

Borys BORÓWKA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## CHARAKTERYSTYKA MINERAŁÓW CIĘŻKICH Z PIASKÓW ŻWIROWYCH KOPALNI KRUSZYWA „SĘPÓLNO WIELKIE” (WOJEWÓDZTWO ZACHODNIOPOMORSKIE)

**Streszczenie.** Praca przedstawia wyniki analizy jakościowej oraz ilościowej wyseparowanych minerałów ciężkich z piasków żwirowych Kopalni Kruszywa Naturalnego “Sępólno Wielkie” (województwo zachodniopomorskie). Analiza ilościowa wykazała, że procentowa zawartość minerałów ciężkich w opróbowanym rejonie złoża wynosi od 2,95% do 5,20%, średnio 3,89%. Na podstawie analizy mikroskopowej stwierdzono występowanie następujących minerałów ciężkich: amfibole, granaty, cyrkon, rutył, zoisyt, dysten, sillimanit, turmalin, a także minerały nieprzeźroczyste, takie jak: hematyt, ilmenit i magnetyt. Niewielki udział poszczególnych minerałów w złożu “Sępólno Wielkie” ogranicza możliwości ich przemysłowego wykorzystania.

## HEAVY MINERALS FROM SEMIGRAVEL IN THE BALAST – STONE MINE “SĘPÓLNO WIELKIE” (ZACHODNIO-POMORSKIE PROVINCE)

**Summary.** The article presents results of qualitative analyse and quantitative analyse of heavy minerals from the semigravel balast-stone mine “Sępólno Wielkie” (west pomorian province). quantitative analysis showed that the heavy minerals percentage in a sampled part of the delf was 2,95 – 5,20 %, average 3,89%. An microscopic analyse allowed to identify: amphibole, garnets, zircon, rutile, zoisite, kyanite, sillimanite, tourmaline and opaque minerals: hematite, ilmenite, magnetite (tab.2). Small concentrations of heavy minerals is sands from the “Sępólno Wielkie” mine preclude their exploitation and use.

## Wstęp

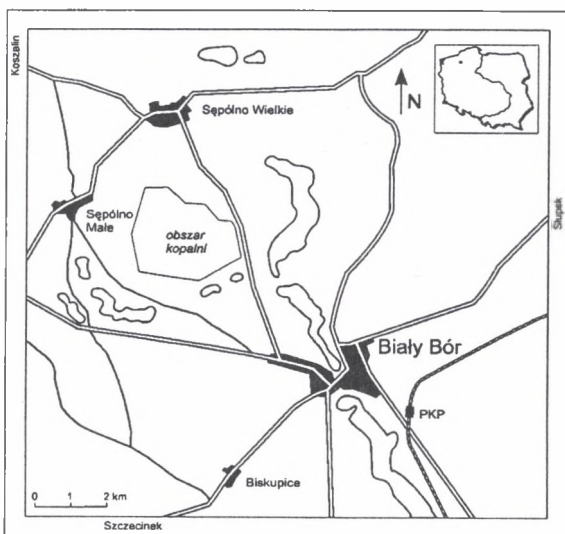
Minerały ciężkie mają duże znaczenie gospodarcze i ze względu na swoje właściwości (duża gęstość, twardość, odporność na wietrzenie, przewodność elektryczna itp.) są szeroko wykorzystywane w przemyśle:

1. złoto - w medycynie, przemyśle szklarskim, technice, jubilerstwie,
2. cyrkon - w przemyśle materiałów ogniotrwałych i odlewnictwie,
3. granaty - jako materiał ścierny,
4. rutil - w przemyśle chemicznym,
5. andaluzyt, sillimanit i dysten - w przemyśle materiałów ogniotrwałych,
6. magnetyt, hematyt - są najważniejszymi rudami żelaza,
7. ilmenit - jest najważniejszą rudą tytanu, wykorzystywany do produkcji stali specjalnych i wyrobu farb.

Nagromadzenia minerałów ciężkich występują wśród skał okruchowych, w utworach o różnej genezie (piaski rzeczne, morskie, lodowcowe itp.) jako pojedyncze i wysortowane ziarna, co umożliwia ich nieskomplikowaną i tanią eksploatację. Przykładem są złoża plażowe Stanu Kerali w Indiach, gdzie regularnie w porze monsunów dochodzi do wzbogacenia piasków w minerały ciężkie o zawartości do 95%, co pozwala na ich eksploatację bez wzbogacania grawitacyjnego [7,8]. "Określenie dokładnej ilości minerałów ciężkich w złożach okruchowych jest bardzo trudne. Pobranie średnich próbek jest bardzo kosztowne, a często niemożliwe, ze względu na dużą zmienność nagromadzenia minerałów ciężkich. Przyczyny tej zmienności mogą być związane z naturalną zmiennością eksploatowanych złóż, jak i z błędów pobierania prób tak niejednorodnego materiału" [7].

W Polsce minerałom ciężkim poświęcono już wiele uwagi, badano je wśród piasków bałtyckich, a także wśród utworów polodowcowych, wykazując, że w niektórych rejonach kraju występuje ich duże nagromadzenie, umożliwiające ich przemysłową eksploatację [5,6,12]. Można zatem przypuszczać, że również na Pomorzu Zachodnim może dojść, wśród utworów polodowcowych, do wzbogacenia minerałów ciężkich o znaczeniu przemysłowym. W tym celu w Kopalni Kruszywa Naturalnego "Sępólno Wielkie" podjęto badania polegające na przeprowadzeniu analizy ilościowej oraz określeniu składu jakościowego minerałów ciężkich w tamtejszym złożu.

Kopalnia Kruszywa Naturalnego "Sępólno Wielkie" położona jest na terenie województwa zachodniopomorskiego w odległości 2,0 km od miejscowości Sępólno Małe, Sępólno Wielkie oraz Biały Bór (rys.1).



Rys.1. Lokalizacja kopalni na tle mapy przeglądowej  
Fig.1. Location of the mine on the map

Złoże kopalni stanowią utwory pochodzenia fluwioglacjalnego ostatniego zlodowacenia czwartorzędowego. Pod 0,2-0,5 m warstwą gleby występują piaski drobno- i średnioziarniste zaliczone do nadkładu złoża. Serię złożową stanowi niejednolity kompleks piasków zwirowych barwy szarej o miąższości 2,0-12,2 m, średnio 7,0 m. Całość podścielają warstwy piasku drobno- i średnioziarnistego, piasku gliniastego i gliny piaszczystej [4].

## Analiza minerałów ciężkich

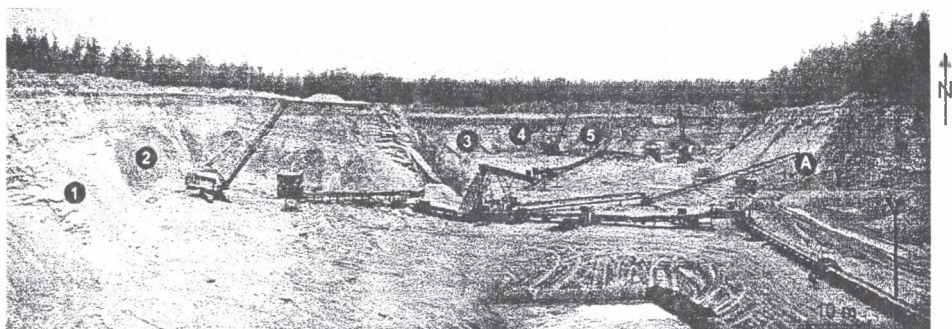
Obecnie złoże piasków kopalni "Sępólno Wielkie" eksploatowane jest w jednym wyrobisku, znajdującym się w części południowo-wschodniej obszaru kopalni. W celu wykonania badań pobrano 6 próbek punktowych (fot.1): pięć z nich pobrano z czynnego wyrobiska (przy

ich pobraniu kierowano się zmiennością litologiczną złoża (tab.1) oraz jedną próbkę ze stożka nasypowego (oznaczoną jako "A"), powstałego w wyniku gromadzenia urobku w czasie eksploatacji.

Tabela 1

## Analiza litologiczna kruszywa w eksploatowanym wyrobisku

Frakcja	Zawartość frakcji w próbkach [%]						
	próbka 1	próbka 2	próbka 3	próbka 4	próbka 5	p. ogólna	
zwirowa	~ 5	~ 28	~ 7	~ 23	~ 2	~ 5	
piaskowa	~ 94	~ 71	~ 92	~ 76	~ 97	~ 94	
	piaski średnio- ziarniste	piaski średnio- ziarniste	piaski średnio- ziarniste	piaski grubo- ziarniste	piaski średnio- ziarniste	piaski grubo- ziarniste	
pyłowa + iłowa	~ 1	~ 1	~ 1	~ 1	~ 1	~ 1	



Fot. 1. Kopalnia „Sępólno Wielkie”. Wyrobisko eksploatacyjne  
Fot.1. „Sępólno Wielkie” mine, part of delf

① – ⑤ Miejsca próbowania

W zakres badań wchodziły:

1. analiza sitowa,
2. wzbogacanie grawitacyjne w bromoformie,

3. separacja magnetyczna,
4. badania mikroskopowe w świetle przechodzącym,
5. badania mikroskopowe w świetle odbitym.

Do analizy sitowej przeznaczono wszystkie próbki; każdą przesiano przez zestaw 10 sit o średnicy oczek 8,0-0,063 mm, co pozwoliło uzyskać 10 klas ziarnowych [10,11]. W opróbowanym rejonie złoża dominują piaski średnio- i gruboziarniste. Frakcja piaskowa (2,0-0,05 mm) występuje w ilości ok. 80%, znacznie mniej jest frakcji zwirowej (>2,0 mm) ok. 18%, frakcje pyłowa oraz iłowa (<0,05mm) występują w ilości ok. 2%.

Wzbogacanie grawitacyjne przeprowadzono dla materiału o uziarnieniu mniejszym niż 0,5 mm, gdyż w większych ziarnach występują zrosty minerałów skalotwórczych z minerałami ciężkimi, co uniemożliwia ich analizę. Jako cieczy ciężkiej użyto bromoformu. Największe nagromadzenie minerałów ciężkich występuje w przedziale ziarnowym 0,16÷0,063 mm i wynosi od 1,55% do 12,84%, średnio 5,56%. Wyniki pokazały, że ogólna koncentracja minerałów ciężkich w czynnym wyrobisku wynosi 2,95-5,20%, średnio 3,89%, natomiast w próbce ogólnej 4,26%.

Badania mikroskopowe obejmują analizę minerałów ciężkich pod względem jakościowym oraz ilościowym. W tym celu wykonano preparaty do światła przechodzącego i odbitego. Preparaty do światła przechodzącego (ziarna minerałów scementowane balsamem kanadyjskim w płytce cienkiej) zostały wykonane w celu określenia inwentarza mineralnego i przeprowadzenia planimetrycznej analizy ilościowej zidentyfikowanych minerałów, biorąc za podstawę zliczeń 300 ziaren. Identyfikację minerałów przeprowadzono w oparciu o ich cechy optyczne [1,2,3,9].

Przeprowadzone badania składu mineralnego pozwoliły określić inwentarz minerałów ciężkich, który przedstawiono poniżej (fot.2).

Określając szacunkowo ich dwójłomność minerały nieprzeźroczyste są w różnym stopniu obtoczone, czasami o charakterystycznych gałązkowatych kształtach, o barwie ciemnobrunatnej i czarnej.

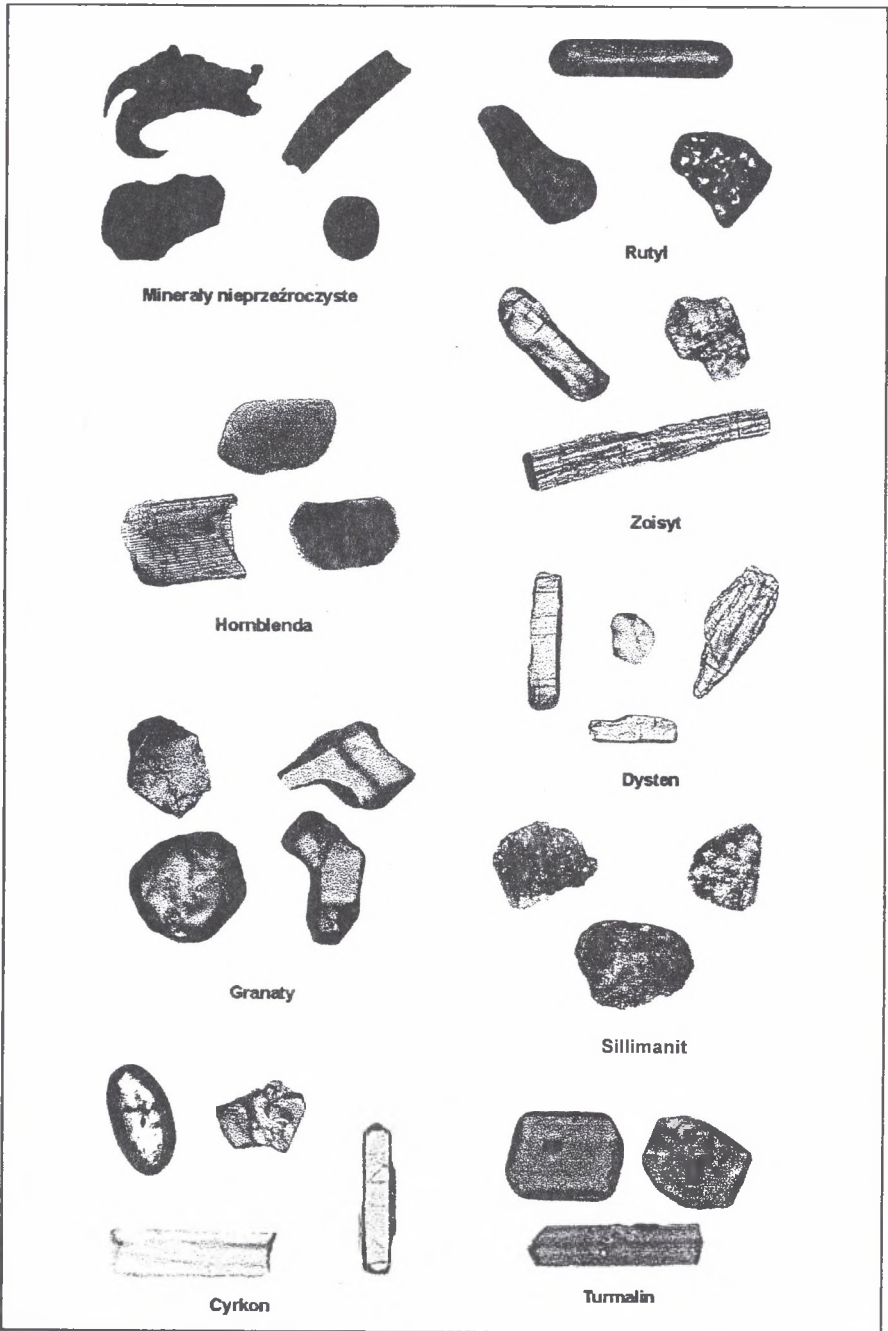
Minerały przeźroczyste to:

- amfibole - barwa od ciemnozielonej do żółtozielonej, czasem jest widoczny wyraźny pleochroizm, relief średni podobny do zoizytu i dystenu, łupliwość doskonała, barwy interferencyjne 3 rzędu,

- granaty - bezbarwne, a także żółtawobrunatne, są zróżnicowane - spotyka się ziarna, których cechy optyczne wskazują na glossular ( $n=1,73$ ), zróżnicowany współczynnik załamania światła szeregu pirop – almandyn wynoszący  $n=1,75-1,78$ , czasem tworzą zrosty,
- cyrkon - bezbarwny, wysoki, dodatni relief, pokrój pręcikowy, czasem krótkosłupkowy, barwy interferencyjne 4 rzędu,
- rutyl - żółty, czerwony, brunatny, czasami b. słaby pleochroizm, relief wysoki, zbliżony do cyrkonu, pokrój słupkowy, barwa własna maskuje barwy interferencyjne,
- zoisyt – bezbarwny, czasami spotykany jest w ziarnach o doskonałej łupliwości, pokroju grubosłupkowym,  $n_{\alpha} = 1,69 - 1,70$ ,  $n_{\gamma} = 1,69 - 1,72$ ,
- dysten – jest bezbarwny, czasem żółtawy,  $n_{\alpha} = 1,71 - 1,72$ ,  $n_{\gamma} = 1,72 - 1,73$ , tworzy wydłużone tabliczki o obtoczonych narożach,
- sillimanit – najczęściej posiada zaburzoną strukturę, co przejawia się jego zmętnieniem, jest białawy, żółtawy,  $n_{\alpha} = 1,65 - 1,66$ ,  $n_{\gamma} = 1,67 - 1,68$ , tworzy kryształy romboedryczne o nieregularnej zabrudzonej powierzchni,
- turmalin – występuje w kryształach oliwkowych, brunatnych, niebieskawych, o pokroju słupkowym i bardzo silnym pleochroizmie, barwy interferencyjne 3 rzędu.

Minerały nieprzeźroczyste poddano separacji magnetycznej, a następnie wykonane z nich brykiety poddano analizie w świetle odbitym. Badania wykazały, że minerały nieprzeźroczyste reprezentowane są przez:

- hematyt – tworzy jasnoszare ziarna o nieregularnych kształtach, często wydłużonych, o refleksyjności średniej ok. 25%, wyższej od ilmenitu i magnetytu, tworzy także liczne przerosty z ilmenitem,
- ilmenit – jest brunatnawy, o refleksyjności ~20%, występuje w postaci ziaren o nieregularnych, czasami strzępiastych kształtach, tworzy liczne przerosty,
- magnetyt – spotykany jest w okruchach szarych z ciemnobrunatną powłoką, o refleksyjności ~20%, tworzy ziarna o nieregularnych kształtach.



Fot.2. Minerały ciężkie ze złoża piasków żwirowych Kopalni „Sępólno Wielkie”. Powiększenie 70x, 1N  
 Fot.2. The heavy minerals from the Balast-Stone Mine „Sępólno Wielkie”. Enlargement 70x, 1N

Nagromadzenie wyróżnionych minerałów ciężkich w poszczególnych punktach wyrobiska jest zbliżone, a ich średni procentowy udział przedstawia tabela 2.

Tabela 2  
Średnie procentowe udziały poszczególnych minerałów ciężkich w wyrobisku

minerały nieprzeźroczyste	amfibole	cyrkon	granaty	rutyl	zoisyt	dysten	sillimanit	turmalin
[%]								
38,85	19,71	11,75	14,90	4,82	4,84	2,77	1,80	0,56

Procentowe udziały poszczególnych minerałów ciężkich w odniesieniu do ogólnej ich koncentracji w wyrobisku przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3  
Średnia koncentracja minerałów ciężkich w wyrobisku

hematyt	ilmenit	magnetyt	amfibole	cyrkon	granaty	rutyl	zoisyt	dysten	sillimanit	turmalin
[%]										
0,82	0,65	0,04	0,77	0,46	0,58	0,19	0,19	0,11	0,07	0,02

## Podsumowanie i wnioski

- Analiza minerałów ciężkich z piasków kopalni "Sępólno Wielkie" wykazała bogaty inwentarz tychże minerałów. Są to minerały skałotwórcze i akcesoryczne skał metamorficznych i magmowych naniesione głównie przez lodowiec z północy Europy. Spośród minerałów ciężkich występują: amfibole, cyrkon, granaty, zoisyt, sillimanit, dysten, turmalin oraz minerały rudne, takie jak: rutyl, hematyt, ilmenit i magnetyt.
- Badane minerały wykazują wyraźnie zróżnicowany stopień obtoczenia, występują ziarna kanciaste - często o strzępiastych formach, a także składniki dobrze obtoczone. Świadczy



to o zróżnicowanej formie transportu wodno-lodowcowego, m.in. część ziaren została poddana abrazji bezpośrednio, natomiast inne transportowane były w większych okrucach skalnych uwalniając się znacznie później.

3. Ogólna koncentracja minerałów ciężkich w opróbowanym złożu nie wykazuje znaczących różnic. Największe ich nagromadzenie występuje w zachodniej części wyrobiska – 4,98%, w części północnej jest mniejsza – 3,16%. Minerale ciężkie występują we wszystkich wyróżnionych frakcjach co świadczy o szerokim ich rozprzestrzenieniu.
4. Przedstawiony inwentarz minerałów ciężkich i ich niewielki udział w złożu piasków w Sępólnie nie upoważnia do projektowania separacji któregoś z wyróżnionych minerałów celem jego przemysłowego wykorzystania.

## LITERATURA

1. Bolewski A. Manecki A.: Mineralogia szczegółowa. Wyd. PAE, Warszawa 1993.
2. Borkowska M., Smulikowski M.: Minerale skałotwórcze. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1973.
3. Chodyniecka L., Kapuściński T.: Podstawowe metody rozpoznawania minerałów i skał. Pol. Śląska, Gliwice 1994. Skrypty Uczelniane nr 1869.
4. Dokumentacja geologiczna złoża Kopalni Kruszywa Naturalnego "Sępólno Wielkie". Gdańskie Przedsiębiorstwo Produkcyjne Kruszywa i Usług Geologicznych "Kruszgeo", Gdańsk 1998.
5. Grodzicki A.: Geneza i kierunki poszukiwań niektórych perspektywicznych wystąpień minerałów ciężkich na Dolnym Śląsku. "Fizykochemiczne problemy mineralurgii". Wrocław: Politechnika Wroclawska, zeszyty naukowe nr 23, 1990.
6. Jęczmyk M., Wojciechowski A.: Zasoby złota i minerałów ciężkich w odpadach poeksploatacyjnych kopalń kruszywa naturalnego w Polsce. "Przegląd Geologiczny" nr 10, 1994.
7. Łuszczkiewicz A.: Minerale ciężkie w żwirach i piaskach eksploatowanych na Dolnym Śląsku. "Fizykochemiczne problemy mineralurgii". Politechnika Wroclawska, Zeszyty Naukowe nr 23, Wrocław 1990.

8. Łuszczkiewicz A., Nawrocki J.: Surowce okruchowe, charakterystyka, technologie pozyskiwania minerałów ciężkich. "Fizykochemiczne problemy mineralurgii". Politechnika Wrocławska, Zeszyty Naukowe nr 23, Wrocław 1990.
9. Metodyka badań osadów czwartorzędowych (pod red. E. Ruhlego). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1973.
10. PN-71/C-04501. Analiza sitowa. Wytyczne wykonywania.
11. PN-76/M-02053. Sita i siatki. Podstawowe nazwy, określenia i podział.
12. Wajda W., Witkowski A.: Charakterystyka warunków sedymentacji osadów Zalewu Puckiego na podstawie analizy minerałów ciężkich. "Przegląd Geologiczny" nr 4, 1985.

Recenzent: Prof. dr hab. Janusz Janeczek

## Abstract

1. Analysis of heavy minerals coming from sands in the mine "Sępólno Wielkie" has revealed a large inventory of these minerals. They are rock-forming and accessory minerals contained in metamorphic and igneous rock generally brought by the glacier from the north of Europe. The following kinds of heavy minerals can be found: amphibole, zircon, garnets, zoisite, sillimanite, disthene, tourmaline and opaques: rutile, hematite, ilmenite, magnetite.
2. The minerals are shaped in a number of different ways. Some of them have irregular, often jagged edges, whereas others are well carved. This indicates that water-glacial transport of the grains had a diversified form: some grains underwent direct abrasion, some were transported together with bigger pieces and got released at a later time.
3. General distribution of heavy minerals in the delf sample does not show significant differences. The highest concentration occurs in the western part of the delf – 4,98%, and definitely lower is observed in the north – 3,16%. Heavy minerals are found in oil sand fractions, which means that they are widely spread.
4. The inventory of heavy minerals and low percentage of them in the sand delf found in "Sępólno" do not allow to plan their separation for industrial purposes.