

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA TRUDNO ZBYWALNYCH FRAKCJI AMFIBOLITU ZE ZŁOŻA PAGÓRKI WSCHODNIE

POSSIBILITIES OF UTILIZATION OF DIFFICULT-TO-MARKET AMPHIBOLITE FRACTIONS FROM THE PAGÓRKI WSCHODNIE DEPOSIT

Mirosław Maliszewski, Andrzej Pomorski, Tomasz Cichoń - „Poltegor - Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

Artykuł dotyczy alternatywnych możliwości zagospodarowania trudno zbywalnych frakcji amfibolitu ze złoża Pagórki Wschodnie. Aktualnie amfibolit wydobywany jest wyłącznie ze złóż położonych na terenie województwa dolnośląskiego. W roku 2015 eksploatowano trzy złoża (Ogorzelec, Pagórki Wschodnie i Piława Górna), z których wydobyto 1214 tys. ton surowca. Skład chemiczny amfibolitu ze złoża Pagórki Wschodnie został oznaczony za pomocą optycznego spektrometru emisyjnego oraz techniki SEM-EDS. W artykule przedstawiono dwa kierunki zastosowania drobnych frakcji amfibolitu, w rolnictwie i przemyśle ceramicznym.

Słowa kluczowe: amfibolit, trudno zbywalne frakcje, rolnictwo, przemysł ceramiczny, zagospodarowanie

This article concerns the alternative ways of managing of difficult-to-market amphibolite fractions from the Pagórki Wschodnie deposit. Currently, amphibolite is only exploited from deposits located in the Lower Silesia. In 2015, three deposits (Ogorzelec, Pagórki Wschodnie and Piława Górna) were exploited and 1 million 214 thousand tons of raw minerals were mined. The chemical composition of the amphibolite from the Pagórki Wschodnie was determined by an optical emission spectrometer and the SEM-EDS technique. This article presents two directions for the use of fine amphibolite fractions, in agriculture and in the ceramic industry.

Keywords: amphibolite, difficult-to-market fractions, agriculture, ceramic industry, utilization

Wprowadzenie

Amfibolity, to skały metamorficzne, których głównymi składnikami są amfibole (hornblenda, gedryt, cummingtonit) i plagioklasy. Poza tym w skład mineralny amfibolitów wchodzi kwarc, epidot, zoisyt, granaty, biotyt, kordieryt, andaluzyt, sillimanit, turmaliny, tytanit, ilmenit i pirokseny. Amfibolity wykorzystywane są jako kruszywo łamane przy budowie dróg, linii kolejowych, ostatnio jako kamień ozdobny do urozmaicania ogrodów.

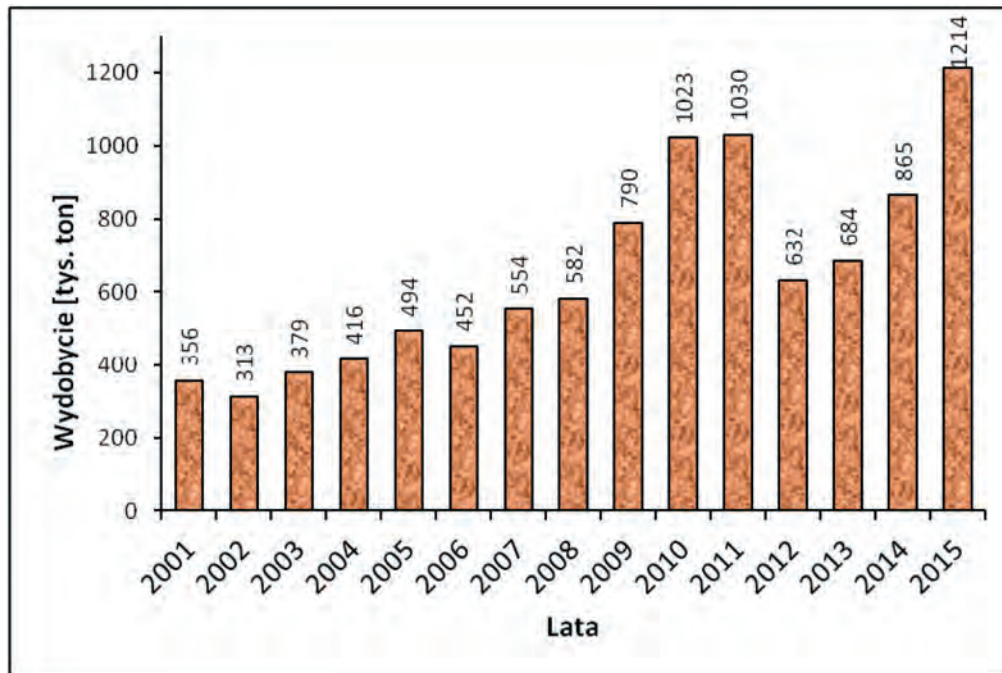
W Polsce amfibolity są eksploatowane jedynie na obszarze Dolnego Śląska. W Bilansie Zasobów Złóż Kopalin w Polsce (w roku 2015) wyszczególnionych jest 11 złóż [1]. W roku 2013 eksploatowano dwa złoża Piława Górna i Ogorzelec [2], zaś w roku 2014 eksploatacja objęła cztery złoża: Piława Górna, Ogorzelec I, Ogorzelec i Pagórki Wschodnie [3]. W roku 2015 amfibolity wydobywano z trzech następujących złóż: Ogorzelec, Piława Górna i Pagórki Wschodnie [1].

Od roku 2001 do 2015 wydobywanie amfibolitu w Polsce wzrosło z 356 tys. ton (w roku 2001) do 1214 tys. ton (w roku

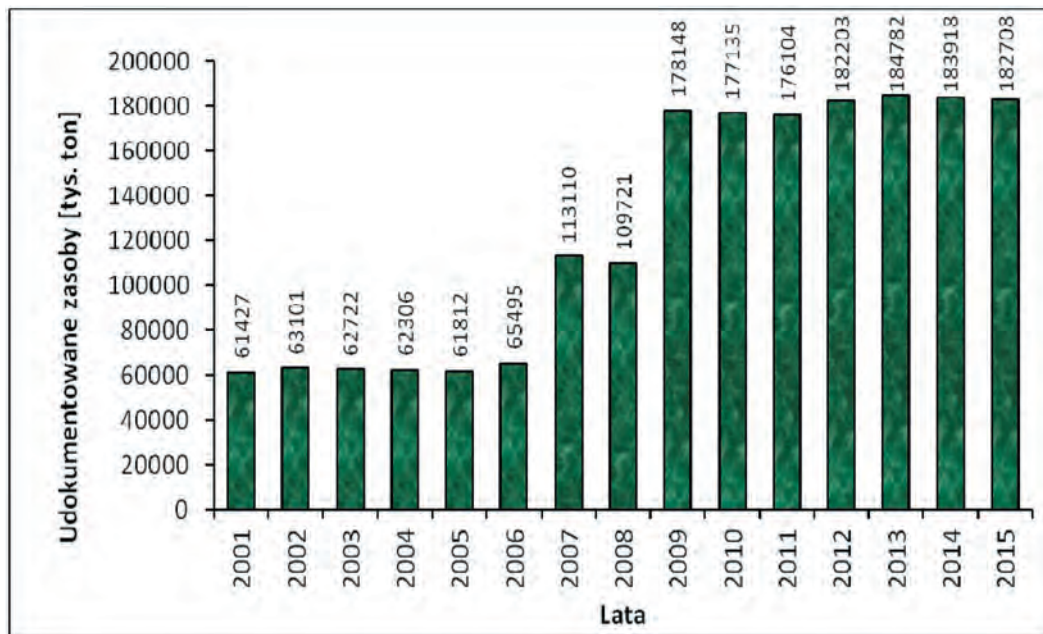
2015) (rys. 1). W wymienionym okresie wzrosła również ilość udokumentowanych zasobów z 61 427 tys. ton (w roku 2001) do 182 708 tys. ton (w roku 2015) (rys. 2). W ostatnich latach najwięcej amfibolitu wydobywa się ze złóż Piława Górna (638 tys. ton w 2013 roku) [2] oraz Ogorzelec i Ogorzelec I (693 tys. ton w 2015 roku) [1].

W procesie mechanicznej przeróbki amfibolitu powstają frakcje piaskowe i pylaste (odpylanie). Część frakcji piaszczystej jest zbywana, natomiast cała frakcja pylasta jest trudno zbywalna i stanowi materiał, który jest uciążliwy dla środowiska, z uwagi na pylenie i problem ze składowaniem. Składowanie drobnych frakcji skalnych jest niekorzystne nie tylko z powodów środowiskowych i społecznych, ale również kosztowych. Konieczne zatem jest rozważenie wszystkich możliwości ich zagospodarowania (odzysku). W tym celu niezbędne jest poznanie struktury, tekstury skał oraz składu chemicznego.

W artykule przedstawiono możliwości zagospodarowania trudno zbywalnych frakcji amfibolitu w przemyśle i rolnictwie, co jest zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju.



Rys. 1. Wydobywanie amfibolitu w Polsce w latach 2001-2015 [1-15]
 Fig.1. Amphibolite mining in Poland in the years 2001-2015 [1-15]



Rys. 2. Udokumentowane zasoby amfibolitu w Polsce w latach 2001-2015 [1-15]
 Fig. 2. Proved amphibolite reserves in Poland in 2001-2015 [1-15]

Charakterystyka złoża Pagórki Wschodnie

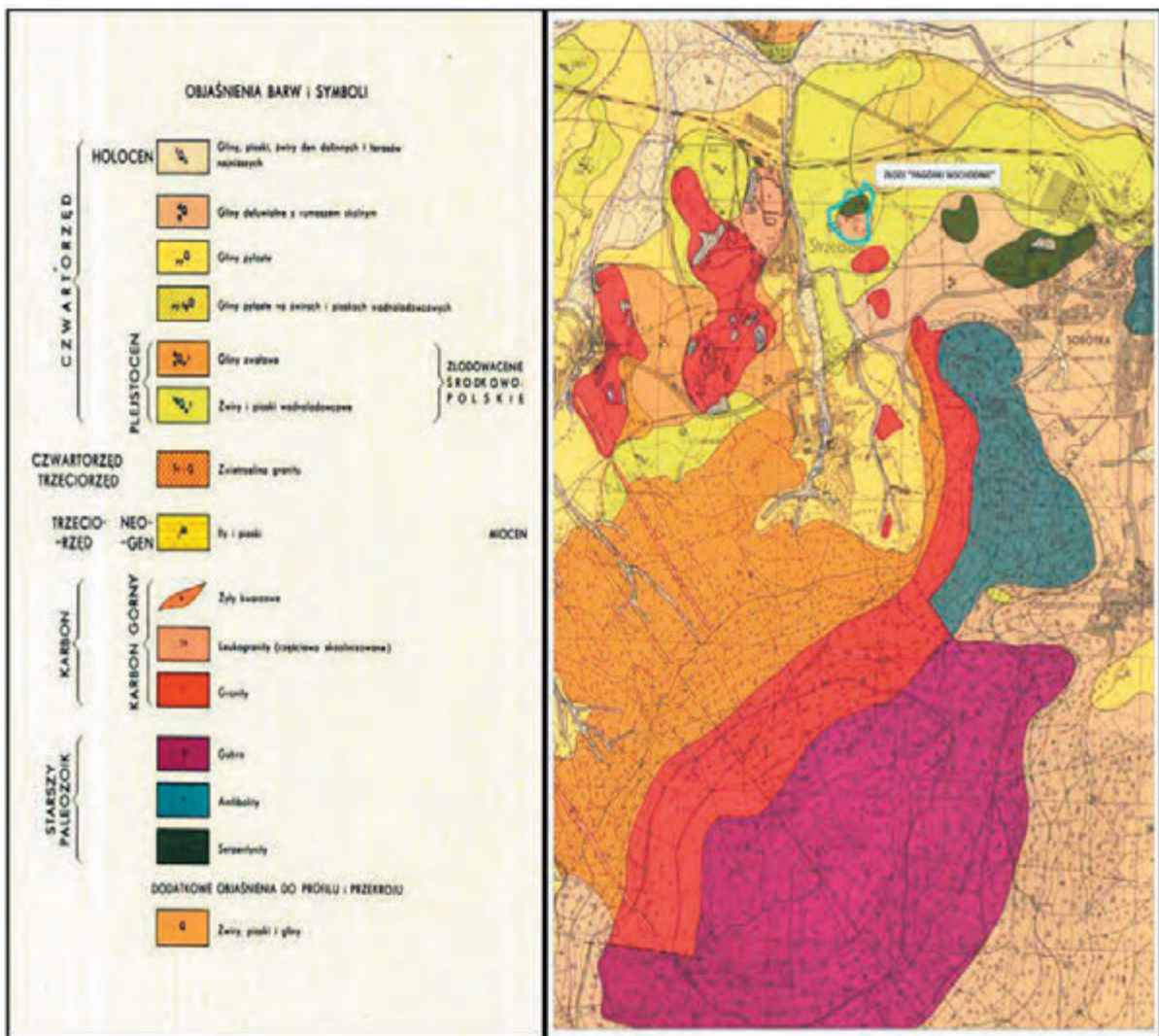
Kopalnia Pagórki Wschodnie leży we wschodniej części Masywu Strzegom-Sobótka (rys. 3). W kopalni wydobywane są trzy kopaliny: leukogranit, granit i amfibolit. Występowanie amfibolitów zostało potwierdzone trzema otworami badawczymi [16]. Złoże amfibolitu Pagórki Wschodnie pierwszy raz zostało wpisane do Bilansu Zasobów Złóż Kopalini w Polsce na koniec roku 2012 [4]. Udokumentowane zasoby kopaliny wyniosły 4640 tys. ton. Na koniec roku 2014 zasoby bilansowe wyniosły 4593 tys. ton [3], zaś przemysłowe 3573 tys. ton.

Wydobywanie amfibolitu ze złoża Pagórki Wschodnie rozpoczęto w roku 2014 (52 tys. ton) [3]. W roku 2015 wzrosło ono do 65 tys. ton [1]. Udział złoża Pagórki Wschodnie w całkowitym wydobyciu amfibolitu w Polsce wyniósł odpowiednio:

6,0% w roku 2014 i 5,4% w roku 2015.

Do przeróbki amfibolitu na kruszywa drogowe w kopalni Pagórki Wschodnie wykorzystuje się dwa zakłady przerobcze: mobilny i stacjonarny (fot. 1). Odpady eksploatacyjne powstają w obu zakładach. Skalny materiał odpadowy powstający w stacjonarnym zakładzie przerobczym, w związku ze stosowaniem płukania, charakteryzuje się niską zawartością frakcji pylastych i ilastych, natomiast ten z mobilnego zakładu nie jest płukany i dlatego zawiera więcej części ilastych i pylastych.

Wydobywany w kopalni Pagórki Wschodnie amfibolit poddawany jest obróbce. W wyniku przeróbki powstają frakcje stosowane w mieszankach bitumicznych zgodnych z normą PN-EN 13043:2004 [17] oraz w budownictwie, kruszywa spełniające wymogi normy PN-EN 13242+A-1:2010 [18].



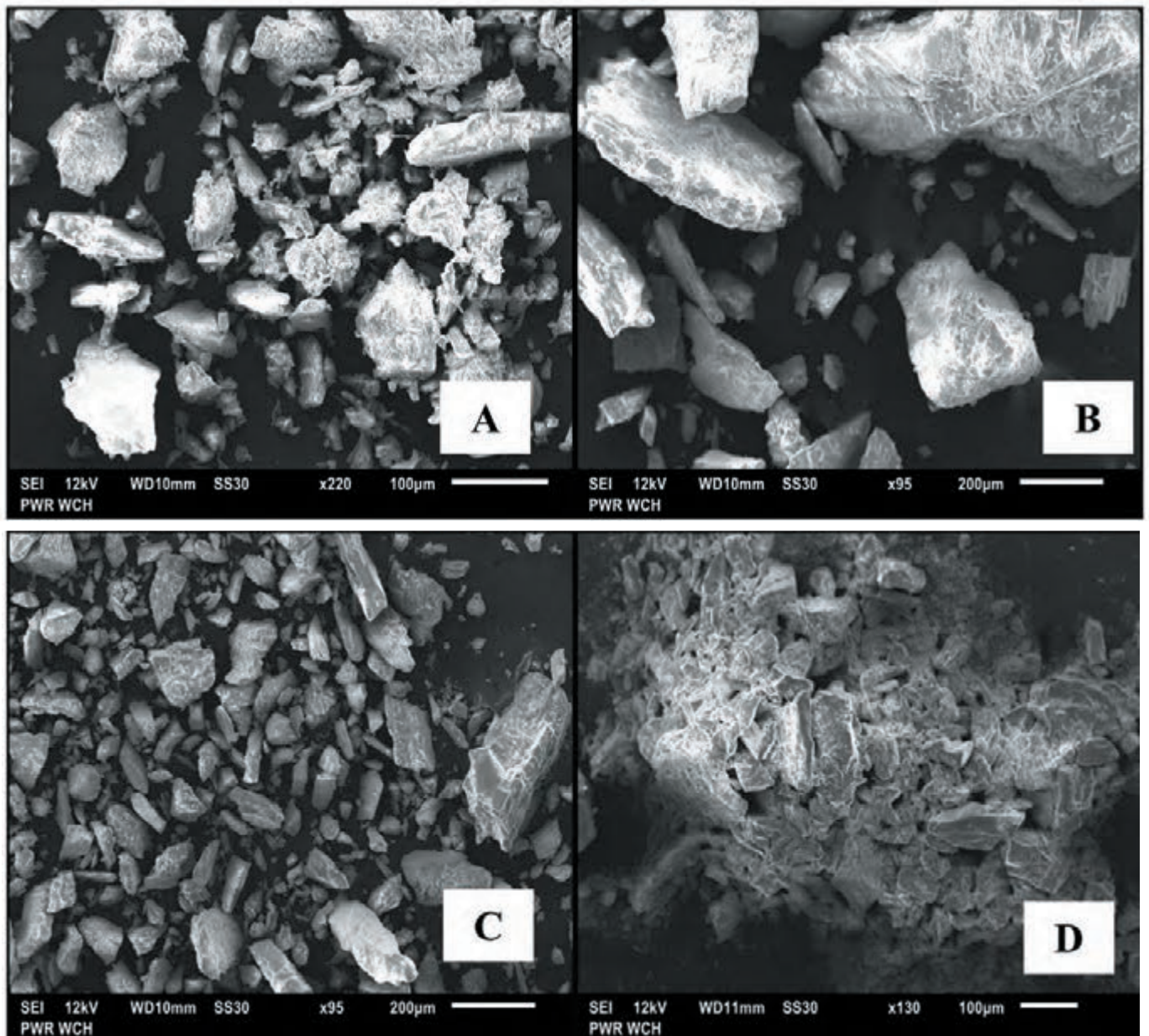
Rys. 3. Lokalizacja kopalni Pagórki Wschodnie na mapie geologicznej Polski w skali 1:25000 [16]
 Fig. 3. Location of Pagórki Wschodnie mine on the geological map of Poland on a scale 1:25000 [16]



Fot. 1. Zakład przerobczy w kopalni Pagórki Wschodnie (zdjęcia własne autorów)
 Phot. 1. Processing plant in the mine of Pagórki Wschodnie (photos taken by the authors)



Fot. 2. Skarpa amfibolitu w kopalni Pagórki Wschodnie (zdjęcia własne autorów)
 Phot. 2. Amphibolite slope in the mine of Pagórki Wschodnie (photos taken by the authors)



Fot. 3. Fotografie próbek wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego (SEM): (A)- próbka nr 11; (B) próbka nr 12; (C) próbka nr 13; (D) próbka nr 14
 Phot. 3. Photos of samples made by scanning electron microscopy (SEM): (A)- a sample no. 11; (B) a sample no. 12; (C) a sample no. 13; (D) a sample no. 14

Pochodzenie i charakterystyka drobnych frakcji amfibolitu

Skład petrograficzny

W kopalni występują amfibolity, które charakteryzują się szaro-zieloną barwą, strukturą granoblastyczną, drobno- do średnioblastycznej, teksturą masywną, lekko kierunkową z zaznaczoną foliacją (fot. 2).

Drobne frakcje amfibolitu, będące przedmiotem niniejszej pracy, pochodziły z zakładu przerobczego kopalni Pagórki Wschodnie SKSM, a ich próbki zostały pobrane w 2015 roku.

Do badań chemicznych pobrano 4 próbki oznaczone dla celów doświadczalnych jako: próbka 11 (frakcja 0-5 mm) pobrana z zakładu mobilnego oraz próbki 12 (frakcja 0-2 mm), 13 (frakcja 0-5 mm), 14 (frakcja poniżej 0-5 mm) pobrane z zakładu stacjonarnego. Identyfikację powierzchniową tych próbek przeprowadzono za pomocą mikroskopu skaningowego JEOL JSM-6610 LV (fot. 3).

Badania składu chemicznego przeprowadzono za pomocą optycznego spektrometru emisyjnego Optima 7000 DV firmy Perkin Elmer. Badania wykonała spółka z.o.o „Hydromet” w Kowarach. Skład chemiczny poszczególnych próbek (11-14) został opisany przez Witt i inni [19]. Na rysunku 4 przedstawiono uśrednione wartości (% masowy) składu chemicznego próbek oznaczonych jako 11-14 amfibolitu ze złoża Pagórki Wschodnie oraz dla porównania skład próbek ze złóż Ogorzelec i Wieściszowice [20].

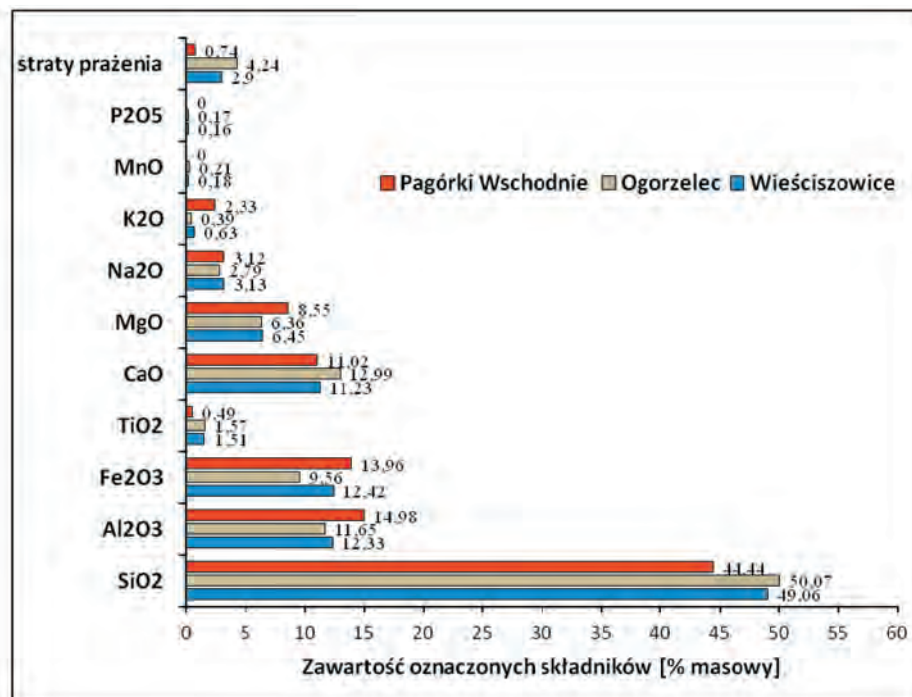
Podane wyniki dla amfibolitów ze złoża Pagórki Wschodnie są średnią arytmetyczną z danych uzyskanych dla próbek oznaczonych jako 11, 12, 13 i 14. Różnice procentowej zawartości związków mineralnych w poszczególnych próbkach nie przekraczały 5%, z wyjątkiem zawartości K_2O , którego najwyższy udział procentowy wynosił 3,28% (w próbce 14 pobranej z osadnika-szlama), zaś najniższy 1,11% oznaczony w próbce pobranej z wyrobiska (próbka 11) [19]. Dla porównania na rysunku 4 przedstawiono skład chemiczny amfibolitów ze złóż Wieściszowice i Ogorzelec [20]. W porównaniu

do amfibolitów ze złóż Ogorzelec i Wieściszowice, te pobrane ze złoża Pagórki Wschodnie charakteryzują się wyższą zawartością tlenku żelaza (Fe_2O_3 ; 13,96%). Wysoka zawartość tlenku żelaza umożliwia zastosowanie tego odpadu wydobywczego do barwienia szkliwa [20].

Łączna zawartość tlenków wapnia, magnezu i potasu (CaO , MgO i K_2O) wynosi 22,11% i jest wyższa w porównaniu do odpadów skalnych ze złóż Wieściszowice (18,31%) i Ogorzelec (19,74%) (rys. 4). Najbardziej interesujące są szlamy z osadnika (próbka 14), w których łączna zawartość ww. tlenków wynosi 22,75% [19]. Wysoka zawartość tlenków oraz niska zawartość krzemionki (44,44%) (rys. 4) sprawiają, że trudno zbywalne frakcje amfibolitowe ze złoża Pagórki Wschodnie mogą być używane do wytwarzania nawozów mineralnych (polepszaczy glebowych). Próbek pobranych z kopalni Pagórki Wschodnie nie badano na zawartość MnO i P_2O_5 .

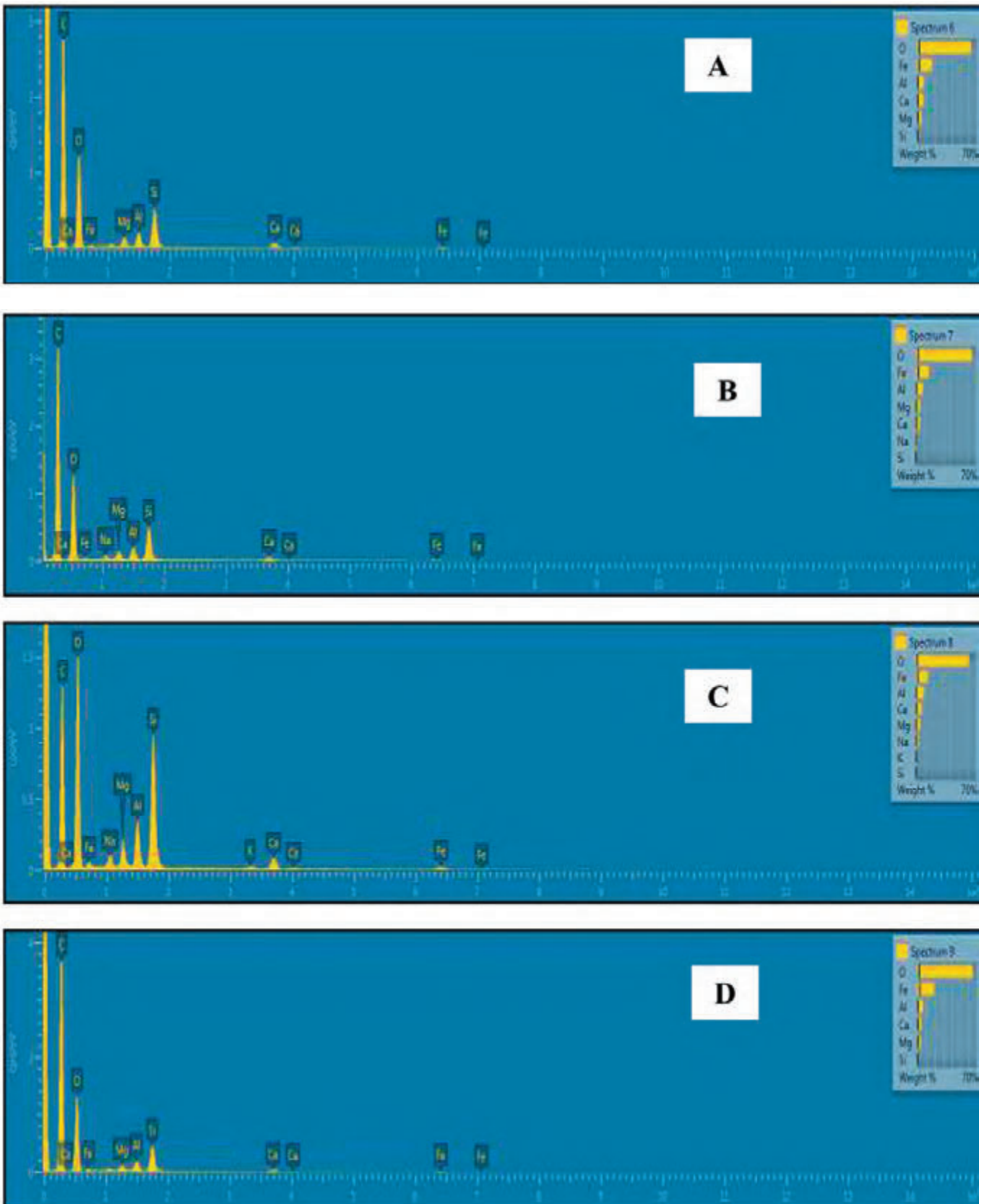
W materiale skalnym pochodzącym z zakładów górniczych w Wieściszowicach i Ogorzelcu oznaczono śladowe ilości tych związków (rys. 4). Zawartość MnO wynosiła 0,18% i 0,21% masowych, odpowiednio dla odpadów skalnych z Wieściszowice i Ogorzelca [20]. W przypadku P_2O_5 , wartości te wynosiły odpowiednio 0,16% i 0,17% [20].

Jednoznaczne potwierdzenie przydatności drobnych frakcji amfibolitowych w rolnictwie wymaga przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań, zwłaszcza dotyczących zawartości metali ciężkich, takich jak rtęć, kadm, ołów czy chrom. Zawartość zanieczyszczeń w materiałach, która eliminuje ich dalsze wykorzystanie została określona przez Komisję Wspólnot Europejskich (nr C(2006) 5369), dotyczy ona zawartości rtęci (powyżej 1 mg kg^{-1}), ołowiu (powyżej 100 mg kg^{-1}), niklu (powyżej 50 mg kg^{-1}), miedzi (100 mg kg^{-1}), kadmu (powyżej 1 mg kg^{-1}), cynku (powyżej 300 mg kg^{-1}) i chromu (powyżej 100 mg kg^{-1}). Identyfikację pierwiastków chemicznych wchodzących w skład amfibolitu (próbki oznaczone dla celów badawczych jako 11-14) przeprowadzono za pomocą analizy SEM-EDS (*energy-dispersive X-ray spectroscopy*). Widma EDS przedstawiono na rysunkach 5A-D.



Rys. 4. Skład chemiczny amfibolitu ze złóż: Pagórki Wschodnie (wartości uśrednione), Wieściszowice i Ogorzelec. (Dane uzyskane z [20])

Fig. 4. The chemical composition of amphibolite from mineral deposits of: Pagórki Wschodnie (average values), Wieściszowice and Ogorzelec. (Data taken from [20])



Rys. 5. Przykładowe widma EDS próbek amfibolitu: (A)- próbka nr 11; (B) próbka nr 12; (C) próbka nr 13; (D) próbka nr 14
 Fig. 5. EDS spectra of amphibolite: (A)- the sample no. 11; (B) the sample no. 12; (C) the sample no. 13; (D) the sample no. 14

Jak widać, na powyższych widmach, w badanych próbkach nie wykryto obecności pierwiastków stanowiących zanieczyszczenia eliminujące wykorzystanie materiału skalnego w rolnictwie.

Kolejnym kryterium wykorzystania odpadów jest ich granulacja. Odpady o granulacji 0-2 mm można wykorzystywać do produkcji nawozów, natomiast te o średnicy powyżej 2 mm muszą zostać poddane kruszeniu. Osady z osadnika (próbka 14) oraz część

materiału skalnego z zakładu przerobczego (szczególnie próbka 12) nie wymagają dalszego rozdrabniania.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że drobne frakcje amfibolitowe ze złoża Pagórki Wschodnie, w porów-

naniu do materiału skalnego ze złóż Ogorzelec i Wieściszowice, mają najlepsze parametry jako surowiec do barwienia szkliva.

Stosunkowo wysoka zawartość CaO, MgO i K₂O oraz niska zawartość SiO₂ uzasadnia podjęcie próby zagospodarowania drobnych frakcji materiału skalnego z tego złoża w kierunku produkcji nawozów mineralnych. Wykorzystanie trudno zbywalnych frakcji amfibolitowych w rolnictwie jest szczególnie interesujące, z powodu drastycznego ograniczenia nawożenia pól obornikiem, który jest cennym źródłem, zarówno makro- jak i mikroelementów. Wzbogacanie gleby w mikroelementy jest niezbędne ze względu na zmniejszenie zużycia nawozów mineralnych zawierających np. superfosfat prosty, kainit, kizeryt itp., ograniczenie emisji przemysłowych oraz uprawę wysoko plonujących odmian roślin [21].

Skład materiałów skalnych przeznaczonych do użycia w rolnictwie może być modyfikowany w zależności od zapotrzebowania roślin i klasy bonitacyjnej gleby. Istnieje możliwość dodawania drobnych frakcji innych skał, np. wapieni lub dolomitów. W takim przypadku ważnym ograniczeniem jest odległość między zakładami górniczymi, gdyż transport stanowi istotny element kosztów. W województwie dolnośląskim dolomity eksploatowane są w Rędzinach (powiat kamiennogórski), wapienie w Podgrodziu (powiat bolesławiecki).

Podziękowania dla Strzeblowskich Kopalń Surowców Mineralnych za możliwość przeprowadzenia badań.

Literatura

- [1] Szufflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2015, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2016, ISSN 1425-2910
- [2] Szufflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2013, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2014, ISSN 1425-2910
- [3] Szufflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2014, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2015, ISSN 1425-2910
- [4] Szufflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2012, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2013, ISSN 1425-2910
- [5] Szufflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2011, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2012, ISSN 1425-2910
- [6] Szufflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2010, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2011, ISSN 1425-2910
- [7] Wołkowicz S., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2009, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2010, ISSN 1425-2910
- [8] Wołkowicz S., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2008, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2009, ISSN 1425-2910
- [9] Gientka M., Malon A., Dyląg J. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2007, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2008, ISSN 1425-2910
- [10] Gientka M., Malon A., Tymiński M. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2006, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2007, ISSN 1425-2910
- [11] Przeniosło S., Malon A. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2005, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2006, ISSN 1425-2910
- [12] Przeniosło S. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2004, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005, ISSN 1425-2910
- [13] Przeniosło S. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2003, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2004, ISSN 1425-2910
- [14] Przeniosło S. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2002, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2003, ISSN 1425-2910
- [15] Przeniosło S. (red.) Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31.12.2001, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2002, ISSN 1425-2910
- [16] Kancler M., Dodatek nr 3 do Dokumentacji geologicznej złoża skały skaleniowej 'Pagórki Wschodnie' w kategorii B+C₁, Wrocław 2012
- [17] PN-EN 13043:2004. Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu
- [18] PN-EN 13242+A1:2010. Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
- [19] Witt A., Pomorski A., Cichoń T., Zbadanie możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych powstających w wybranych dolnośląskich kopalniach surowców skalnych w krajowym przemyśle ceramicznym oraz szklarskim. Dane niepublikowane 2016
- [20] Lubas M., Wyszomirski P., Niekonwencjonalne wykorzystanie amfibolitów dolnośląskich. Materiały Ceramiczne 61, 1, 31-34, 2009
- [21] Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowski J., Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, zeszyt 8, 99-110, ISBN 978-83-89576-74-3