskami górniczymi, był brak opróbowania pełnego interwału serii złożowej. Obejmowało ono jedynie odcinki bezpośrednio odsłonięte w wyrobiskach. W związku z tym, w analizie nie była uwzględniana zmienność miąższości, a rozpatrywany rozkład mineralizacji nie odpowiadał rzeczywistym granicom złoża bilansowego. Dopiero w oparciu o wykonywane w kopal-

niach pionowe otwory wiertnicze, wyznaczające położenie stropu i spągu złoża, uzyskano prawidłowy obraz zmienności jego parametrów. Dotyczy to sytuacji, w których miąższość złoża przekracza wysokość udostępniających wyrobisk górniczych.

Pełne informacje z rozpoznania złoża w trakcie eksploatacji wykorzystane zostały w badaniach statystycznych przez Olejnika (informacja osobista). Przedmiotem rozważań było m.in. określenie reprezentatywnej ilości próbek brzdowych przy dokładności ustalania zasobów $\pm 10\%$ i prawdopodobieństwie 0,95 (tabl. 2). Wyniki obliczeń wskazują na możliwość

Tabela 2

Ilość próbek brzdowych niezbędna do udokumentowania zasobów rudy i metalu w bloku eksploatacyjnym wg H. Olejnika

Symbol pola	Powierzchnia w m ²	Rzeczywista ilość próbek	Obliczona ilość próbek dla określenia zasobów		Współczynnik zmienności wydajności rudy z 1 m ² V_q w %
			rudy	metal	
1	33 776	119	36	36	29,9
2	24 143	85	23	41	31,9
3	49 272	164	16	19	21,9

znaczniejszego zmniejszenia ilości próbek brzdowych w stosunku do ilości aktualnie pobieranej. Reprezentatywny rozstaw próbek jest różny dla ustalania zasobów rudy i metalu, a ponadto zmienia się w zależności od wartości współczynników zmienności złoża oraz wielkości rozpatrywanej powierzchni. Współczynniki zmienności w analizowanych przez Olejnika polach osiągają wartości znacznie niższe aniżeli dla całości złoża. Prawidłowość ta została potwierdzona w przypadku licznych złóż (Nieć, Niemczyk 1965).

Wskazówek metodycznych do dalszych badań dostarczają obliczenia wykonane w Przedsiębiorstwie Geologicznym w Krakowie, których celem było

Tabela 3

Współczynniki zmienności złoża w poszczególnych seriach litologicznych wg danych Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie

Typ litologiczny złoża	Rejon Lubin		Rejon Polkowice	
	współczynnik zmienności		współczynnik zmienności	
	miąższości V_m	zawartości V_p	miąższości V_m	zawartości V_p
dolomity	92,7	47,5	57,5	42,1
łupki	70,6	60,9	519,2	53,8
piaskowce	82,1	48,6	145,2	124,4

określenie współczynników zmienności złoże w poszczególnych seriach litologicznych (tab. 3). W tym przypadku materiałem wyjściowym do obliczeń były dane z otworów geologiczno-rozpoznawczych. Przytoczone cyfry ujawniają duże zróżnicowanie wartości współczynników zmienności w zależności od budowy

litologicznej złoże. Charakterystyczną cechą jest wzrost zmienności parametrów złoże w utworach, w których mineralizacja w danym obszarze reprezentowana jest podrzędnie, a więc w dolomitach w rejonie Lubina i piaskowcach w obszarze Polkowic.

METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Ocena zmienności złoże rud miedzi oparta została na analizie geologicznej i statystycznej materiałów zebranych w wyniku systematycznego opróbowywania złoże w wyrobiskach górniczych kopalni „Lubin” i „Polkowice”. Podstawę rozważań stanowiły wyniki opróbowania uzyskane z wyeksploatowanych części złoże. Zapewnia to najbardziej pełny stan informacji o złoże, głównie dzięki równomiernemu rozmieszczeniu próbek na określonej powierzchni. Złoże rozpoznawane jest za pomocą próbek bruzdowych, pobieranych w odstępach poziomych od 15 do 20 m. Na każdą z próbek bruzdowych składają się elementarne odcinki długości do 20 cm. Poszczególne próbki elementarne są przedmiotem oddzielnej analizy chemicznej. Pozwala to na uzyskanie informacji o rozkładzie mineralizacji w pionowym profilu złoże oraz na wyznaczenie jego górnej i dolnej granicy bilansowości. W przypadku złoże rud miedzi monokliny przedsudeckiej, opróbowanie ma zatem na celu określenie zarówno jego chemizmu, jak i położenia w przestrzeni.

Obok próbek bruzdowych w analizie geologicznej i statystycznej wykorzystano także wyniki opróbowania rdzeni z otworów wiertniczych wykonanych w tych częściach kopalni, w których miąższość złoże jest większa od wysokości wyrobisk górniczych. Dzięki temu w rozważaniach nad zmiennością złoże posługiwano się rzeczywistymi wartościami jego miąższości i zawartości miedzi.

Przedmiotem badań było złoże bilansowe, którego granice w poszczególnych profilach opróbowania wyznaczono zgodnie z obowiązującymi aktualnie dla złóż rud miedzi kryteriami bilansowości (Prz. geol. 1966). Przyjęta w oparciu o nie brzeżna zawartość miedzi wynosi 0,7%, natomiast średnia zawartość dla profilu złoże 0,9%. Próbkę pozabilansową znajdującą się na konturach, bloków eksploatacyjnych wyłączono z rozważań — mają one bowiem istotny wpływ na wzrost współczynników zmienności, a zarazem wypaczają statystyczny obraz złoże (Nieć, Niemczyk 1965). Natomiast wszystkie próbki pozabilansowe znajdujące się w obszarze bilansowym uwzględniono w obliczeniach. Zgodnie z wymogami stawianymi przez kryteria bilansowości, zawartość

miedzi dla rudy pozabilansowej nie może być niższa od 0,5%. W związku z tym miąższość złoże w próbkach pozabilansowych wyznaczona została dla zawartości brzeżnej, przy której średnia w profilu wynosi powyżej 0,5% Cu. W konsekwencji wpłynęło to na obniżenie wartości współczynnika zmienności miąższości oraz jej wzrost w przypadku współczynnika zmienności okruszcowania.

Znaczne zróżnicowanie współczynników zmienności parametrów złoże w różnych jego rejonach, narzuciło konieczność odpowiedniego wyboru bloków eksploatacyjnych będących przedmiotem badań. Dotychczasowe rozpoznanie sugeruje istnienie związku pomiędzy cechami zmienności złoże a charakterem mineralizacji i litologii. W związku z tym celowym wydaje się świadomy wybór bloków, uwzględniający zróżnicowanie budowy złoże (Salski, Tomaszewski 1975). Przy tym założeniu systematycznie prowadzone badania umożliwią w przyszłości określenie przestrzennego rozkładu zmienności złoże w powiązaniu z jego typami litologicznymi i mineralizacją.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań zmienności złoże w dwóch blokach eksploatacyjnych, z których pierwszy reprezentuje złoże z przewagą mineralizacji w dolomitach (blok P), w drugim natomiast okruszcowanie koncentruje się przede wszystkim w piaskowcach (blok L). Porównanie wyników badań z części złoże o odmiennej budowie, pozwala lepiej uwidocznic wpływ czynników geologicznych na kształtowanie statystycznych parametrów złoże i jego zmienności. Uogólnienia zawarte w końcowej części pracy opierają się na wynikach analizy geologicznej i statystycznej, obejmującej również inne części złoże.

W celu uzyskania informacji co do wiarygodności wyników, w programie badań zmienności złoże oraz reprezentatywnego rozstawu próbek bruzdowych uwzględniono kilka różnych metod z zakresu analizy geologicznej i statystycznej. Podstawę rozważań stanowiły średnie wartości podstawowych parametrów złoże, tj. miąższości, zawartości Cu i wydajności metalu z 1m², a także zasobów rudy i metalu przy aktualnie stosowanej sieci opróbowania oraz przy jej rozrzedzeniu do około 30 i 50 m. Wyboru

próbek przy wymienionych rozstawach dokonywano na mapie opróbowania za pomocą paletki z siatką o boku 30 oraz 50 m. Próbkę znajdującą się najbliżej centrum poszczególnych pól siatki stanowiły zbiór przyjmowany do dalszych obliczeń (fig. 1). W wyniku

one bezpośrednio poparte danymi liczbowymi (Górecki, Nieć 1972; Wasiliew 1974).

Poza geologiczną i statystyczną oceną określonych bloków eksploatacyjnych, przedmiotem badań były również mniejsze fragmenty złoża wydzielone w ich

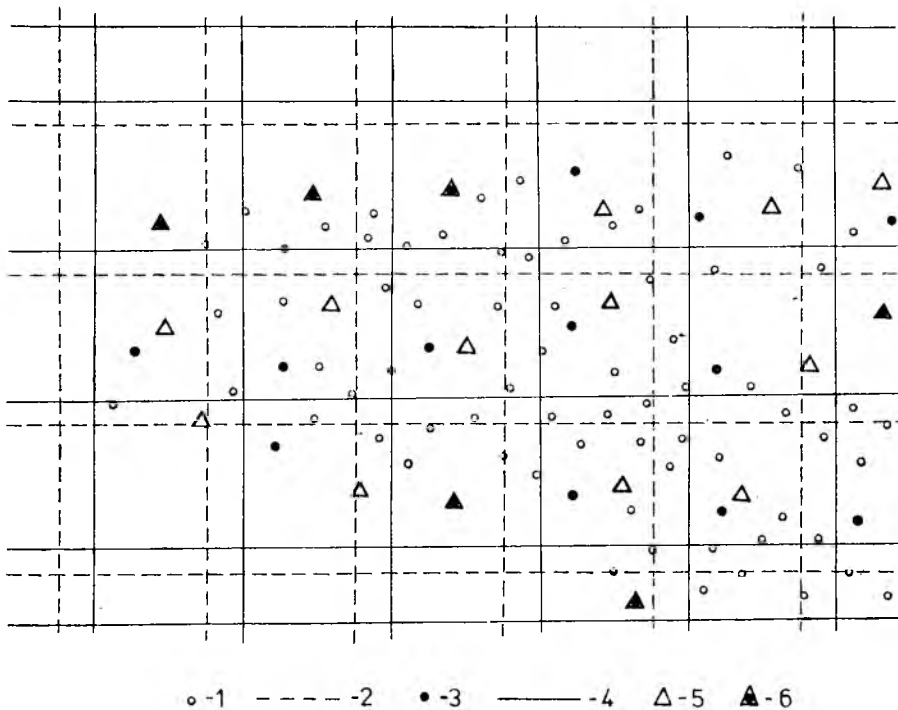


Fig. 1

Schemat rozrzedzenia sieci opróbowania i wariantowego wyboru próbek bruzdowych

1 – lokalizacja próbek bruzdowych aktualnie pobieranych w złożu; 2 – rozrzedzona sieć opróbowania – I zbiór próbek; 3 – lokalizacja próbek I-go zbioru; 4 – rozrzedzona i przesunięta sieć opróbowania – II zbiór próbek; 5 – lokalizacja próbek II-go zbioru; 6 – próbki uczestniczące w I i II zbiorze

A scheme of a less dense sample network and variant choice of groove-samples

1 – localization of the presently collected groove-samples; 2 – less dense sample network – I population of taken samples; 3 – localization of samples of I sample population; 4 – less dense and moved sample network – II sample population; 5 – localization of samples of II sample population; 6 – samples belonging to I and II populations

rozrzedzenia uzyskuje się dość nieregularną sieć opróbowania. Aby wyeliminować przypadkowość wyników obliczeń, w obydwu wariantach rozrzedzenia sieci opróbowania, rozpatrywano po 5 różnych zbiorów próbek.

Za punkt odniesienia dla oceny wielkości błędów, uzyskanych w przypadku sieci opróbowania około 30 i 50 m, przyjęto stopień rozpoznania złoża przy aktualnym rozstawie próbek bruzdowych. W ten sposób dla poszczególnych parametrów złoża obliczone zostały procentowe wielkości odchyżeń. Poza metodą obliczeniową, w oparciu o mapy warstwowe wykreślone dla kolejnych wariantów sieci opróbowania, tj. około 15, 30 i 50 m, przeprowadzono geologiczną analizę rozkładu miąższości i zawartości miedzi w złożu. Tego typu konstrukcje prezentują geometryczny obraz budowy złoża i umożliwiają wyciągnięcie szeregu wniosków, mimo że nie są

obrębie. Przyjęto dla nich regularne kształty geometryczne i stałą powierzchnię 10 000 m² (fig. 2). Dla wymienionych pól obliczone zostały średnie wartości parametrów złoża z uwzględnieniem podziału na serie litologiczne, a także współczynniki zmienności. W oparciu o uzyskane wyniki dokonano porównań mających na celu określenie, w jakim stopniu średnie wartości w losowo wybranych polach mogą być reprezentatywne dla całego bloku eksploatacyjnego oraz jaki wpływ na uzyskane wyniki ma budowa litologiczna złoża.

W trakcie udostępniania złoża wyrobiskami górniczymi niezwykle istotną rolę odgrywa ocena wiarygodności geologicznego rozpoznania określonego bloku na podstawie informacji uzyskanych z opróbowania w wyrobiskach znajdujących się na konturze. W celu ustalenia zależności pomiędzy dokładnością rozpoznania bloku w oparciu o wszystkie

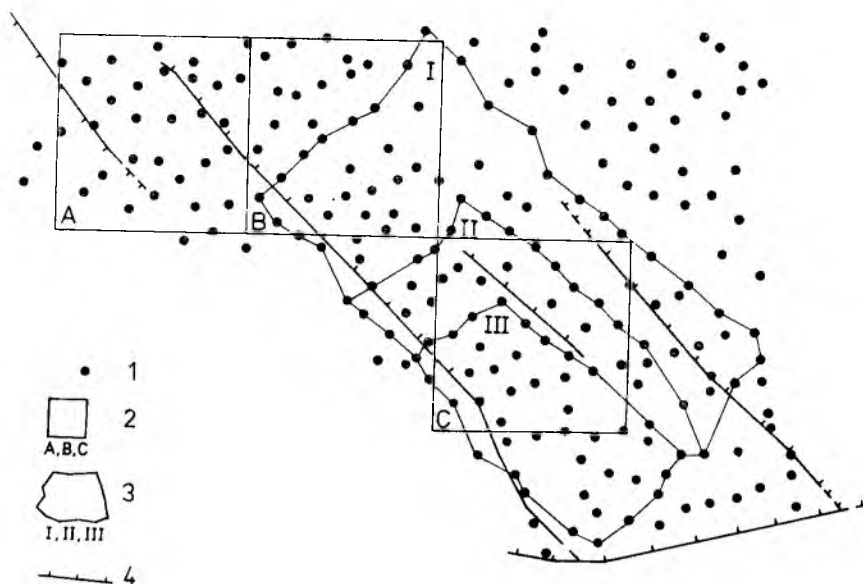


Fig. 2

Szkic rozmieszczenia pól obliczeniowych w bloku P

1 – miejsca pobrania próbek bruzdowanych; 2 – pola o powierzchni 10 000 m²; 3 – pola, w oparciu o które określono wiarygodność rozpoznania złoża na podstawie opróbowania konturów; 4 – uskoki

A sketch of distribution of computation fields in block P

1 – sites of groove-sampling; 2 – areas of 10 000 m²; 3 – fields used to evaluation of the accuracy of deposit exploration, on the basis of sampling along outlines of these fields; 4 – faults

próbki bruzdowe i próbki znajdujące się na konturze, dokonano porównania średnich wartości parametrów złoża oraz współczynników zmienności. Do badań typowano pola o zróżnicowanej wielkości powierzchni, znajdujące się w obrębie bloków eksploatacyjnych. Kierowano się przy tym zasadą, aby część złoża objęta granicami mniejszego pola w całości znajdowała się w obrębie pola większego. Przeprowadzone obliczenia umożliwiły określenie związku pomiędzy wielkością powierzchni a wiarygodnością rozpoznania.

Obliczenia średnich, geologicznych parametrów złoża oraz parametrów statystycznych wykonane zostały na e.m.c. Odra 1325. Miąższość złoża określano jako średnią arytmetyczną, natomiast zawartość Cu jako średnią ważoną. Spośród parametrów statystycznych w rozważaniach nad zmiennością złoża uwzględniono: wariancję (S^2), odchylenie standardowe (S) oraz współczynniki zmienności: miąższości (V_m), zawartości Cu (V_p) i wydajności metalu (V_q). Przy ich obliczaniu posłużono się wzorami stosowanymi do rozwiązywania zagadnień metodyki opróbowania i dokumentowania złóż (Krajewski 1962; Piątkowski 1962, 1966; Nieć 1964, 1965).

Parametry statystyczne wykorzystano do obliczenia reprezentatywnej ilości próbek w bloku eksploatacyjnym, odstępów pomiędzy próbkami, względnej i bezwzględnej dokładności szacowania zasobów oraz przedziałów ufności dla zasobów przy różnych

wariantach rozrzedzenia próbek. Obliczeń tych dokonano w oparciu o następujące wzory: reprezentatywna ilość próbek bruzdowych w bloku eksploatacyjnym przy dokładności ustalania zasobów $\pm 10\%$ i prawdopodobieństwie 0,95 (n)

$$n = \frac{4 V_q^2}{100}; \quad (1)$$

odległość pomiędzy próbkami bruzdowymi w określonym bloku przy założeniu kwadratowej sieci opróbowania (1):

$$l = \sqrt{\frac{F}{n}}; \quad (2)$$

względna dokładność obliczenia zasobów metalu (ε_n):

$$\varepsilon_n = \pm V_{Q_{Cu}}; \quad (3)$$

gdzie $V_{Q_{Cu}}$ współczynnik zmienności zasobów metalu:

$$V_{Q_{Cu}} = V_q \frac{1}{\sqrt{n}}; \quad (4)$$

bezwzględna dokładność obliczenia zasobów metalu (ε):

$$\varepsilon = \pm t S_{Q_{Cu}}; \quad (5)$$

gdzie $S_{Q_{Cu}}$ — odchylenie średnie:

$$S_{Q_{Cu}} = F \frac{S_{q_{Cu}}}{\sqrt{n}}; \quad (6)$$

przedział ufności dla obliczonych zasobów:

$$P \{Q - E < Q_a < Q + \varepsilon\} = \alpha. \quad (7)$$

Oznaczenia symboli we wzorach: V_q — współczynnik zmienności wydajności metalu z $1m^2$, F — powierzchnia badanego bloku, n — liczba obserwacji (próbek), $t = 2$ — współczynnik ufności przy prawdopodobieństwie 0,95, $S_{q_{Cu}}$ — odchylenie standardowe wydajności metalu, α — prawdopodobieństwo 0,95, Q_a — rzeczywiste zasoby metalu, Q — obliczone zasoby metalu.

Ponadto dla oceny wpływu zmienności złoża na gęstość sieci opróbowania przeprowadzono badania za pomocą testu D Smirnowa—Kołogomorowa. Tego typu analiza dokonana została przez Góreckiego i Niecia (1972) dla określenia reprezentatywnej gęstości sieci wierceń na złożu siarki w Tarnobrzegu. Zastosowanie testu D eliminuje błędy wynikające z subiektywnej oceny geologa dokonującego interpretacji map warstwicznych, obrazujących rozkład określonych parametrów złożowych. W celu porównania wyników opróbowania złoża przy

różnych rozstawach próbek skonstruowano mapy warstwiczne wydajności metalu z $1m^2$, uwzględniając wszystkie próbki oraz sieć rozrzedzoną do około 30 i 50 m. Dla profilów złoża wyeliminowanych w wyniku rozrzedzenia sieci przyjęto wydajność metalu wyinterpolowaną z map warstwicznych przy rozstawie próbek bruzdowych około 30 i 50 m. W efekcie, w każdym z wariantów uczestniczy identyczna ilość informacji, lecz o różnym stopniu dokładności określenia badanego parametru. Zbiory liczb, reprezentujące określoną wydajność metalu w poszczególnych punktach opróbowania, dla każdej kombinacji rozstawu próbek, podzielono na klasy w przedziałach co 20 jednostek. W oparciu o wyliczone dla poszczególnych klas częstości względne skonstruowano histogramy wydajności. Porównywane za pomocą testu Smirnowa—Kołogomorowa rozkłady uznaje się za podobne, jeśli różnica skumulowanych częstości klas w analizowanych zbiorach nie przekracza wartości D obliczonej ze wzoru, który dla poziomu istotności 0,05 przyjmuje postać:

$$D = 1,358 \sqrt{\frac{n_x + n_y}{n_x n_y}}, \quad (8)$$

gdzie n_x , n_y — ilości obserwacji w porównywanych zbiorach.

GEOLOGICZNA I STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW OPRÓBOWANIA W BLOKU P

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA

Przedmiotem rozważań jest obszar złoża o powierzchni około $68\,000\,m^2$, od południa ograniczony uskokiem o orientacji ENE—WSW i zrzucie około 30 m, natomiast od południowego zachodu strefą mineralizacji pozabilansowej. Pozostałe granice wyznaczają linie wyrobisk górniczych.

Złoże ma rozciągłość NW—SE i zapada na północny zachód pod kątem dochodzącym do 10° . Wymieniony uskoki o kierunku ENE—WSW stanowi strefę tektoniczną o dominującym znaczeniu na obszarze kopalni „Polkowice”. Dyslokacja ta ma charakter inwersyjny. Ponadto w obrębie pola eksploatacyjnego występują drobne uskoki o przebiegu NW—SE i zrzutach od 0,5 do 2,5 m (fig. 2).

Bilansowe okruszczowanie siarczkami miedzi związane jest z trzema typami litologicznymi skał, tj. piaskowcami, łupkami i dolomitami. W wymienionych poziomach pionowy zasięg strefy mineralizacji charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem. Pełny profil geologiczny złoża reprezentowany jest przez

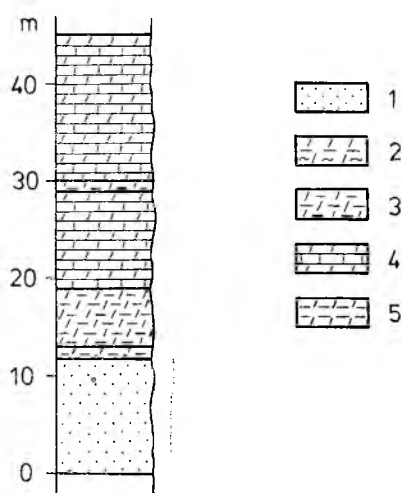


Fig. 3

Profil litologiczny złoża w bloku P

1 — piaskowce; 2 — łupek dolomitowo-ilasty; 3 — dolomit smugowany;
4 — dolomit wapiński; 5 — dolomit laminowany

Lithologic vertical section through block P

1 — sandstones; 2 — dolomitic-clayey shales; 3 — streaky dolomites; 4 — limy dolomites; 5 — laminated dolomites

następujące utwory (fig. 3):

skład litologiczny	średnia miąższość w m
dolomit wapnisty	1,50
dolomit laminowany	0,10
dolomit wapnisty	1,00
dolomit smugowany	0,60
łupek dolomitowo-ilasty	0,12
piaskowiec	1,17

Bilansowo okruszczowane piaskowce reprezentowane są głównie w sąsiedztwie południowej granicy rozpatrywanego bloku. Miejscami osiągają one znaczną miąższość dochodzącą do 5,0 m (fig. 4). Przestrzenny zasięg zmineralizowanych piaskowców wyznaczają granice o urozmaiconej morfologii zarówno jeśli chodzi o rozprzestrzenienie poziome, jak i konfigurację spągu tych utworów. Łupki miedzionośne

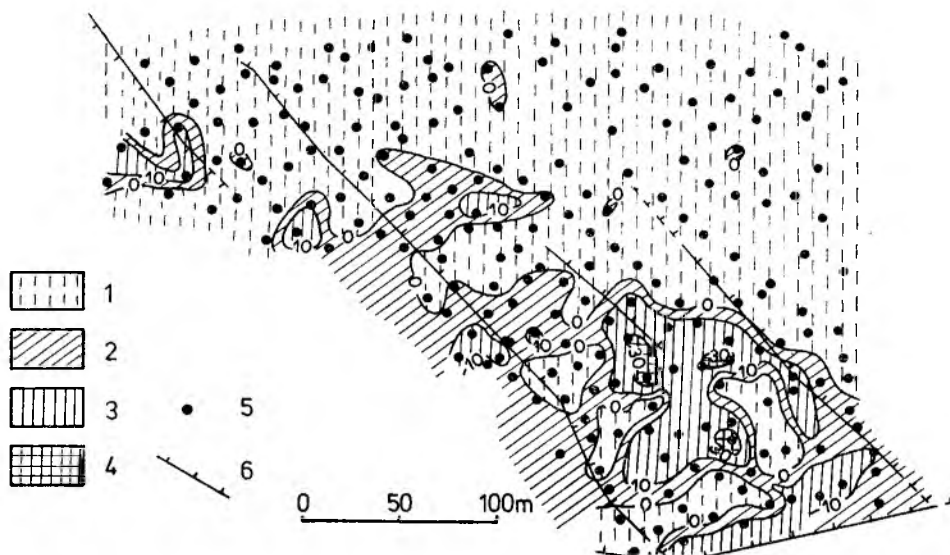


Fig. 4

Mapa izopachyt bilansowo okruszczowanych piaskowców w bloku P

1 – obszar, na którym nie występują bilansowo okruszczowane piaskowce; 2 – piaskowce o miąższości 0–10; 3 – piaskowce o miąższości 10–30; 4 – piaskowce o miąższości powyżej 30; 5 – miejsca pobrania próbek bruzdowych; 6 – uskoki

Map of isopachytes of commercially mineralized sandstones in block P

1 – region out of commercially mineralized sandstones; 2 – sandstones of thickness of 0–10; 3 – sandstones having thickness of 10–30; 4 – sandstones having thickness above 30; 5 – sites of groove-sampling; 6 – faults

(Na wszystkich figurach zamieszczonych w artykule wartości parametrów złoża podano w jednostkach umownych)

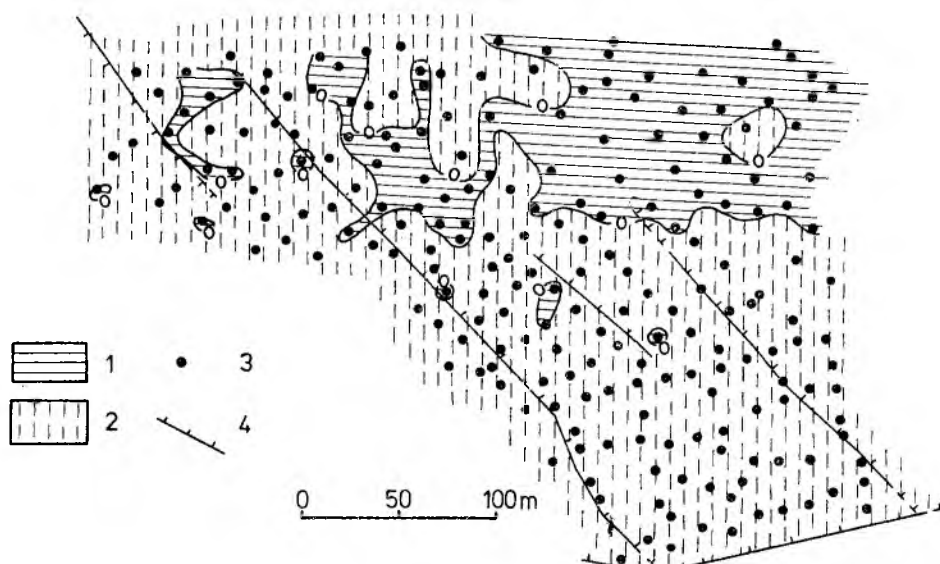


Fig. 5

Mapa zasięgu łupków miedzionośnych w bloku P

1 – obszar występowania łupków miedzionośnych; 2 – obszar, na którym nie występują łupki miedzionośne; 3 – miejsca pobrania próbek bruzdowych; 4 – uskoki

Map of occurrence of copper-bearing shales in block P

1 – region of occurrence of copper-bearing shales; 2 – region short of copper-bearing shales; 3 – sites of groove-sampling; 4 – faults

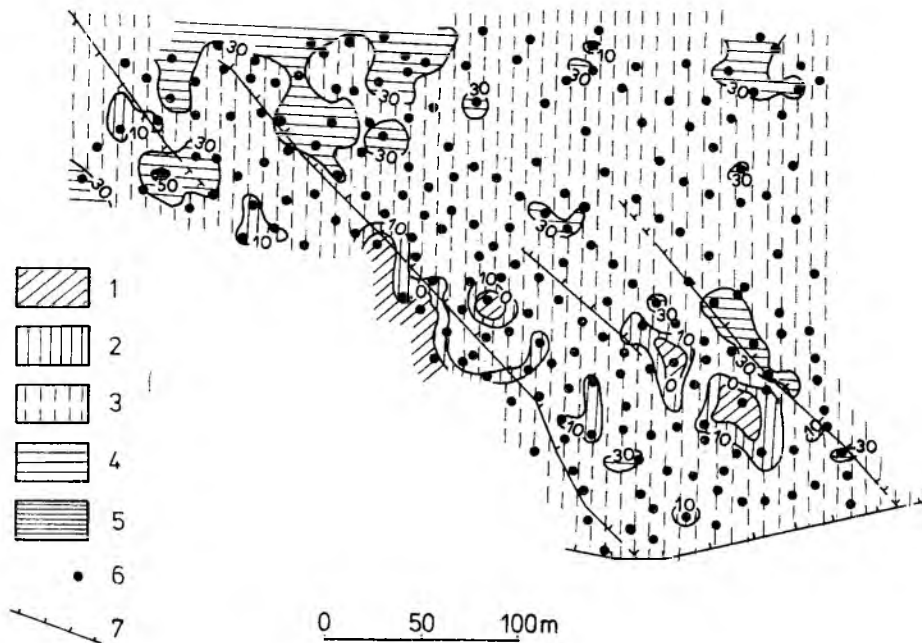


Fig. 6

Mapa izopachyt bilansowo okruszczowanych dolomitów w bloku P

1 — obszar, na którym nie występują okruszczowane dolomity; 2 — dolomity o miąższości 0–10; 3 — dolomity o miąższości 10–30; 4 — dolomity o miąższości 30–50; 5 — dolomity o miąższości powyżej 50; 6 — miejsca pobrania próbek bruzdowych; 7 — uskoki

Map showing isopachytes of dolomites having commercial ore body in block P

1 — region short of mineralized dolomites; 2 — dolomites of thickness of 0–10; 3 — dolomites of thickness 10–30; 4 — dolomites of thickness of 30–50; 5 — dolomites of thicknesses exceeding 50; 6 — sites of groove-sampling; 7 — faults

mają niewielką miąższość i ograniczony zasięg przestrzenny. Bilansowe zawartości miedzi w łupkach występują wyłącznie w północnej części badanego bloku (fig. 5). Jest to obszar, na którym brak jest zarazem okruszczowanych piaskowców. Najbardziej stały charakter ma mineralizacja w dolomitach (fig. 6). Wyrazem tego są najmniejsze wahania miąższości złożeń w tych utworach oraz równomierne ich rozprzestrzenienie w poziomie.

OCENA PARAMETRÓW ZŁOŻA PRZY ROZRZEDZONYCH SIECIACH OPRÓBOWANIA

Na podstawie wyników opróbowania dokonano obliczenia średnich wartości miąższości i okruszczowania złożeń oraz wydajności rudy i metalu z 1 m². Te same wartości zostały określone przy rozrzedzonych rozstawach próbek bruzdowych do około 30 i 50 m, według zasad przedstawionych w rozdziale dotyczącym metodyki badań.

Wielkości odchylenia średnich wartości parametrów złożeń, określonych dla wariantów 30 i 50 m w stosunku do średnich wyznaczonych na podstawie wyników aktualnego opróbowania, wykazują znaczne wahania zarówno w przypadku poszczególnych parametrów złożeń, jak i różnych wariantów obliczeń (tab. 4). Przy założonej sieci opróbowania około 30×30 m wahania błędów, jak również błąd średni

są z reguły mniejsze aniżeli przy rozstawie próbek około 50 m. W poszczególnych wariantach obliczeń obserwuje się jednak odstępstwa od tej zasady. Szczególnie wyraźnie zarysowuje się to w odniesieniu do średniego okruszczowania złożeń (tab. 4). Jest to konsekwencją zbyt małej ilości kombinacji obliczeń sieci opróbowania stosowanej aktualnie w kopalniach rud miedzi monokliny przedsudeckiej, a więc w przybliżeniu 15×15 m, ilość tego typu kombinacji na określonej powierzchni była ograniczona tylko do takiej, przy której nie następowało eliminowanie skrajnych linii próbek. W efekcie w rozpatrywanych blokach uzyskano po 5 zbiorów próbek, reprezentowanych przez bardzo zbliżone lub identyczne ilości punktów rozpoznania.

Zarówno w przypadku sieci opróbowania o boku około 30 m, jak i około 50 m błąd w określeniu średniej wydajności metalu z 1 m² jest wyraźnie mniejszy aniżeli średniej miąższości złożeń i zawartości miedzi. Oznacza to, że błędy w określeniu miąższości i zawartości miedzi w pewnym stopniu wzajemnie się niwelują. Ponadto wskazuje to na istnienie odwrotnej zależności pomiędzy miąższością złożeń a zawartością miedzi — zmniejszeniu miąższości towarzyszy wzrost okruszczowania. Powyższa zależność ma charakter ogólny i niekoniecznie musi być prawdziwa dla określonych, mniejszych zbiorów próbek.

Tabela 4

Procentowe odchylenia parametrów złoża w bloku P przy rozrzedzonych sieciach opróbowania (za 100% przyjęto wartości parametrów złoża obliczone na podstawie wszystkich próbek bruzdowych)

Rozstaw próbek bruzdowych	Ilość próbek bruzdowych	Średnia miąższość				Średnia zawartość Cu				Wydajność z 1 m ²	
		interwału bilansowego	serii			interwału bilansowego	serii			rudy	metal
			piaskowcowej	łupkowej	węglanowej		piaskowcowej	łupkowej	węglanowej		
Okolo 30 m											
wariant I	92	-6,6	-5,1	0	-3,3	+4,4	+4,5	+14,3	+2,5	-6,6	-2,5
II	90	-1,6	-9,4	0	-0,9	+5,2	+4,5	+1,0	+4,2	-1,3	+3,5
III	89	-2,7	+12,0	+16,7	-0,5	+4,4	-2,3	+16,0	+2,5	-2,9	+1,3
IV	88	-3,1	+0,9	+25,0	-3,8	+7,4	-0,8	+9,9	+4,2	-2,8	+3,8
V	89	-5,5	-2,6	+25,0	-4,2	+6,7	+3,0	+13,1	+4,2	-5,0	+1,4
Okolo 50 m											
wariant I	40	+0,4	+4,3	+50,0	+7,5	+2,2	-3,0	+7,6	-8,0	+0,6	+2,5
II	38	-6,6	-11,1	+41,7	-4,2	+2,2	0	+10,8	+0,8	-6,3	-4,2
III	38	+1,6	+17,9	0	-3,3	+2,2	-20,5	-12,3	+5,8	+1,2	+3,2
IV	38	+5,1	+9,0	+16,7	+2,3	+3,7	-6,8	+20,1	-1,7	+4,4	+7,9
V	38	-10,2	-14,5	+16,7	-5,6	+11,1	-6,8	+28,2	+5,8	-9,5	+0,5

Przy założeniu odległości pomiędzy poszczególnymi próbkami bruzdowymi około 30 m, we wszystkich wariantach obliczeń dokładność określenia parametrów złoża nie przekracza dopuszczalnego błędu $\pm 10\%$, jaki przyjmowany jest dla rozpoznania złoża w kategorii A (Krajewski 1956). Powyższe stwierdzenie prawdziwe jest jednak tylko przy założeniu, że aktualna gęstość opróbowania zapewnia wiarygodne rozpoznanie złoża. Uzyskana dokładność odnosi się wyłącznie do średnich wartości obejmujących cały profil złoża. W przypadku poszczególnych serii litologicznych wielkości odchyień dość często przekraczają $\pm 10\%$. Szczególnie wyraźnie zaznacza się to w odniesieniu do łupków i piaskowców (tab. 4). Mimo dużych odchyień wartości parametrów złoża w poszczególnych seriach litologicznych, średnia miąższość i zawartość metalu w łącznym profilu nieznacznie odbiegają od wielkości określonych na podstawie wszystkich próbek bruzdowych. Jest to wyrazem pewnej kompensacji, jaka ma miejsce we wzajemnych relacjach miąższości i okruszczenia w piaskowcach, łupkach i dolomitach. Niedoborom miąższości lub zawartości Cu w jednych utworach towarzyszy przyrost tych wielkości w drugim poziomie litologicznym.

Mapy warstwiczne parametrów złoża w bloku P wskazują na większe zróżnicowanie miąższości aniżeli zawartości miedzi. Ponadto wynika z nich, że zmiany tych parametrów nie noszą cech określonej kierunkowości i uporządkowania. Maksymalne i minimalne wartości miąższości tworzą pewne centra nieregularnie rozmieszczone, nierzadko w bezpośrednim sąsiedztwie. W licznych przypadkach punkty

o miąższości złoża różniące się między sobą trój- do pięciokrotnie znajdują się w odległości od 20 do 40 m (fig. 7a). Najczęściej, największe miąższości złoża związane są z obszarem występowania mineralizacji w piaskowcach (fig. 4). Towarzyszy temu na ogół obniżenie pionowego zasięgu okruszczenia w utworach wapienno-dolomitowych. Ogólna dla całego złoża prawidłowość, wyrażająca się małym udziałem mineralizacji w węglanach lub jej brakiem w rejonach o znacznym zasięgu pionowym okruszczenia w piaskowcach, potwierdza się tutaj w mezoskali, w odniesieniu do niewielkich wycinków złoża.

Mapy miąższości złoża wykonane dla różnych rozstawów próbek wykazują znaczne analogie w rozkładzie izolinii przy aktualnie stosowanej sieci opróbowania oraz rozrzedzonej około 30 m (fig. 7b). W obu przypadkach zachowana jest większość centrów odpowiadających zarówno wartościom maksymalnym, jak i minimalnym. Rozrzedzenie opróbowania wpływa natomiast na zmianę kształtu i wielkości powierzchni reprezentujących określone interwały miąższości. Graficzny obraz miąższości złoża, uzyskany na podstawie próbek bruzdowych rozmieszczonych w odstępach około 50 m (fig. 7c), odbiega znacznie od rzeczywistych wyników opróbowania. Przejawia się to zarówno brakiem szeregu powierzchni o ekstremalnych wartościach miąższości, jak również istotnymi zmianami przestrzennego zasięgu poszczególnych interwałów miąższości.

Zmiany mineralizacji posiadają charakter bardziej łagodny (fig. 8a). Próbkami o maksymalnych i minimalnych zawartościach Cu bezpośrednio ze sobą nie sąsiadują. Najniższe okruszczenie koncentruje

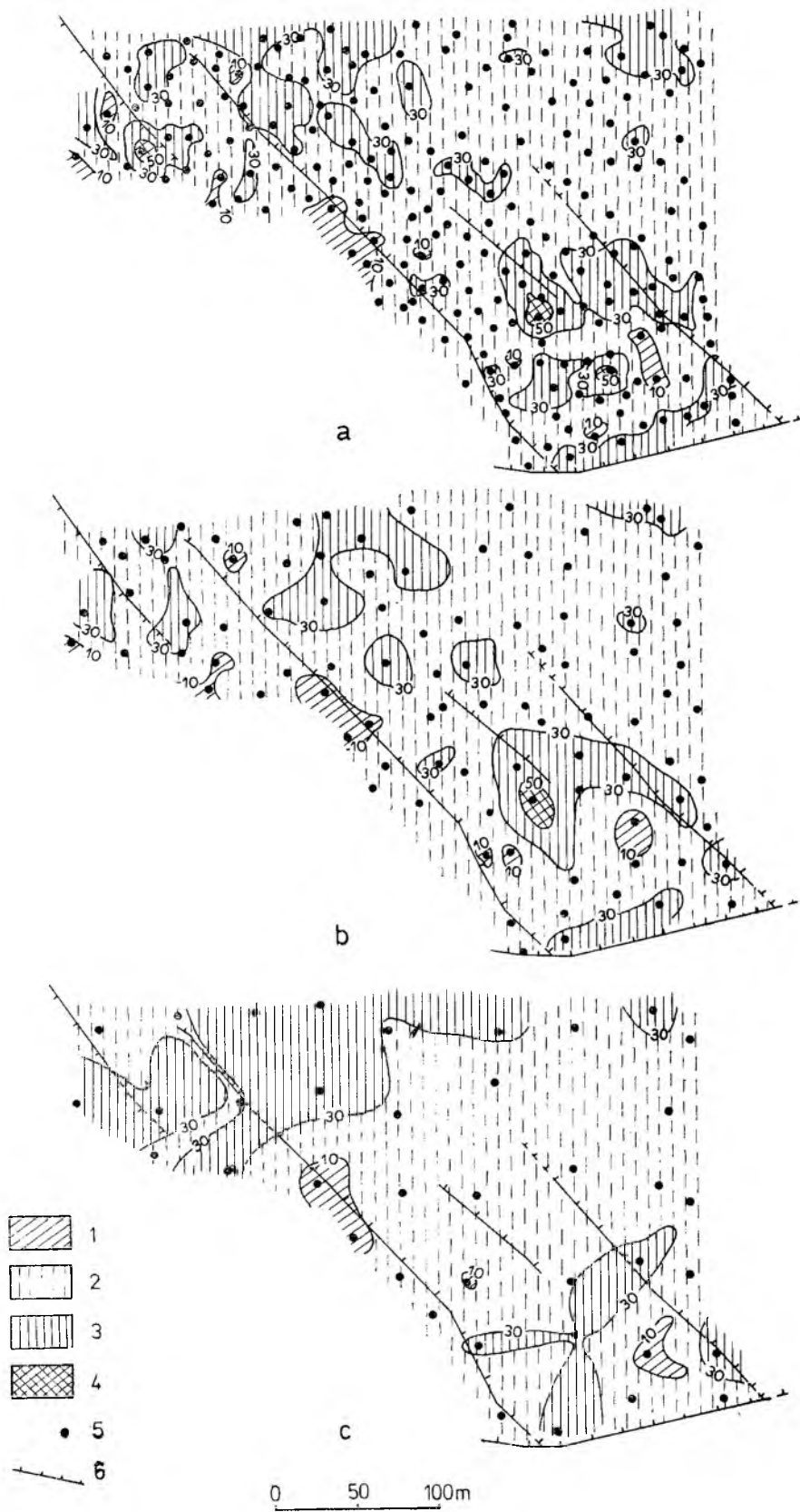


Fig. 7

Mapy izopachyt złoże w bloku P: *a* — na podstawie aktualnego opróbowania; *b* — przy rozstawie próbek bruzdowych około 30 m; *c* — przy rozstawie próbek bruzdowych około 50 m

1 — złoże o miąższości poniżej 10; 2 — złoże o miąższości 10–30; 3 — złoże o miąższości 30–50; 4 — złoże o miąższości powyżej 50; 5 — miejsca pobrania próbek bruzdowych; 6 — uskoki

Map showing isopachytes of deposit in block P: *a* — according to the present sampling; *b* — if groove-sampling at every 30 m; *c* — if groove-sampling at every 50 m

1 — thickness of deposit below 10; 2 — thickness of deposit amounting 10–30; 3 — deposit of thickness of 30–50; 4 — deposit having thickness over 50; 5 — sites of groove-sampling; 6 — faults

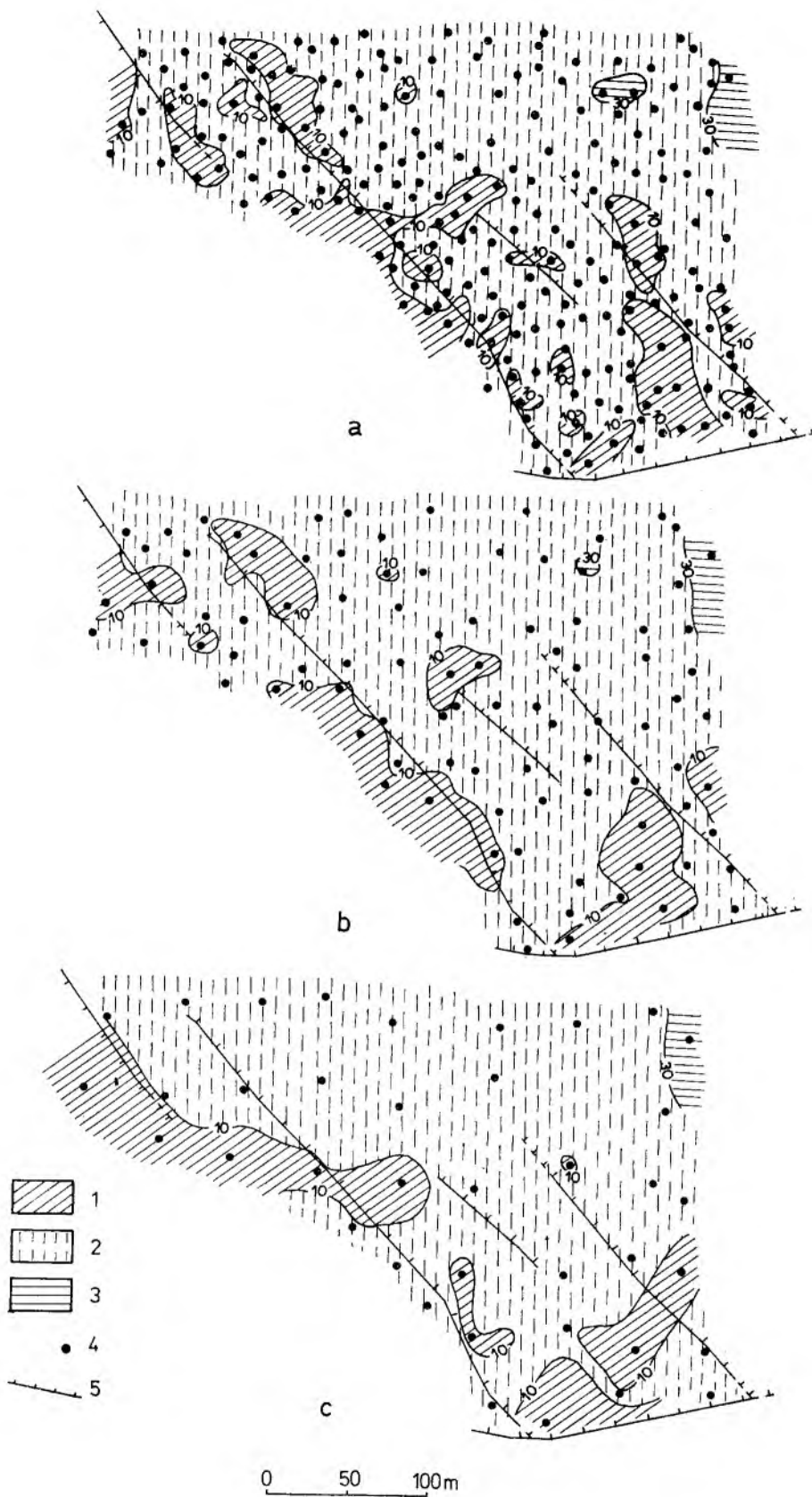


Fig. 8

Mapy okruszcowania miedzią w bloku P: *a* – na podstawie aktualnego opróbowania; *b* – przy rozstawie próbek bruzdowych około 30 m; *c* – przy rozstawie próbek bruzdowych około 50 m

1 – złożo o zawartości Cu poniżej 10; 2 – złożo o zawartości Cu 10–30; 3 – złożo o zawartości Cu powyżej 30; 4 – miejsca pobrania próbek bruzdowych; 5 – uskoki

Map showing copper mineralization in block P: *a* – according to the present sampling; *b* – if groove-sampling at every 30 m; *c* – if groove-sampling at every 50 m

1 – deposit having Cu content below 10; 2 – deposit having Cu content of 10–30; 3 – deposit having Cu content over 30; 4 – sites of groove-sampling; 5 – faults

się przede wszystkim w południowo-zachodniej i południowej części badanego bloku, najwyższe zaś w północno-wschodniej. Prawidłowość ta przejawia się we wszystkich trzech wariantach rozstawu próbek, tj. około 15, 30 i 50 m. Układ izolinii w wersji o największych odstępach pomiędzy próbkami, mimo daleko posuniętej generalizacji, wykazuje większe podobieństwo z wynikami aktualnego opróbowania, aniżeli miało to miejsce w przypadku miąższości złoże. Dla wszystkich trzech kombinacji rozstawu próbek bruzdowych określone zostały współczynniki zmienności miąższości złoże, zawartości miedzi i wydajności metalu z 1 m² (tab. 5). Poza przypadkiem

Tabela 5
Współczynniki zmienności parametrów złoże w bloku P przy różnych rozstawach próbek bruzdowych

Rozstaw próbek w m	Współczynnik zmienności w %		
	miąższości V_m	zawartości V_p	wydajności Cu V_q
18	42,3	41,5	54,5
≈ 30	46,0	44,9	61,8
≈ 50	42,1	50,7	64,3

dotyczącym rozrzedzenia sieci opróbowania do około 50 m, w pozostałych współczynnik zmienności miąższości jest nieco większy od współczynnika zmienności mineralizacji. Potwierdza się więc zależność, jaka została zaobserwowana w oparciu o mapy warstwiczne parametrów złoże. Wyraźnie wyższe wartości osiąga natomiast współczynnik zmienności wydajności metalu z 1 m².

OCENA PARAMETRÓW ZŁOŻA W WYBRANYCH POLACH

Przedmiotem analizy były średnie wartości parametrów złoże w polach A, B i C, z których każde reprezentuje powierzchnię 10 000 m² (fig. 2). Uzys-

kane dla rozpatrywanych pól wyniki wskazują na znaczne zróżnicowanie zarówno miąższości, jak i zawartości miedzi w stosunku do średnich wartości dla całego bloku P (tab. 6).

Największą zbieżność wyników uzyskano w przypadku pola C. Znajduje się ono w części złoże o znacznym udziale mineralizacji w piaskowcach, wyrazem czego jest znaczny wzrost miąższości tych utworów w stosunku do średniej dla całego bloku. Towarzyszy temu zmniejszenie się interwału bilansowego okruszczenia w dolomitach. Ta odwrotna zależność pomiędzy pionowym zasięgiem mineralizacji w piaskowcach i skałach węglanowych, w omawianym przypadku, daje w efekcie dużą zbieżność wyników z danymi uzyskanymi z całego bloku P. Podobnie kształtują się zależności w odniesieniu do zawartości miedzi tak w poszczególnych seriach litologicznych, jak i łącznym profilu złoże (tab. 6).

W polach A i B odchylenia średnich od wartości obliczonych dla całego obszaru bloku P są znacznie większe. Obydwie rozpatrywane powierzchnie zlokalizowane są w części złoże, w której mineralizacja w piaskowcach i łupkach reprezentowana jest w izolowanych od siebie płatach (fig. 4, 5). W przypadku pola A większą zbieżność w stosunku do całości bloku P wykazuje miąższość, natomiast odchylenie średniej zawartości miedzi przekracza — 14%. Zachowana jednak zostaje żądana dokładność dla określenia średniej wydajności rudy i metalu z 1 m², tzn. odchylenie nie przekracza ±10%. W polu B większą różnicę w stosunku do średniej dla bloku P wykazuje miąższość złoże aniżeli zawartość metalu. Zarówno miąższość, jak i wydajność rudy i metalu osiągają odchylenia przewyższające dopuszczalny błąd w szacowaniu zasobów dla rozpoznania kopaliny w kategorii A. Wyniki rozpoznania złoże w polu B nie są więc reprezentatywne dla rozpatrywanego bloku P.

Przytoczone przykłady wskazują, że jakościowa ocena określonych bloków złoże, na podstawie

Tabela 6
Procentowe odchylenia parametrów złoże w polach A, B i C w stosunku do całości bloku P (powierzchnia każdego pola wynosi 10 000 m²)

Symbol pola	Ilość próbek	Średnia miąższość				Średnia zawartość Cu				Wydajność z 1 m ²	
		interwału bilansowego	serii			interwału bilansowego	serii			rudy	metal
			piaskowcowej	łupkowej	węglanowej		piaskowcowej	łupkowej	węglanowej		
A	30	+7,4	+9,4	-45,8	+17,8	-14,8	-29,5	-52,5	-5,0	+9,0	-7,2
B	33	+10,6	-39,3	-16,7	+20,7	-0,7	+53,8	-39,8	0	+12,3	+11,1
C	33	+1,6	+40,2	+33,3	-16,9	0	+12,1	-52,6	-2,5	+3,4	-1,4

rozpoznania pól o powierzchni kilkakrotnie mniejszej, nie jest na ogół wiarygodna, a uzyskane wyniki mają charakter przypadkowy. Mimo, że rozpatrywane pola A, B i C bezpośrednio ze sobą sąsiadują, dość znaczne różnice obserwuje się także pomiędzy współczynnikami zmienności parametrów każdego z nich (tab. 7). W przypadku pola B wartości ich

Tabela 7
Współczynniki zmienności parametrów złoża w polach A, B i C

Symbol pola	Współczynnik zmienności w %		
	miąższości V_m	zawartości V_p	wydajności Cu V_q
A	43,7	36,8	47,8
B	30,1	23,3	38,8
C	40,4	23,6	49,7

w odniesieniu do miąższości i wydajności Cu są wyraźnie mniejsze aniżeli w pozostałych polach. Wzajemne relacje pomiędzy współczynnikami zmienności miąższości (V_m), zawartości (V_p) i wydajności miedzi z 1 m² (V_q) wyrażają się formułą $V_q > V_m > V_p$. Zmienność złoża w omawianych polach, wyrażona za pomocą współczynników, jest mniejsza aniżeli w całym bloku P, przy czym głównie odnosi się to do procentowej zawartości Cu i wydajności metalu z 1 m². Jeszcze większe różnice zaznaczają się w stosunku do całego obszaru złoża (Nieć 1964). Ujawnia się więc zależność pomiędzy wielkością współczynników zmienności a rozmiarem rozpatrywanej powierzchni.

WIARYGODNOŚĆ ROZPOZNANIA ZŁOŻA W BLOKU GEOLOGICZNYM NA PODSTAWIE OPRÓBOWANIA JEGO KONTURU

Analizę wiarygodności rozpoznania złoża w bloku na podstawie opróbowania jego konturu przeprowadzono w oparciu o 3, zróżnicowane co do wielkości

pola, znajdujące się w obrębie bloku P (fig. 2). Dla każdego z nich dokonano obliczeń średnich parametrów złoża ze wszystkich próbek bruzdowych położonych na powierzchni danego pola oraz rozmieszczonych na odpowiadającym mu konturze.

Pole I obejmuje największą powierzchnię — 31 000 m². Próbki znajdujące się na konturze stanowią 33% łącznej ilości próbek w całym polu. Średnia zawartość metalu, wyznaczona na podstawie próbek bruzdowych położonych na konturze, jest zbieżna z wynikiem uzyskanym przy uwzględnieniu wszystkich próbek w polu (tab. 8). Natomiast miąższość złoża rozpoznana na konturze jest mniejsza od średniej dla całego pola o 0,48 m. Różnica ta przede wszystkim związana jest z pojawieniem się wewnątrz pola bilansowego okruszczenia w piaskowcach o miąższości przekraczającej blisko dwukrotnie wartość średnią określoną dla konturu. W efekcie, względny błąd obliczenia zasobów wyrażony w procentach wynosi dla zasobów rudy —17,7%, a dla zasobów metalu —17,8%.

Analogiczne różnice pomiędzy wielkością parametrów, określonych na podstawie wszystkich próbek oraz próbek znajdujących się na konturze, występują w polu II. Nieco mniejsze odchylenie obserwuje się w przypadku miąższości, natomiast wyraźniejsza różnica zaznacza się w odniesieniu do zawartości miedzi (tab. 8). Błąd oszacowania zasobów rudy i metalu przekracza 10%, a więc również w tym przypadku opróbowanie konturu bloku nie dostarcza wiarygodnych informacji o złożu.

Dostateczną zbieżność wyników reprezentujących średnie parametry złoża określone na podstawie rozpoznania konturu i całej powierzchni stwierdzono w polu III (tab. 8). Próbki znajdujące się na konturze stanowią 50% ogólnej ilości próbek rozmieszczonych w całym polu. Powierzchnia omawianego pola wynosi około 8 000 m². Jest to obszar na tyle mały, że uzyskana zgodność obliczeń nie ma praktycznego znaczenia ani dla dokumentacji złoża, ani planowania eksploatacji.

Tabela 8
Procentowe odchylenia średnich parametrów złoża na konturach pól w stosunku do całej powierzchni (za 100% przyjęto wartości parametrów obliczonych dla poszczególnych pól)

Symbol pola	Powierzchnia pola	Ilość próbek		Średnia miąższość			Średnia zawartość Cu			Wydajność z 1 m ²			
		w polu	na konturze	interwału bilansowego	serii			interwału bilansowego	serii			rudy	metal
					piaskowcowej	łupkowej	węglanej		piaskowcowej	łupkowej	węglanej		
I	31033	122	40	-19,2	-42,6	0	-5,6	0	-16,3	+49,6	+0,9	-17,7	-17,8
II	15384	72	30	-15,5	-34,0	-30,8	+3,4	-4,3	-3,0	-42,8	-1,8	-13,7	-17,9
III	8462	42	21	+0,8	-6,8	0	+6,0	+1,7	+5,8	0	-0,9	+0,7	+2,1

Określenie średnich parametrów złoża w polach I, II i III stwarza także możliwość dokonania oceny w jakim stopniu wielkości te, przy zwiększającej się powierzchni pól, zbliżają się do średnich parametrów złoża w całym bloku P. Wyniki, jakie uzyskano (tab. 9) wskazują, że nawet znacznemu zwiększeniu

Tabela 9

Procentowe odchylenia parametrów złoża w polach I, II i III w stosunku do całego bloku P

Symbol pola	Średnia miąższość	Średnia zawartość Cu	Wydajność z 1 m ²	
			rudy	metal
I	-2,3	-8,9	-3,5	-12,2
II	-1,6	-13,3	-3,9	-16,6
III	+4,7	-13,3	+1,1	0

powierzchni niekoniecznie musi towarzyszyć wzrost reprezentatywności rozpoznania większego obszaru. W omawianym przypadku wydajność rudy i metalu z 1 m² w polu o najmniejszej powierzchni, jest najbardziej zbliżona do wartości średniej w całym bloku P. Natomiast pola I i II, reprezentujące większe powierzchnie w stosunku do pola III, charakteryzują się średnią wydajnością metalu, której odchylenia określone w odniesieniu do wielkości obliczonej dla bloku P przekraczają 10%.

Ponadto analiza wyników opróbowania w polach I, II i III posłużyła do wyznaczenia współczynników zmienności parametrów złoża dla odpowiadających wyżej wymienionym polom powierzchni oraz konturów (tab. 10). Wartości współczynników zmienności wykazują dość duże zróżnicowanie, przy czym dotyczy to zwłaszcza wielkości określonych dla konturów pól. Współczynniki zmienności V_p , V_m i V_q , obliczone dla poszczególnych pól, są na ogół mniejsze aniżeli dla odpowiadających im konturów. We wszystkich przypadkach współczynnik zmienności miąższości znacznie przewyższa współczynnik za-

Tabela 10

Współczynniki zmienności parametrów złoża obliczone dla pól I, II i III oraz ich konturów

Symbol pola	Współczynnik zmienności w %		
	miąższości V_m	zawartości V_p	wydajności Cu V_q
pole I	45,9	30,1	53,0
kontur	49,5	34,3	61,1
pole II	50,6	30,0	57,6
kontur	53,3	33,9	66,0
pole III	48,9	22,8	55,1
kontur	40,0	25,1	49,4

wartości miedzi. Mimo, że współczynniki zmienności odnoszone do większych obszarów złoża wykazują tendencję wzrostu, prawidłowości tej nie zaobserwowano w przypadku rozpatrywanych pól. Przypuszczalnie wynika to ze zbyt małego zróżnicowania wielkości powierzchni pomiędzy polami I, II i III.

STATYSTYCZNE WYZNACZENIE GĘSTOŚCI SIECI OPRÓBOWANIA

W oparciu o wzory (1) i (2), przytoczone w rozdziale dotyczącym metodyki badań, w bloku P określono minimalną reprezentatywną ilość próbek bruzdowych oraz średni rozstaw między nimi. Przyjmując współczynnik zmienności wydajności miedzi z 1 m² $V_q = 55,4$ (dla wszystkich próbek bruzdowych) oraz powierzchnię $F = 68\ 603$ m² obliczono, że niezbędna ilość próbek (n) dla rozpoznania złoża w bloku P wynosi 119, a średnia odległość między nimi (1) 24 m. W rzeczywistości na tej powierzchni pobrano 217 próbek, przeciętnie w odstępach 18 m. Wyliczona ze wzoru ilość próbek bruzdowych stanowi więc 55% ogólnej ilości próbek pobranych w wyrobiskach górniczych bloku P. Odległość pomiędzy punktami obserwacyjnymi, wyznaczona na drodze teoretycznej, odnosi się wyłącznie do przyjętej w obliczeniach wielkości powierzchni i nie jest prawdziwa do jakiegokolwiek mniejszego pola wydzielonego w obrębie bloku P. Ilustruje to przykład obliczenia reprezentatywnej ilości próbek dla pola B o powierzchni 10 000 m² (fig. 2). Stosując te same wzory (1, 2) stwierdzono, że reprezentatywna ilość próbek bruzdowych w tym przypadku wynosi 60, a średni rozstęp między nimi 13 m. Wynika stąd wniosek, że rozstaw próbek 24 m, zapewniający udokumentowanie zasobów w całym bloku P z dokładnością $\pm 10\%$ przy prawdopodobieństwie 0,95, nie gwarantuje takiej dokładności w przypadku pola o mniejszej powierzchni. Rozpoznanie jego wymaga połowy ogólnej ilości próbek, mimo że jest ono ponad sześciokrotnie mniejsze od całej powierzchni badanego obszaru. Istnienie tego typu zależności podkreślano było przez Niecia i Niemczyka (1965) w odniesieniu do rozpoznawania złóż za pomocą otworów wiertniczych. Stanowi to efekt nierównomiernego wzrostu współczynników zmienności w stosunku do przyrostu powierzchni. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dla analizowanego pola B stosowana obecnie w kopalni sieć opróbowania (średnio o boku 18 m), nie zapewnia dostatecznej wiarygodności rozpoznania. Wyłania się stąd problem wyboru elementarnego pola, dla którego byłyby określane elementy zmienności złoża i gęstości opróbowania. Wydaje się, że w chwili obecnej, kiedy badania

zmienności parametrów złoża lubińskiego nie są jeszcze zbyt zaawansowane, za takie pola należy uznać oddziały eksploatacyjne. Stanowią one bowiem w kopalni podstawowe jednostki produkcyjne, a zatem dla celów planowania wydobywania rudy zasadnicze znaczenie ma dokładność i wiarygodność obliczenia zasobów w obrębie tych pól.

Na podstawie wzorów (3), (4), (5) i (6), przedstawionych przy omawianiu metodyki badań, określono względną i bezwzględną dokładność obliczenia zasobów metalu w bloku P, przy różnym rozstawie próbek bruzdowych (tab. 11). Przy rozrzedzeniu

Tabela 11

Dokładność obliczenia zasobów metalu w bloku P przy różnych rozstawach próbek bruzdowych

Rozstaw próbek w m	Dokładność obliczenia zasobów metalu	
	względna w %	bezwzględna w t
18	±7,4	±462,0
≈30	±12,8	±782,6
≈50	±20,4	±1300,4

sieci opróbowania do około 30 m, względny błąd w oszacowaniu zasobów nieznacznie przekracza granicę dopuszczalną przy rozpoznawaniu zasobów w kategorii A, tj. ±10%. Dalsze zwiększenie odstępów pomiędzy próbkami bruzdowymi do około

50 m sprawia, że względny błąd w obliczeniu zasobów osiąga wartość ±20%. Posługując się wzorem (7) określono przedziały ufności dla obliczonych zasobów w bloku P przy prawdopodobieństwie 0,95. Przedstawiają się one następująco:

$$P \{5778,0 < Q_a < 6702,5\} = 0,95;$$

przy rozstawie próbek około 30 m:

$$P \{5457,9 < Q_a < 7023,1\} = 0,95;$$

przy rozstawie próbek około 50 m:

$$P \{4940,1 < Q_a < 7540,9\} = 0,95.$$

Wnioski wynikające z obliczeń określających gęstość sieci opróbowania skontrolowano za pomocą testu D Smirnowa—Kołogomorowa. Powyższy test przeprowadzono dla wydajności metalu z 1 m², tj. parametru wykazującego największą zmienność. Test ten charakteryzuje się znacznie większą tolerancją aniżeli uprzednio zastosowane wzory statystyczne. Zarówno przy sieci opróbowania około 30, jak i 50 m różnice częstości skumulowanych w porównywanych zbiorach reprezentują wartości mniejsze od D krytycznego, obliczonego ze wzoru (8). Wynika stąd, że obydwie sieci opróbowania są reprezentatywne dla rozpoznania złoża na poziomie istotności 0,05.

GEOLOGICZNA I STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW OPRÓBOWANIA ZŁOŻA W BLOKU L

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA

Przedmiot badań stanowił wycinek złoża znajdujący się około 3 km na północny zachód od Lubina. W tym rejonie złoża zapada ku NE pod kątem od 3 do 5°. Charakteryzuje się ono prostą budową, nie naruszoną przez dyslokacje tektoniczne. Rozpatrywany blok zajmuje powierzchnię 104 000 m².

Mineralizacja siarczkami miedzi obejmuje głównie dwa typy litologiczne skał, tj. piaskowce i łupki. Utwory te są rozprzestrzenione na całej powierzchni omawianego bloku (fig. 9, 10). Miąższość piaskowców wykazuje tendencję wzrostu w kierunku południowo-zachodnim. Lokalnie bilansowe okruszcowanie siarczkami miedzi obejmuje również dolomity, zwłaszcza w zachodniej części bloku L (fig. 11). Miąższość tych utworów nie przekracza jednak 2,0 m. Pełny profil litologiczny złoża reprezentowany jest przez następujące poziomy (fig. 12):

skład litologiczny	średnia miąższość w m
dolomit smugowany	do 0,60
dolomit ilasty	od 0,80 do 1,20

łupek dolomitowo-ilasty	0,20
łupek ilasto-dolomitowy	0,25
łupek smolisty	0,20
dolomit graniczny	od 0,05 do 0,10
piaskowiec	2,60

OCENA PARAMETRÓW ZŁOŻA PRZY ROZRZEDZONYCH SIECIACH OPRÓBOWANIA

W celu określenia wpływu rozrzedzenia sieci opróbowania na zmiany wartości parametrów złoża w obrębie bloku L, zastosowano analogiczną metodykę jak dla bloku P. Wyniki, jakie uzyskano (tab. 12) wskazują na daleko idące podobieństwo pomiędzy średnimi parametrami złoża określonymi w oparciu o aktualnie stosowaną sieć opróbowania oraz rozrzedzoną do około 30 i 50 m. Jest to wyrazem stosunkowo małej zmienności złoża w porównaniu z blokiem P. Przy sieci opróbowania o boku około 30 m, w szeregu przypadków średnie parametry złoża są całkowicie zbieżne z wartościami obliczonymi na podstawie wszystkich próbek bruzdowych. Mak-

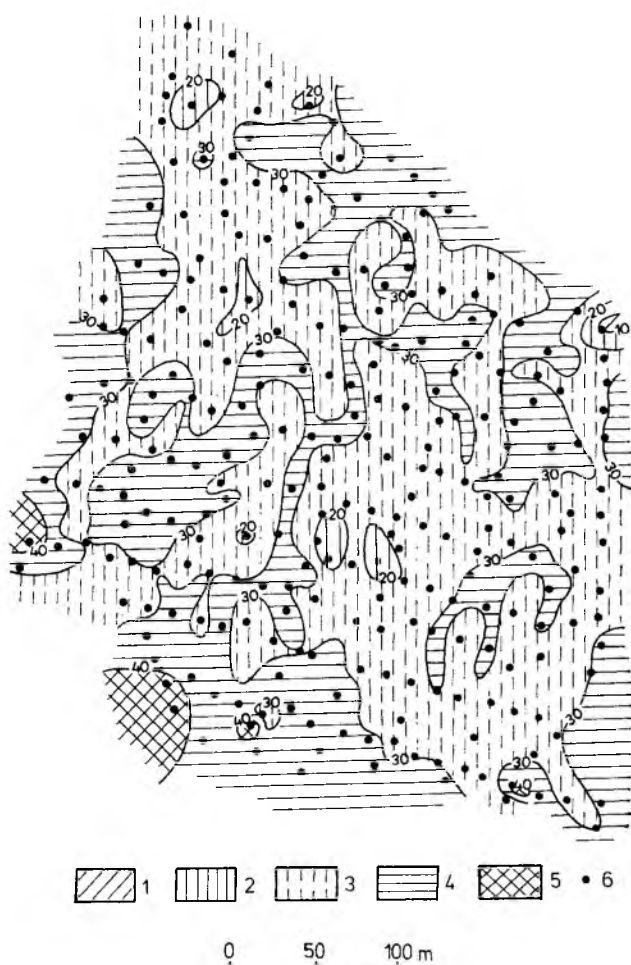


Fig. 9

Mapa izopachyt bilansowo okruszczonych piaskowców w bloku L

1 – piaskowce o miąższości poniżej 10; 2 – piaskowce o miąższości 10–20; 3 – piaskowce o miąższości 20–30; 4 – piaskowce o miąższości 30–40; 5 – piaskowce o miąższości powyżej 40; 6 – miejsca pobrania próbek bruzdowych

Map showing isopachytes of commercially mineralized sandstones in block L

1 – sandstones having thickness below 10; 2 – sandstones having thickness of 10–20; 3 – sandstones having thickness of 20–30; 4 – sandstones having thickness of 30–40; 5 – sandstones having thickness exceeding 40; 6 – sites of groove-sampling

symalne odchylenie miąższości złoże wynosi +1,4% (tab. 12). W odniesieniu do poszczególnych serii litologicznych odchylenia te mogą być znaczne; w jednym z wariantów obliczeń odchylenie średniej miąższości dla serii węglanowej przekracza +20%. W przypadku zawartości miedzi w żadnym z poziomów litologicznych złoże nie obserwuje się tak dużych różnic w stosunku do wyników uzyskanych z pełnego opróbowania.

Przy rozrzedzeniu próbek bruzdowych do około 50 m, odchylenia średnich parametrów złoże nieco wzrastają, zachowana jest jednak w dalszym ciągu duża zbieżność z wielkościami określonymi na podstawie opróbowania w odstępach około 15 m (tab. 12).

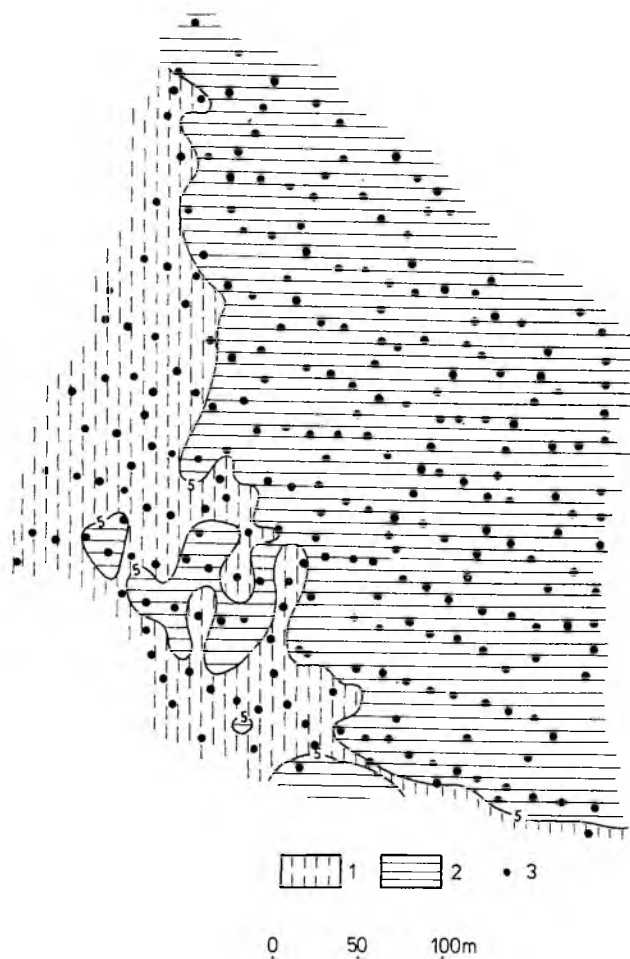


Fig. 10

Mapa izopachyt łupków miedzionośnych w bloku L

1 – łupki o miąższości poniżej 5; 2 – łupki o miąższości powyżej 5; 3 – miejsca pobrania próbek bruzdowych

Map showing isopachytes of copper-bearing shales in block L

1 – shales having thickness below 5; 2 – shales having thickness over 5; 3 – sites of groove-sampling

Maksymalna różnica wyrażająca się odchyleniem –3,6% dotyczy zawartości miedzi. Przedstawione obliczenia wskazują zatem, że w przypadku bloku L zarówno sieć opróbowania o boku około 30 m, jak i 50 m zapewnia dostateczną wiarygodność rozpoznania złoże.

Stosunkowo małą zmienność złoże w bloku L, w porównaniu z innymi jego rejonami, potwierdzają mapy izolacji miąższości interwału bilansowego i zawartości miedzi. Rozkład obydwu tych parametrów nie nosi cech jakiegokolwiek kierunkowości. W przeważającej części obszaru miąższość złoże wykazuje niewielkie wahania, natomiast minimalne i maksymalne wartości tworzą izolowane centra (fig. 13) nieregularnie rozmieszczone. Z reguły, skrajne wartości tego parametru nie występują w bliskim sąsiedztwie. Przy rozrzedzeniu sieci opróbowania do około 30 m uzyskuje się zbliżony do wyżej wymie-

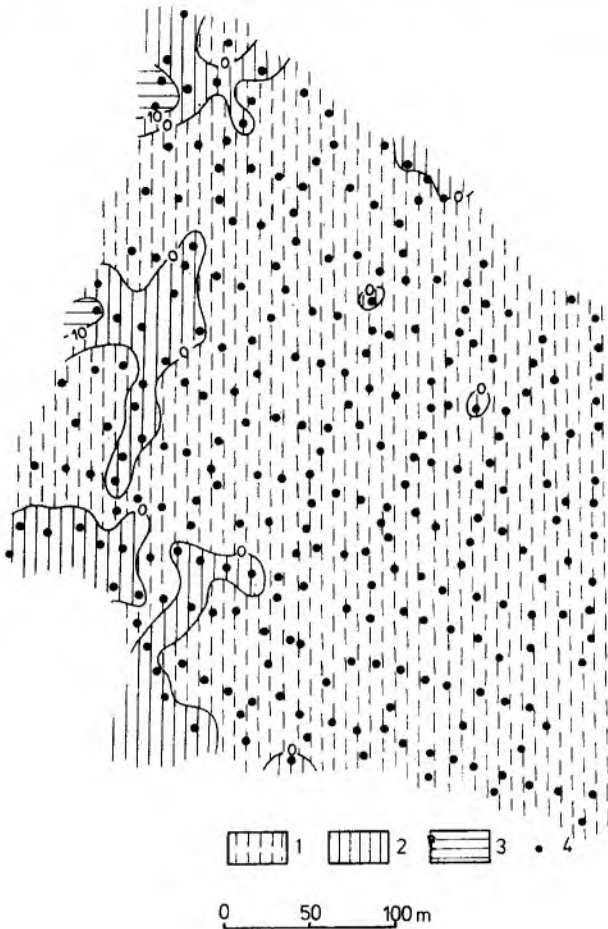


Fig. 11

Mapa zasięgu i miąższości bilansowo okruszczonych dolo-
mitów w bloku L

1 – obszar, na którym nie występują okruszczane dolo-
mity; 2 – dolomity o miąższości 0–10; 3 – dolomity o miąższości powyżej 10; 4 – miejsca
pobrania próbek bruzdowych

Map showing occurrence and thicknesses of commercially
mineralized dolomites in block L

1 – region short of mineralized dolomites; 2 – dolomites having thickness
of 10–30; 3 – dolomites having thickness exceeding 10; 4 – sites of groove-
-sampling

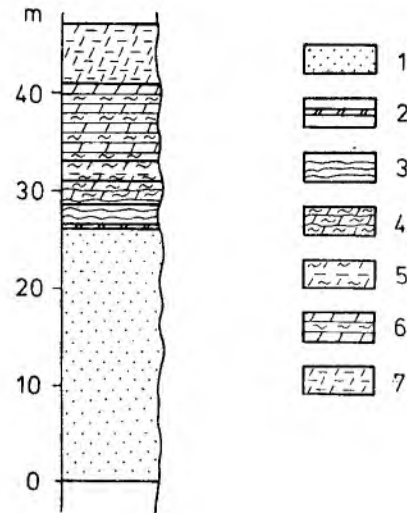


Fig. 12

Profil litologiczny złoża w bloku L

1 – piaskowce; 2 – dolomit graniczny; 3 – łupek smolisty; 4 – łupek
ilasto-dolomitowy; 5 – łupek dolomitowo-ilasty; 6 – dolomit ilasty; 7 –
dolomit smugowany

Lithological cross-section through block L

1 – sandstones; 2 – bounding dolomite; 3 – pitchy shale; 4 – clayey-
dolomitic shale; 5 – dolomitic-clayey shale; 6 – clayey dolomite; 7 –
streaky dolomite

nionego obraz rozkładu izolacji. Istotniejsze różnice
zarysują się przy uwzględnieniu próbek oddalo-
nych od siebie o około 50 m. Wyraża się to zanikiem
większości centrów o maksymalnych miąższościach
złoża, jak również zmianami przestrzennego zasięgu
poszczególnych interwałów miąższości. Wizualna oce-
na podobieństwa tego obrazu z mapą skonstruowaną
w oparciu o wszystkie próbki bruzdowe prowadzi
do wniosku, że opróbowanie złoża w odstępach
50-metrowych nie gwarantuje wiarygodnego roz-
poznania.

Tabela 12

Procentowe odchylenia parametrów złoża w bloku L przy rozrzedzonych sieciach opróbowania (za 100% przyjęto wartości
parametrów złoża obliczone na podstawie wszystkich próbek bruzdowych)

Rozstaw próbek bruzdowych	Ilość próbek bruzdowych	Średnia miąższość				Średnia zawartość Cu				Wydajność z 1 m ²	
		interwału bilanso- wego	serii			interwału bilanso- wego	serii			rudy	metaluru
			pias- kow- cowej	łupko- wej	węglano- wej		pias- kow- cowej	łupko- wej	węglano- wej		
Okolo 30 m											
wariant I	125	0	-0,4	0	+16,6	-0,4	-0,6	+0,3	+3,1	0	-0,4
II	124	0	+0,7	-3,4	-9,1	+0,1	0	+1,9	+5,7	-0,2	-0,1
III	128	0	0	0	-2,1	+1,1	+0,9	+2,0	+1,2	0	+1,1
IV	122	+0,3	-0,3	-1,7	+22,9	-0,4	-2,6	+4,3	+2,3	+1,1	-0,3
V	125	+1,4	+0,7	0	+2,1	+0,3	+0,4	+1,4	+2,9	+1,5	+1,8
Okolo 50 m											
wariant I	52	-1,1	-1,8	-3,4	+2,1	-1,6	-2,7	+1,2	-0,8	-1,2	-2,9
II	52	+1,7	+2,1	-5,3	+25,0	-2,5	-1,4	-0,2	-2,5	+1,5	-0,9
III	53	+2,2	+2,1	-3,4	-4,3	-3,6	-2,9	-1,4	+12,6	+2,0	-1,5
IV	53	-0,8	-2,9	-1,7	+12,5	-3,6	-3,1	-2,6	-3,1	-0,7	-4,3
V	52	+0,3	0	0	+4,2	-3,4	-2,7	-5,0	+17,2	+0,2	-3,2

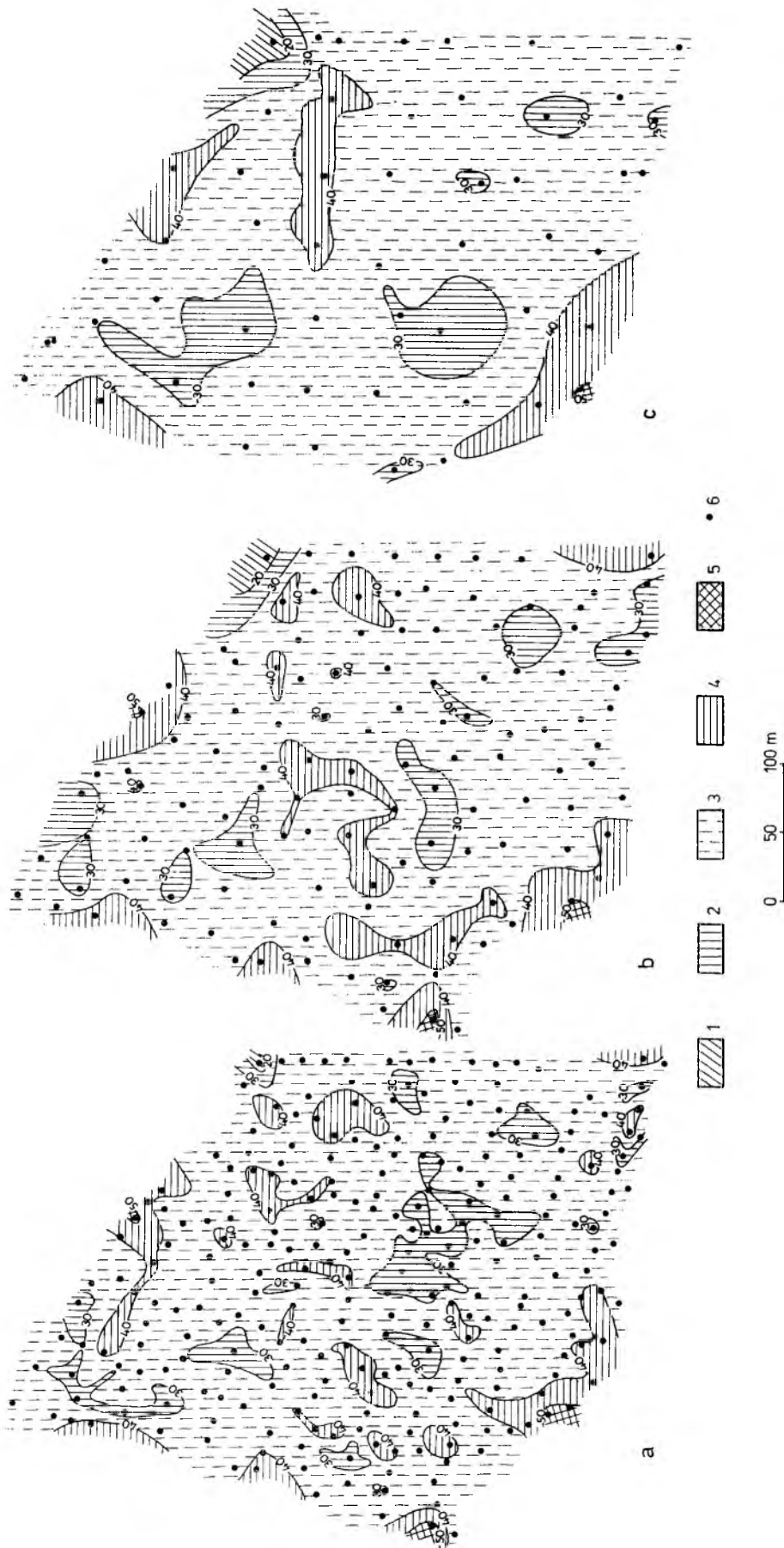


Fig. 13

Mapy izopachyt złoże w bloku L: a — na podstawie aktualnego opróbowania złoże; b — przy rozstawie próbek bruzdowych około 30 m; c — przy rozstawie próbek bruzdowych około 50 m

1 — złoże o miąższości poniżej 20; 2 — złoże o miąższości 20–30; 3 — złoże o miąższości 30–40; 4 — złoże o miąższości 40–50; 5 — złoże o miąższości powyżej 50; 6 — miejsca pobrania próbek bruzdowych

Map showing isopachytes of deposit in block L: a — according to the present sampling; b — if groove-sampling at every 30 m; c — if groove-sampling at every 50 m

1 — deposit having thickness below 20; 2 — deposit having thickness of 20–30; 3 — deposit having thickness of 30–40; 4 — deposit having thickness of 40–50; 5 — deposit having thickness exceeding 50; 6 — sites of groove-sampling

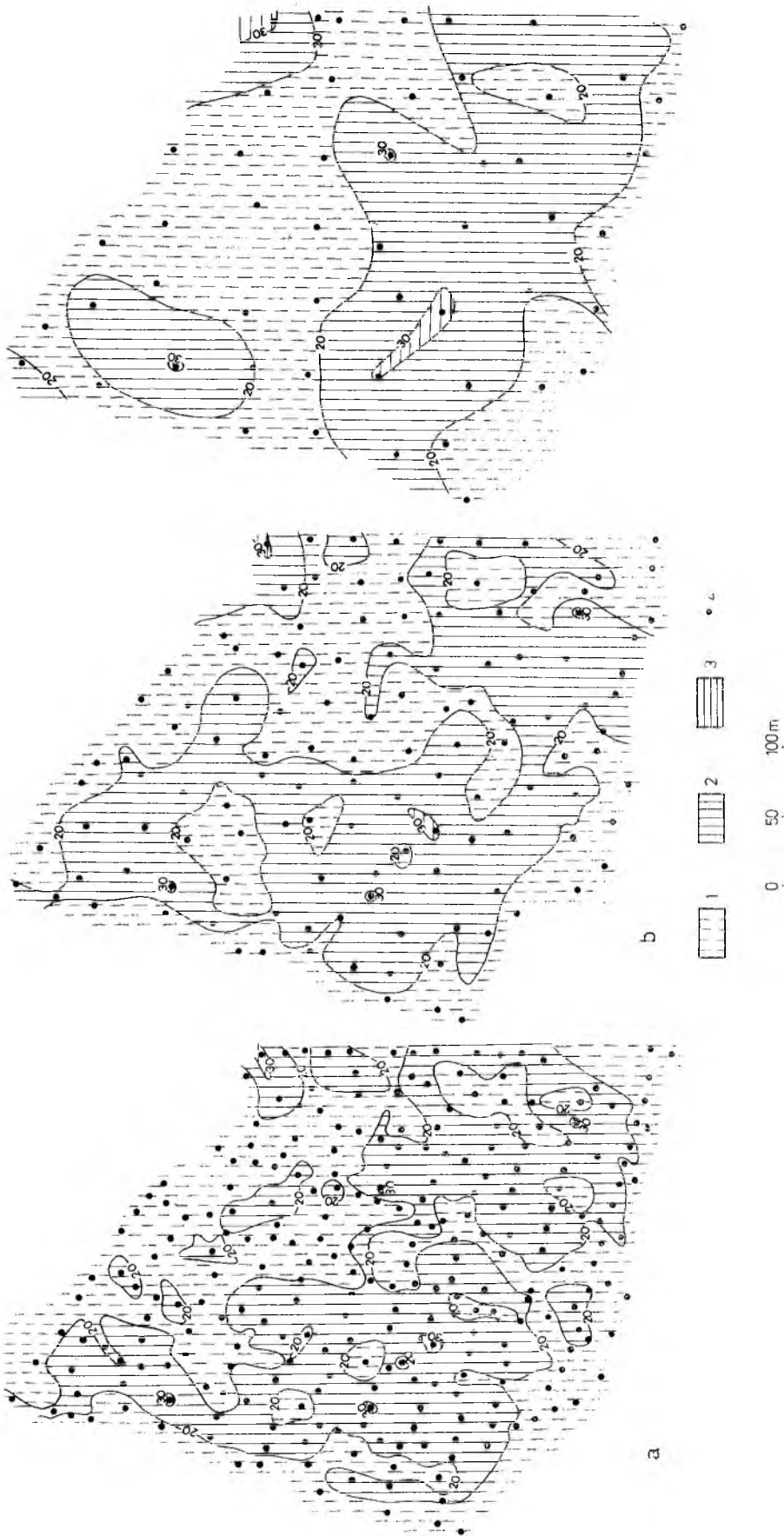


Fig. 14

Mapy okruszczenia złoża miedzią w bloku L: a – na podstawie aktualnego opróbowania złoża; b – przy rozstawie próbek bruzdowych około 30 m; c – przy rozstawie próbek bruzdowych około 50 m

1 – złożo o zawartości Cu poniżej 20; 2 – złożo o zawartości Cu 20–30; 3 – złożo o zawartości Cu powyżej 30; 4 – miejsca pobrania próbek bruzdowych

Maps showing copper mineralization in block L: a – according to the present sampling; b – if groove-sampling at every 30 m; c – if groove-sampling at every 50 m

1 – deposit having Cu content below 20; 2 – deposit having Cu content of 20–30; 3 – deposit having Cu content above 30; 4 – sites of groove-sampling

Zmiany mineralizacji w złożu wykazują charakter zbliżony do tego, jaki stwierdzono w przypadku miąższości. W przeważającej części rozpatrywanego obszaru dominują średnie zawartości miedzi, ograniczone wąskimi przedziałami (fig. 14). Podwyższone koncentracje reprezentowane są podrzędnie, natomiast zawartości niższe od najbardziej frekwentnych rozmieszczone są w formie wysp i zatok. Porównanie map izolinii zawartości miedzi, przy różnych rozstawach próbek bruzdowych, prowadzi do wniosku, że wiarygodność rozpoznania złoża uzyskuje się przy sieci opróbowania o boku około 30 m. Dalsze zwiększanie odstępów pomiędzy próbkami eliminuje szereg istotnych cech rozkładu mineralizacji.

W bloku L złoże charakteryzuje się niskimi wartościami współczynników zmienności. Odnosi się to przede wszystkim do obszarów, w których mineralizacja koncentruje się głównie w dolomitach, podrzędnie zaś w piaskowcach. Mimo, że rozpatrywana powierzchnia jest o około 50% większa niż w bloku P, współczynniki zmienności są ponad dwukrotnie mniejsze (tab. 13). W rozpatrywanym

Tabela 13

Współczynniki zmienności parametrów złoża w bloku L, przy różnych rozstawach próbek bruzdowych

Rozstaw próbek w m	Współczynnik zmienności w %		
	miąższości V_m	zawartości Cu V_p	wydajności Cu V_q
≈15	15,2	20,1	21,8
≈30	16,1	21,5	23,0
≈50	17,6	24,1	22,7

przypadku zmienność mineralizacji dość wyraźnie przeważa nad zmiennością miąższości. W miarę rozrzedzania sieci opróbowania obserwuje się wzrost wartości współczynników V_m , V_p i V_q .

WIARYGODNOŚĆ ROZPOZNANIA ZŁOŻA W BLOKU GEOLOGICZNYM NA PODSTAWIE OPRÓBOWANIA JEGO KONTURU

Przedmiotem analizy były trzy pola o zróżnicowanych wielkościach powierzchni, usytuowane współśrodkowo. W oparciu o wyniki opróbowania złoża określono różnice pomiędzy poszczególnymi parametrami wyznaczonymi na podstawie rozpoznania całych powierzchni oraz odpowiadających im konturów. We wszystkich trzech przypadkach opróbowanie złoża wzdłuż wyrobisk konturujących zapewnia dostateczną wiarygodność wyznaczenia dla całego pola miąższości, procentowej zawartości Cu i wydajności metalu z 1 m². Różnice między porównywanymi wielkościami dla łącznego profilu złoża nie osiągają 5%, natomiast w przypadku poszczególnych serii litologicznych przekraczają niekiedy 10% (tab. 14).

Pole I reprezentuje powierzchnię 46 000 m². Próbkę znajdującą się na jego konturze stanowią 31% łącznej ilości próbek w całym polu. Miąższość złoża rozpoznana na konturze jest większa o 4,2% od wielkości określonej z pełnej ilości obserwacji. Natomiast średnie okruszcowanie jest zaniżone i wyraża się odchyleniem -2%. W omawianym bloku wiarygodność rozpoznania parametrów złoża na podstawie opróbowania wyrobisk konturujących, jest więc wystarczająca dla oszacowania zasobów rudy i metalu z dokładnością wymaganą dla kategorii A. Uzyskane wielkości odchyżeń wskazują na możliwość dalszego zwiększenia powierzchni, dla której opróbowanie konturów dostarczałoby wiarygodnych informacji o złożu. Charakterystyczne jest również to, że zmniejszeniu powierzchni okonturowywanego pola nie zawsze towarzyszy wzrost dokładności rozpoznania. Taką odwrotną zależność obserwuje się w odniesieniu do zawartości miedzi w polach I, II i III oraz do wydajności metalu z 1 m² w polach I i III (tab. 14). Związane to jest z różnym zasięgiem poszczególnych serii litologicznych w obrębie bloków,

Tabela 14

Procentowe odchylenia średnich parametrów złoża na konturach pól w stosunku do całych powierzchni (za 100% przyjęto wartość parametrów obliczonych dla poszczególnych pól)

Symbol pola	Powierzchnia pola w m ²	Ilość próbek		Średnia miąższość				Średnia zawartość Cu				Wydajność z 1 m ²	
		w polu	na konturze	interwału bilansowego	serii			interwału bilansowego	serii			rudy	metal
					piaskowcowej	łupkowej	węglanowej		piaskowcowej	łupkowej	węglanowej		
I	46066	140	43	+4,2	+3,8	0	+12,2	-2,0	-8,8	+12,2	+2,7	+4,3	+2,1
II	29081	94	40	+2,5	+1,0	-1,6	2,2	-4,4	3,7	-1,7	+1,9	+3,0	-1,5
III	10559	42	32	+1,7	+1,0	+1,6	0	-4,8	0	-10,6	0	+1,8	-2,8

a w każdej z nich z różną zmiennością okruszcowania Cu.

Obok związku, jaki istnieje pomiędzy wiarygodnością rozpoznania na podstawie opróbowania wyrobisk konturujących a wielkością rozpatrywanej powierzchni, istotne znaczenie powinien posiadać jej geometryczny kształt. Należałoby oczekiwać, że w przypadku wydłużonego prostokąta, którego dłuższe boki znajdują się blisko siebie, wiarygodność rozpoznania złoża w bloku, w oparciu o rozpoznanie konturu, będzie znacznie większa aniżeli takiej samej powierzchni w kształcie kwadratu. Jeżeli wyrobiska konturujące są bardziej odległe od siebie, teoretycznie, istnieją większe szanse na wzrost różnicowania miąższości złoża i zawartości miedzi. Dokładność prognozowania parametrów złoża w bloku udostępnionym wyrobiskami górniczymi zależy więc od wielkości powierzchni, jej geometrycznej formy oraz od stopnia zmienności złoża.

Porównanie procentowych odchyłek parametrów złoża w polach I, II i III w stosunku do rozpatrywanego obszaru bloku L wskazuje, że przyrostowi powierzchni towarzyszy coraz większa zbieżność wartości zarówno miąższości, jak i okruszcowania miedzi (tab. 15). Najprawdopodobniej, tego typu

Tabela 15

Procentowe odchylenia parametrów złoża w polach I, II i III w stosunku do całości bloku L

Symbol pola	Średnia miąższość	Średnia zawartość	Wydajność z 1 m ²	
			rudu	metalu
I	0	+1,0	-0,1	+1,0
II	-0,3	+2,0	-0,1	+1,3
III	+1,1	+4,0	+1,7	+4,8

prostą zależność można obserwować jedynie w częściach złoża o niskich współczynnikach zmienności. Duża zbieżność wyników opróbowania pól I, II i III oraz ich konturów znajduje uzasadnienie w wartościach współczynników zmienności parametrów złoża (tab. 16). We wszystkich trzech polach są one wyraźnie

Tabela 16

Współczynniki zmienności parametrów złoża obliczone dla pól I, II i III oraz ich konturów

Symbol pola	Współczynnik zmienności w %		
	miąższość V_m	zawartość Cu V_p	wydajność Cu V_q
pole I	14,9	20,2	23,1
kontur	14,1	21,3	21,2
pole II	14,6	19,7	23,8
kontur	13,5	18,9	23,5
pole III	14,2	20,3	22,3
kontur	13,1	18,9	21,6

niższe w stosunku do analizowanych bloków z innych rejonów złoża. Ogólną zależność pomiędzy współczynnikami określa formuła $V_m < V_p < V_q$. Wartości współczynników zmienności, obliczone na podstawie opróbowania całych bloków, w nieznacznym stopniu przewyższają wielkości odnoszące się do konturów. W sytuacjach, kiedy różnice te są niewielkie dane uzyskane w oparciu o rozpoznanie wyrobiskami konturującymi umożliwiają określenie wiarygodności, z jaką zostały oszacowane zasoby rudy i metalu w bloku oraz parametry złoża.

STATYSTYCZNE WYZNACZENIE GĘSTOŚCI SIECI OPRÓBOWANIA

Zgodnie z przedstawioną uprzednio metodyką, w oparciu o wzory statystyczne przeprowadzono obliczenia reprezentatywnej sieci opróbowania złoża w bloku L. Stosując wzory (1) i (2) określono, że dla rozpatrywanej powierzchni wiarygodne rozpoznanie zapewnia 19 próbek rozmieszczonych w odstępach co 74 m. W rzeczywistości blok L rozpoznany został na podstawie 260 próbek w siatce około 20×20 m. Niewielka zmienność parametrów złożowych stwarza więc tutaj duże możliwości rozrzedzenia opróbowania.

Dla sieci opróbowania o boku około 30 i 50 m określono względną i bezwzględną dokładność oszacowania zasobów metalu (tab. 17). Przy odległości

Tabela 17

Dokładność obliczenia zasobów w bloku L przy różnych rozstawach próbek bruzdowych

Rozstaw próbek w m	Dokładność obliczenia zasobów metalu	
	względna w %	bezwzględna w t
20	±2,7	±473,1
≈30	±4,1	±717,6
≈50	±6,3	±1075,0

między próbkami bruzdowymi, wynoszącej około 50 m, względny błąd obliczenia zasobów metalu wynosi ±6,3%. Zachowany jest więc rygor dokładności rozpoznania złoża, przyjmowany dla kategorii A. Pozwala to na zmniejszenie ilości próbek bruzdowych o 84% w stosunku do stanu aktualnego. Przy uwzględnieniu różnych sieci opróbowania, przedziały ufności dla oszacowanych zasobów metalu w bloku L przy prawdopodobieństwie 0,95 kształtują się następująco:

dla wszystkich próbek bruzdowych:

$$P \{17059,7 < Q_a < 18005,9\} = 0,95;$$

dla rozstawu około 30 m:

$$P \{16815,2 < Q_a < 18250,4\} = 0,95;$$

dla rozstawu około 50 m:

$$P \{16457,8 < Q_a < 18607,8\} = 0,95.$$

Gęstość sieci opróbowania złoża w bloku L, obliczona na podstawie wzorów statystycznych pod-

dana została sprawdzianowi za pomocą testu D Smirnowa – Kologomorowa. Przedmiotem analizy i porównania był parametr wydajności metalu z 1 m², przy kolejno wzrastających odstępach pomiędzy próbkami bruzdowymi. W oparciu o wyżej wymieniony test stwierdzono, że zarówno sieć opróbowania o boku około 30 m, jak i 50 m zapewnia dostateczną wiarygodność rozpoznania złoża.

OGÓLNE SPOSTRZEŻENIA DOTYCZĄCE ZMIENNOŚCI ZŁOŻA

Statystyczna i geologiczna analiza wyników opróbowania ujawnia pewne prawidłowości w odniesieniu do stopnia zmienności parametrów złoża wyrażonego liczbowo, jak i charakteru zmienności ocenianego na podstawie map, przekrojów i wykresów. Dotychczasowy zakres badań wskazuje na znaczne zróżnicowanie zmienności złoża nie tylko w obszarach odległych od siebie, lecz również w obrębie niewielkich bloków eksploatacyjnych. Wyrazem tego są przede wszystkim wahania współczynników zmienności złoża w 1-hektarowych polach znajdujących się w bliskim sąsiedztwie. W niektórych przypadkach wartości współczynników zmienności wykazują w stosunku do siebie odchylenia dwu- do trzykrotnych.

Analiza wyników opróbowania złoża w blokach o zróżnicowanej budowie geologicznej wskazuje na istnienie związku pomiędzy charakterem i stopniem zmienności parametrów złożowych a jego wykształceniem litologicznym. Związek ten można wyrazić określonym ciągiem typów litologicznych serii złożowej o zwiększającym się stopniu zmienności:

piaskowce i łupki

piaskowce i łupki, podrzędnie dolomity

łupki i dolomity

łupki i dolomity, podrzędnie piaskowce.

Powyższa zależność ma charakter ogólny, bowiem w rzeczywistości granice pomiędzy obszarami reprezentującymi określony profil litologiczny nie są ostre, a ponadto nawet w obrębie niewielkich bloków geologicznych mają miejsce liczne odstępstwa od profilu typowego. Lokalne występowanie mineralizacji w piaskowcach nierzadko wpływa na wyraźny wzrost wahań miąższości złoża oraz na zmianę jego geometrycznej formy. Są to często niewielkie izolowane obszary, na których następuje gwałtowny wzrost miąższości. Na mapie izolinii mają one postać nieckowatych zagłębień. Zróżnicowanie morfologii spągu okruszczowanych piaskowców i różna zmienność miąższości w obszarach, w których reprezentują one podstawowy i jednolicie wykształcony poziom złoża w stosunku do rejonów, w których występują podrzędnie, sugeruje że przebieg i charakter procesów

kształtujących mineralizację w tych rejonach był odmienny. Wymienione typy okruszczowania w piaskowcach przedstawiono na przykładzie bloków L i P.

Ocena zmienności złoża oparta na wynikach uzyskanych z rozpoznawczych otworów wiertniczych wskazywała, że współczynnik zmienności miąższości jest większy aniżeli zawartości Cu (Nieć 1964). W rzeczywistości wzajemne relacje pomiędzy współczynnikami zmienności parametrów złoża mają bardzo zróżnicowany charakter. Można to wyrazić za pomocą następujących formuł $V_q > V_m > V_p$; $V_p > V_m > V_q$; $V_q > V_p > V_m$ oraz $V_p > V_q > V_m$. Charakterystycznym zjawiskiem jest zmiana stosunków wartościowych pomiędzy współczynnikami zmienności w obrębie niewielkich bloków eksploatacyjnych o powierzchni ca 0,1 km². Należy przypuszczać, że jest to w znacznej mierze wyrazem złożoności procesów geologicznych, które ukształtowały aktualny obraz złoża.

Powszechnie spotykaną prawidłowością w obszarach o trójdzielnej budowie litologicznej (piaskowce, łupki i dolomity) jest większa zmienność miąższości i zawartości Cu w poszczególnych seriach aniżeli w łącznym profilu złoża. Szczególnie wyraźnie ujawnia się to w przypadku porównywania parametrów złożowych przy różnych rozstawach próbek bruzdowych (tab. 4, 12). Odchylenia średniej miąższości i średniej zawartości miedzi w poszczególnych seriach są kilkakrotnie większe aniżeli w całym profilu. Oznacza to, że niedoborom miąższości lub zawartości miedzi w jednych utworach towarzyszy przyrost tych wielkości w drugim poziomie litologicznym. Analogiczną zależność obserwuje się w przypadku współczynników zmienności. W sytuacjach, kiedy dana seria reprezentowana jest podrzędnie, współczynniki zmienności osiągają wartości w granicach od 200 do 500, a więc kilku- do kilkunastokrotnie większe od wyliczonych dla całego przedziału bilansowego. W szeregu profilów można zauważyć związek pomiędzy przebiegiem stropowej i spągowej powierzchni złoża, którego wyrazem jest obniżanie się pionowego zasięgu mineralizacji w dolomitach i wzrost miąższości złoża

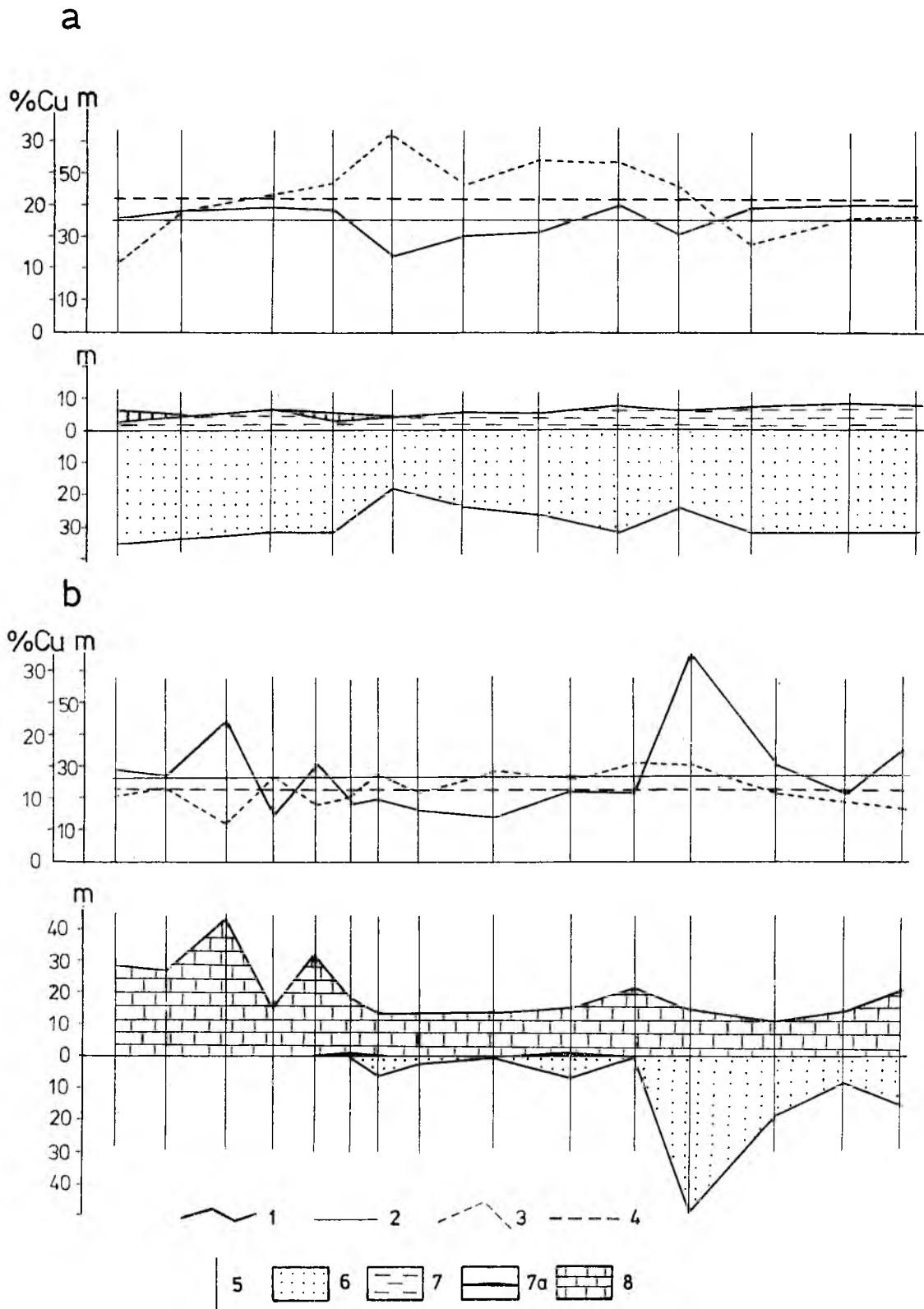


Fig. 15

Przekroje geologiczne przez złoże z wykresami zmian miąższości i zawartości Cu: *a* – blok L; *b* – blok P

1 – wykres miąższości złoże; 2 – wykres średniej miąższości; 3 – wykres zawartości Cu; 4 – wykres średniej zawartości Cu; 5 – miejsca pobrania próbek bruzdowych; 6 – piaskowce; 7, 7a – łupki miedzionośne; 8 – dolomity

Geological cross-sections through the deposit with graphs showing changes in thicknesses and copper contents: *a* – block L; *b* – block P

1 – graph showing thickness of the deposit; 2 – graph showing average thickness; 3 – graph showing Cu content; 4 – graph showing average Cu content; 5 – sites of groove-sampling; 6 – sandstones; 7, 7a – copper-bearing shales; 8 – dolomites

w piaskowcach. Prawidłowość ta nie jest jednak regułą obowiązującą na większej powierzchni. Mimo że równie często obserwuje się zależność odwrotną, tzn. miąższość wzrasta zarówno w piaskowcach, jak i dolomitach, wspomniane zjawisko wpływa na pewną wzajemną kompensację złożeń w dolomitach i piaskowcach, której wynikiem jest mała zmienność miąższości złożeń bilansowego. Ponadto zaznacza się również zależność odwrotna pomiędzy miąższością złożeń a zawartością miedzi; przyrostowi pionowego zasięgu interwału bilansowego towarzyszy spadek średniego okruszczenia (fig. 15). Najwyższe koncentracje siarczków Cu związane są często z partiami złożeń o minimalnej miąższości.

Zjawisko to nie posiada charakteru ogólnej prawidłowości dla całego złożeń, bywa jednak typowe dla niektórych jego obszarów. W jednym z rozpatrywanych bloków stwierdzono, że współczynniki zmienności miąższości i zawartości Cu są większe aniżeli

zmienności wydajności metalu z 1 m^2 . Sugerowało to, że związek okruszczenia z miąższością jest w tym przypadku dość ewidentny. W celu dokonania ilościowej oceny tego związku obliczono współczynnik korelacji (r) oraz współczynnik determinacji (ϱ). Korelacja pomiędzy miąższością i zawartością wynosi $r = -0,75$, natomiast współczynnik determinacji, wyrażony w procentach, osiąga wartość 57. Wyniki obliczeń dowodzą, że korelacja pomiędzy miąższością złożeń a zawartością miedzi jest istotna, a znak ujemny potwierdza odwrotną zależność tych parametrów — przyrostowi miąższości odpowiada spadek średniego okruszczenia. Obliczona wartość współczynnika determinacji wskazuje, że zmienność miąższości jest zdeterminowana przez zmienność zawartości Cu w 57%.

Skonstruowane dla miąższości złożeń oraz procentowej zawartości Cu krzywe częstości rozkładu posiadają charakter jednomodalny (fig. 16). W przy-

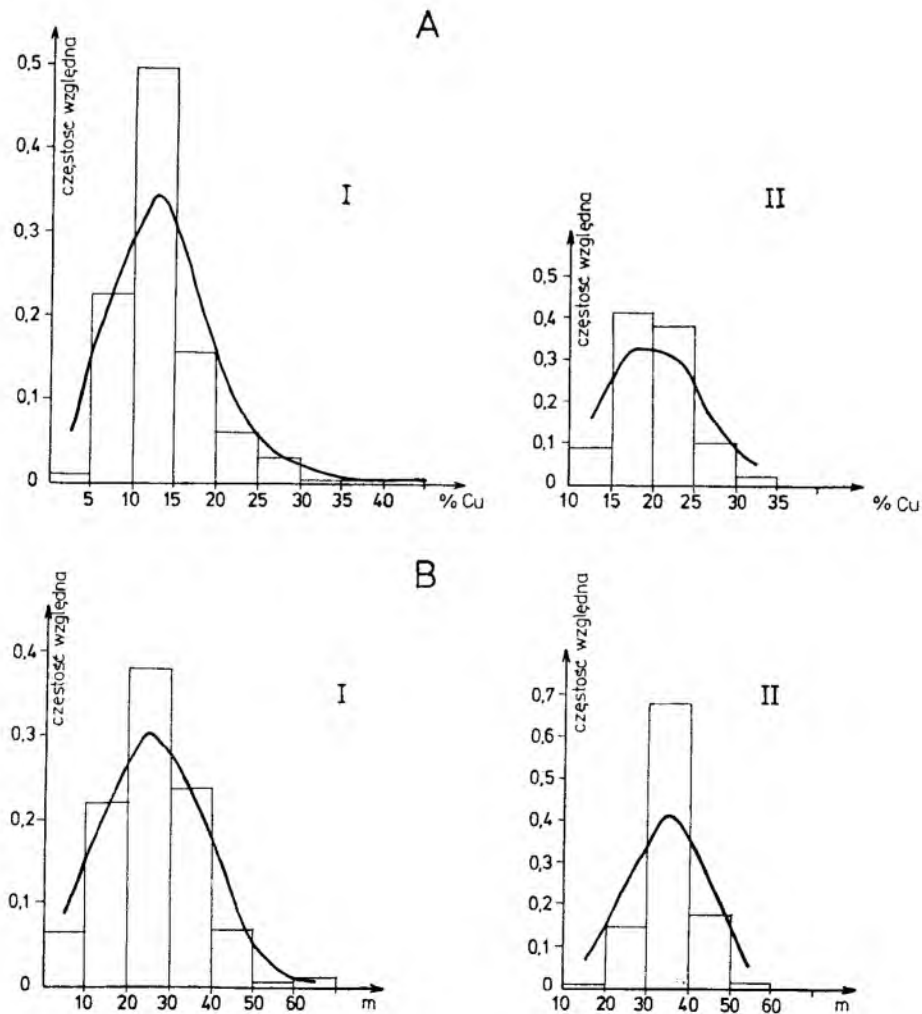


Fig. 16

Histogramy procentowej zawartości Cu (A) oraz miąższości złożeń (B)

I — blok P; II — blok L

Histograms showing percentage of Cu contents (A) and thickness of the deposit (B)

I — block P; II — block L

padku miąższości złoza w bloku L rozkład częstości zbliżony jest do normalnego, natomiast w bloku P wykazuje on skośność dodatnią, a więc przedziały o wartościach powyżej średniej są niezbyt częste. Krzywe częstości rozkładu wykreślone dla zawartości Cu zarówno dla bloku L, jak i P wykazują skośność dodatnią, przy czym w przypadku bloku L krzywa ta ma przebieg bardziej płaski. Porównanie krzywych rozkładu parametrów złoza potwierdza mniejszą jego zmienność w obrębie bloku L aniżeli P.

Charakter zmienności złoza w sposób przejrzysty uwidaczniają pomiary długości okresów i amplitud wahań jego miąższości i zawartości miedzi. Podstawą tego typu analizy są przekroje geologiczne i wykresy zmian parametrów złoza, skonstruowane na podstawie wyników opróbowania (fig. 15). Wielkość amplitudy i długość okresu (długość fali) wyznaczono w stosunku do średnich wartości miąższości złoza i zawartości Cu dla całego przekroju. W liniowym rozkładzie wahań parametrów złoza nie obserwuje się określonej cykliczności — następstwo małych oraz dużych amplitud i okresów nie wykazuje jakiegokolwiek uporządkowania. Być może, ogólniejsze prawidłowości dadzą się ujawnić w przypadku rozpatrywania znacznie dłuższych odcinków przekrojów. Zarazem jednak średnia amplituda i średni okres wahań zawartości Cu i miąższości są wyrazem określonej zmienności. Szczególnie wyraźnie uwidacznia się to przy porównywaniu indeksu „J”, wyrażonego stosunkiem amplitudy do długości okresu. W bloku o przewadze mineralizacji w piaskowcach, a więc o budowie dość monotonnej, wahania miąższości wyrażają się indeksem od 1:70 do 1:262, średnio 1:122 (fig. 15). Natomiast w części złoza zbudowanej głównie z dolomitów i fragmentarycznie z piaskowców, tj. reprezentującej typ litologiczny o największym zróżnicowaniu, indeks zmienia się

od 1:20 do 1:117, średnio wynosi 1:45. Wynikałoby stąd, że wzrost zmienności wpływa na zmniejszenie indeksu „J”. Analogiczne zależności odnoszą się do procentowej zawartości miedzi.

Ocena zmienności złoza oparta na geologicznym rozpoznaniu wybranych bloków w kopalniach „Lubin” i „Polkowice”, wskazuje jednoznacznie na możliwość rozrzedzenia dotychczasowej sieci opróbowania, przy zachowaniu żądanej dokładności dokumentowania zasobów. Zróżnicowanie zarówno stopnia, jak i charakteru zmienności parametrów złoza dowodzi jednak, że wprowadzenie jednolitej dla całego obszaru sieci opróbowania nie jest możliwe. Utrzymanie jednakowej wiarygodności rozpoznania złoza wymaga zachowania mniejszych odstępów pomiędzy próbkami bruzdowymi w przypadku mineralizacji skoncentrowanej głównie w dolomitach i podrzędnie w piaskowcach aniżeli w złożu prawie wyłącznie typu „piaskowcowego”. Dokonanie ostatecznej rejonizacji obszaru pod względem zmienności oraz dostosowanie do niej gęstości sieci opróbowania będzie możliwe po przeprowadzeniu dodatkowych badań obejmujących nowe bloki geologiczne. Dotyczy to również określenia wielkości bloku elementarnego, w przypadku którego rozpoznanie miąższości i zawartości miedzi w wyrobiskach konturujących byłoby dostatecznie wiarygodne dla całej powierzchni.

Analiza statystyczna oraz interpretacja geologiczna wyników opróbowania uzasadniają potrzebę powiązania tego typu badań z bezpośrednimi obserwacjami złoza. Szczegółowe kartowanie wyrobisk górniczych, rejestrowanie wszelkich zmian w budowie litologicznej oraz cech teksturalnych mineralizacji może się okazać niezwykle pomocne dla ujawnienia szeregu prawidłowości w wykształceniu złoza.

LITERATURA

- GÓRECKI J., NIEĆ M., 1972: Rozpoznawanie złóż siarki dla prognozowania eksploatacji metodą podziemnego wytapiania. *Zeszyty nauk. Akad. Gór.-Hutn. w Krakowie. Zeszyt Specjalny*.
- HARAŃCZYK Cz., 1972: Mineralizacja kruszcowa dolnocechsztyńskich osadów euksynicznych monokliny przedsudeckiej. Ore mineralization of the Lower Zechstein euxinic sediments in the Fore-Sudetic Monocline. *Arch. Miner.*, t. 30, z. 1—2, p. 13—143.
- JAROSZ J., 1968: Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna złoza „Lubin”. Mineralogical and petrographic characteristics of „Lubin” Deposit. *Rudy i Metale nieżel.*, 13, nr 12, p. 625—634.
- KACZMAREK A., 1969: Określenie gęstości sieci opróbowania w kopalniach rud miedzi. Determination of sampling net density in copper mines. *Rudy i Metale nieżel.*, 14, nr 12, p. 696—701.
- KONSTANTYNOWICZ E., 1959: Złóża rud miedzi w strefie przedsudeckiej. The copper deposits in the forepart of Sudety—mountains. *Rudy i Metale nieżel.*, 4, nr 1, p. 4—10.
- 1967: Okruszcowanie permu monokliny przedsudeckiej. Permian mineralization in the Fore—Sudetic Monocline. *Prz. geol.*, 15, nr 6, p. 273—277.
- KRAJEWSKI R., 1956: Ustalanie gęstości sieci rozpoznawczej dla złóż na podstawie stopnia wiarygodności zasobów. Establishment of density of the prospecting net of the deposits. *Prz. geol.*, 1, p. 1—5.
- 1962: Określenie zmienności złoza i stopnia rozpoznania zasobów metodą rachunku statystycznego. Statistical methods of determining the variability of deposits in the degree of resources recognition. *Inst. Geol. Pr.*, t. 30, cz. III, p. 447—468.
- NIEĆ M., 1964: Analiza statystyczna złóż miedzi monokliny przedsudeckiej. Statistical analysis of copper deposits

- in the pre-Sudetic monocline. *Rudy i Metale nieżel.*, 9, nr 6, p. 300–302.
- NIEĆ M., NIEMCZYK J., 1965: Zmienność i rozpoznanie złoża siarki. Variability of sulphur deposit and its recognition. *Prz. geol.*, 13, nr 6, p. 267–270.
- PIĄTKOWSKI J., 1962: Podstawowe metody statystyczne w zastosowaniu do opróbowania złóż. Principal statistic methods applied to sampling seams. *Prz. gór.* 18, nr 9, p. 473–479.
- 1966: Statystyczne szacowanie dokładności ustalania zasobów złóż kopalin stałych. Statistical estimation of accuracy in determination of resources of solid mineral raw material deposits. *Prz. geol.*, 14, nr 7, p. 304–308.
- Przegląd geologiczny*, 1966: Kryteria bilansowości złóż miedzi monokliny przedsudeckiej, t. 14, nr 5, p. 238–240.
- RYDZEWSKI A., 1969: Petrografia łupków miedzionośnych cechsztynu na monoklinie przedsudeckiej. Petrography of the copper-bearing Zechstein shales in the Fore-Sudetic Monocline (Lower Silesia). *Inst. Geol. Biul.*, 217. Z badań geol. na Dl. Śl. t. XV, p. 113–167.
- SALSKI W., 1968: Charakterystyka litologiczna i drobne struktury łupków miedzionośnych monokliny przedsudeckiej. Litologic description and fine structures of copper-bearing shales in the Fore-Sudetic monocline. *Kwart. geol.*, t. 12, nr 4, p. 855–873.
- SALSKI W., TOMASZEWSKI J. B., 1975: Zasady metodyczne rozpoznawania zmienności oraz opróbowania złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej. Identification methods of variability and sampling in copper-ore deposit (Sudety Monocline). *Technika poszukiwań geol.*, 14, z. 3, p. 34–39.
- WASILEW P. A., 1974: Optymalna gęstość siatki otworów rozpoznawczych na złożu miedzi Izdremec (Bułgaria). Optimal density of recognition borehole network for Izdremec copper mine (Bulgaria). *Prz. geol.*, 22, nr 12, p. 614–617.
- WYŻYKOWSKI J., 1958: Poszukiwanie rud miedzi na obszarze strefy przedsudeckiej. Research of copper ores in the Fore-sudetic zone. *Prz. geol.*, 6, nr 1, p. 17–22.
- ZACZEK F., 1969: Długość bruzdy próbki elementarnej. Channel length of elementary ore samples. *Rudy i Metale nieżel.*, 14, nr 6, p. 337–339.
- 1970: Poziomy rozstaw próbek geologicznych. Horizontal spacing of geological samples. *Rudy i Metale nieżel.*, 15, nr 6, p. 320–323.
- 1971: Wielkość próbki reprezentatywnej złoża rud miedzi. On the size of a representative sample from a copper ore deposit. *Inst. Geol. Biul.*, 241. Z badań złóż kruszców. t. 8, p. 145–159.

Barbara ROMANOWSKA, Wojciech SALSKI*

THE VARIABILITY OF THE COPPER-ORE DEPOSIT IN THE FORE-SUDETIC MONOCLINE

ABSTRACT: This paper discusses the results of investigations on the variability of parameters characterizing the Foresudetic Monocline copper-ore deposit. Geological and statistical analyses refer to two selected regions, called block L and block P, and differing in the mode of development of the ledge series. Carefully examined were both groove-samples and drill-cores

obtained from the drillings made in order to determine the top and the bottom of the ore-bearing series. These examinations resulted in the recognition of geological and statistical variability of the Foresudetic Monocline copper-ore deposit.

Summary

GEOLOGY OF THE COPPER-ORE DEPOSIT

The Foresudetic Monocline copper-ore deposit lies immediately over Rotliegendes rocks and belongs to the lowermost part of Zechstein section. It dips gently northeasterly at the angle of 3–5°. The mineralization is represented mostly by the copper sulphides which appear within sandstones, shales, and dolomites (figs. 4–6, 9–11). The sandstones of the balanced ore-bearing zone were, in part, developed as a result of Zechstein redeposition of former Rotliegendes rocks. These sandstones are covered with several tens centimetres thick horizon of copper-bearing shales (figs. 3, 12). Lithology and textures of the horizon are variable. One can meet both thinly bedded shales abundant in organic material and massive dolomites displaying only faint horizontal parting (Jarosz 1968; Salski 1968). The upper part of the ore-bearing zone is represented by clayey dolomites characterized by distinct horizontal lamination and passing upwards to limy dolomites. Both the top and the bottom boundaries of the ore-bearing zone

are irregular, then oblique to the primary sedimentary surfaces. Thus quantitative relations of various lithological types of the deposit are changeable (Konstantynowicz 1967). Therefore, dolomites and sandstones frequently display the lack of a balanced mineralization. The mineralization moves generally northwesterly, from sandstones to dolomites. But in various parts of the ledge, there are numerous exceptions to this rule. Distribution of the ores is pretty irregular both vertically and laterally (Harańczyk 1972; Rydzewski 1969). The highest concentrations of copper are usually observed in the copper-bearing shales, but the top of sandstone series is frequently also well mineralized. For the mentioned reasons the balanced interval is found to occupy various position with respect to the lowermost boundary of the Zechstein. It is also characterized by its variable range in the vertical section and by considerable changes in concentration of copper sulphides.

SCOPE AND METHOD OF WORK

The main subject of this paper is to evaluate the variability of thicknesses and copper contents in the ore-bearing zone. Geological and statistical analysis was based upon samples taken from mine workings. This analysis resulted in conclusions concerning the interrelationships of lithology of the ledge and variability of its principal parameters. It also rendered material for an evaluation of the accuracy of exploration of the deposit by means of present sampling method as well as suggested some changes to be introduced to the obligatory sample net-work.

Geological recognition of the deposit is based upon analysis of the groove-samples collected at every 15–20 m and

the drill-cores, if the balanced interval is greater than the mine workings. The authors considered only the exploited portions of the deposit, which differ from one another in their lithology. Investigated was the ore-bearing interval distinguished according to the balance criterion which stated that the limiting copper content in the vertical section had to amount 0.7%. The accuracy of the deposit exploration was evaluated at 0.05 significance level with an admissible error of $\pm 10\%$. All the computations were done by means of the Odra 1325 computer. The program included:

— determination of the standard deviations of the values of ledge parameters and resources, considering 30 to 50 m

* Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi „Cuprum”, 50–136 Wrocław, pl. 1 Maja 1/2.

spacing of the sample net-work (fig. 1);
 — computation of the values of the coefficients of thickness variability (V_m), of copper content (V_p), and metal efficiency from 1 m² (V_q);
 — determination of the accuracy of the deposit exploration in geological blocks, carried out on the basis of sampling along their outlines (fig. 2);

— statistical establishing of the representative sample net-work;
 — general evaluation of the variability of ledge parameters considered against its lithology.

Statistical parameters which feature the variability of the discussed copper-ore deposit, are presented in tables 1–17.

RESULTS OF INVESTIGATIONS

Variations in ore-bearing zones and copper content are haphazard and orderless (Kaczmarek 1969). These can be seen on the maps of isolines constructed on the basis of sampling of the deposit. The extreme values of the thicknesses and copper contents usually form well isolated areas. The frequency of such areas referred to certain fields and the variations of distance between maximum and minimum points, are considered as a general index of the deposit variability (figs. 7, 8, 13, 14).

The Foresudetic Monocline copper-ore deposit locally displays a remarkable differentiation of the degree of this variability (Nieć 1964). The increase of variability of deposit parameters may be related to the definite array of lithological types of the mineralized rocks; the smallest variability is characteristic of a deposit represented by sandstones and shales, whereas the highest one is typical of a deposit built of shales, dolomites, and subordinate sandstones. The transitional members of this array are represented by sandstone-shale sections accompanied by minor dolomites and by shale-dolomite sections. The degree of the deposit variability is expressed numerically by means of the ranging coefficients of ledge thickness, copper content, and metal efficiency from 1 m². For various blocks having similar dimensions, the values of respective coefficients may differ even three times (tab. 5, 13). Mutual relations between these three coefficients are variable.

Because of uniform sample net-work, the local changes of the discussed coefficients result in the various accuracies of the exploration of the deposit. Therefore, the lithology and copper content in the deposit should be considered as the principal factors controlling the proper choice of the distances between individual groove-samples which are taken from various parts of the mines. Statistical analysis indicates that the present sample net-work may be less dense; the distance of sampling should range, however, from 20 to 50 m contingently upon the local features of the deposit.

The ranging variability of the deposit also influences the degree of recognition of geological blocks, the recognition being carried out in workings which mark outlines of these blocks. This is evident from greatly diversified areas that are sufficient for satisfactory reliable recognition of the deposit.

These areas range from 8 000 m² to 50 000 m², if one assumes $\pm 10\%$ precision of the evaluation of the ore resources (tab. 8, 14)

Statistical evaluation of the results of the deposit sampling confirmed the data obtained from the geological prospecting drillings; the deposit parameters are much more variable in the individual lithological series than in the whole ore-bearing zone. Thus, the distribution of the mineralization is to some extent compensated; decrease in ore content in one lithological horizon is accompanied by increasing copper content in the other. The same is sometimes true about the thickness of the deposit; then, the lowered top of the ore-bearing zone in dolomites is usually accompanied by the increased thickness of the mineralized zones in sandstones. This observation, however, is valid only for some sections of the deposit and cannot be referred to the larger geological blocks. Increase in copper content may sometimes be accompanied by the decreased deposit thickness. The mentioned values may even be correlated. For instance, in one of the examined blocks, the correlation coefficients amounts 0.75 whereas the determination coefficients reaches the value of 57%.

The variability of the deposit is expressed by various amplitude and periodicity of the ranges of its thicknesses and copper contents (fig. 15), which can be referred to the lithology of the deposit. This is visualized while comparing the indexes (ratio of amplitude to periodical length in reference to thickness and copper content) of different geological blocks; mostly dolomitic sections of the deposit are characterized by average index of 1:45 whereas sandstone sections display index of 1:122.

The results of the present authors' investigations suggest that the statistical analysis should be closely connected with the observations of lithologic and textural features of the deposit. Based on such data, one can interpret geological nature of the deposit, evaluate its quantitative variability, divide a given region into the parts displaying similar variability, and attempt some genetic considerations.

Translated by Andrzej Żelaźniewicz