

AKTUALNE KIERUNKI WYKORZYSTANIA GNEJSÓW ZE ZŁÓŻ DOLNOŚLĄSKICH I OPOLSKICH ORAZ PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA ICH W NOWYCH GAŁĘZIACH PRZEMYSŁU

CURRENT TRENDS OF UTILIZATION OF LOWER SILESIAN AND OPOLE GNEISS DEPOSITS AND PROSPECTS FOR THEIR USE IN NEW INDUSTRIES

Andrzej Witt, Zbigniew Schmidt, Andrzej Pomorski - „Poltegor Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego,
Wrocław

Arkadiusz Majcher - TESM Sp. z o.o. w Doboszowicach

Gnejsy są jedną z najmniej eksploatowanych skał metamorficznych w Polsce. Eksploatacja ich prowadzona jest obecnie na większą skalę tylko w trzech kopalniach. Tradycyjnie są wykorzystywane głównie do produkcji kruszyw łamanych na cele budowy dróg, linii kolejowych oraz w budownictwie. W ostatnich latach coraz częściej stosuje się je również do robót hydrotechnicznych oraz jako kamień ozdobny. Szczególnie ta druga branża rozwija się dynamicznie ze względu na duże walory zdobnicze. Skały, ze względu na skład mineralny, posiadają również możliwości ich wykorzystania w innych gałęziach przemysłu. Prowadzone badania wykazały potencjalne nowe kierunki ich zastosowania w przemyśle ceramicznym i szklarskim. Istnieje również, po przeprowadzeniu odpowiednich badań, szansa na zastosowanie pyłów gnejsowych oraz drobnych jego frakcji do produkcji nawozów dla rolnictwa.

Słowa kluczowe: gnejs, kruszywa łamane, kamień ozdobny, kamień hydrotechniczny, skalenie, surowce skaleniowo-kwarcowe, mikroelementy

Gneisses are one of the least excavated metamorphic rocks in Poland. The excavation is carried out on a large scale in only three open pits. Traditionally, they are mainly used for the production of crushed aggregate for the construction of roads, railways and building construction. In recent years they have been more often applied also in hydrotechnical construction works and as decorative stones. Especially the latter branch is growing rapidly due to gneisses' ornamental qualities. Due to their mineral composition these rocks can be also used in other industries. Studies have demonstrated potential new directions for their use in ceramic and glass industries. After suitable research there is also an opportunity to use gneiss dust and small particles for the production of fertilizers for agriculture.

Keywords: gneiss, crushed aggregate, decorative stone, hydrotechnical stone, feldspars, quartz-feldspar raw materials, trace elements

Charakterystyka złóż gnejsów

Gnejsy stanowią jedną z większych, a zarazem ważniejszych grup skał metamorficznych. Powstały one w wyniku przeobrażenia skał magmowych oraz skał osadowych ilastych, szarogłazów i arkoz. W ich składzie mineralogicznym zawsze występują skalenie i kwarc, którym z reguły towarzyszą łyszczyki, rzadziej amfibole. Skalenie budujące gnejsy występują w postaci kryształów różnych rozmiarów od małych po duże, kilkucentymetrowe. Ze względu na teksturę wyróżnia się gnejsy:

- oczkowe, kwarc i skalenie występują w nich w formie porfiroblastów wydłużonych,
- warstewkowe (laminowane, słojuowe), kwarc i skalenie występują w nim naprzemianlegle z biotytem w formie warstewek,

- blaszkowe (łyszczkowe) utworzone z lamin biotytowych,
- soczewkowe budowane przez agregaty kwarcowo skaleniowe w postaci różnej wielkości soczewek,
- pręcikowe (ołówkowe) zbudowane z pręcików o grubości do 5 mm,

W zależności od składu mineralnego wyróżnia się gnejsy:

- oligoklazowe,
- biotytowe, hornblendowe,
- łyszczykowe.

W Polsce gnejsy występują na Dolnym Śląsku: w Górach Izerskich, Karkonoszach, Rudawach Janowickich, Górach Sowich, Górach Złotych, Masywie Śnieżnika, Górach Orfickich, Górach Bystrzyckich, Wzgórzach Niemczańskich i Wzgórzach Strzelińskich, na Opolszczyźnie, w Tatrach Zachodnich oraz na Mazurach.

Gnejsy dolnośląskie

Na Dolnym Śląsku udokumentowano dotychczas 15 złóż gnejsów. Złoża te występują w:

- **Rejonie Wzgórz Niemczańsko-Strzelińskich** (6 złóż), w metamorfiku Doboszowic trzy złoża: Doboszowice 1, Doboszowice i Pomianów w masywie strzelińskim dwa złoża: Mikoszów i Strzelin, a w strefie Niemczy jedno złoże Brodziszów II,

Złoża metamorfiku Doboszowic zbudowane są z gnejsów leukokratycznych dwuływczykowych odmian o teksturach: warstewkowej, warstewkowo-oczkowej, oczkowej pręcikowej i masywnej [1], [15]. W złożach tych odmiany przechodzą jedna w drugą. Tekstury ich są ścinane przez lokalnie występujące żyłki kwarcowo-skaleniowe. Gnejsy leukokratyczne zbudowane są z kwarcu, skalenia potasowego i plagioklazu. Do podrzędnych składników należą biotyt, muskowit, niekiedy granat. Minerale akcesoryczne są reprezentowane przez cyrkon, apatyt, allanit i ilmenit.

Gnejsy ze złoża „Doboszowice 1” określono jako szare i jasno szare, drobno- i gruboziarniste, oczkowe o teksturze kierunkowej. Północno-zachodni teren złoża tworzą gnejsy gruboziarniste. Gnejsy te charakteryzują się obecnością jasnych lamin kwarcowo-skaleniowych o grubości od kilku milimetrów do kilku centymetrów oraz lamin ciemnych, biotytowych o grubości od kilku milimetrów do 1 cm. Laminacja ta w północno-zachodniej części złoża powoduje wyraźną oddzielność płytową. W złożu dominują gnejsy cieńkowarstewkowe, lokalnie smużyste. Są to na ogół skały drobnokrystaliczne jasnoszare. Warstewki biotytowe oddzielają warstewki kwarcowo – skaleniowe. Przeprowadzone badania geologiczne wykazały dużą zmienność gnejsu zalegającego w złożu [13].

Gnejsy masywu strzelińskiego [14] ze złoża Mikoszów są głównie drobnoziarniste barwy ciemnej, o teksturze smużystej lub cienko laminowanej i foliacji najczęściej dobrze widocznej wyznaczonej przez smugi biotyty. Charakterystyczną cechą jest występowanie w nich większych ziaren skalenia potasowego i plagioklazu o średnicy do 1 cm. Kwarc i skałen występują w gnejsie w postaci wydłużonych agregatów, oprócz nich znajdują się w nim: łyszczyki: biotyt i muskowit. Lokalnie występują w nich wkładki łupków biotytowo-amfibolitowych i amfibolitów oraz wkładki jasnych gnejsów o teksturze prętowej lub oczkowej. Granice między gnejsami a łupkami są nieostre i zawsze równoległe od foliacji. Przeobrażenie jednej skały w drugą następuje w wyniku zwiększenia się w łupkach zawartości biotyty i amfiboli przy równoczesnym spadku zawartości kwarcu. Wkładki amfibolitów, które występują w gnejsach posiadają grubość od kilkudziesięciu centymetrów do jednego metra.

Gnejsy jasne występują głównie w złożu Strzelin II oraz w mniejszej ilości w złożu Mikoszów. Są to skały barwy jasnoszarej lub jasnej o strukturze średnioziarnistej oraz teksturze oczkowej lub prętowej. Gnejsy te zbudowane są głównie z mikroklinu tworzącego oczka do 1 cm długości lub drobne ziarna, które z ziarnami plagioklazu budują wydłużone agregaty skaleniowe. Kwarc występuje w nich w postaci soczewkowato wydłużonych agregatów zbudowanych głównie z drobnych ziaren. Błaszki biotyty skupione są w cienkich warstewkach lub soczewkach [14].

Gnejsy strefy Niemczy ze złoża Brodziszów II występują w kompleksie migmatytowo - gnejsowym. Skały te wykazują strukturę drobno- i średnioziarnistą a teksturę bezładną i nebu-

litową. Skały te posiadają zróżnicowaną zawartość minerałów jasnych i ciemnych. W ich składzie mineralnym dominują kwarc i skalenie (oligoklaz) w ziarnach biotyty znajdują się liczne wrostki cyrkonu oraz niewielkiej ilości skalenia potasowego i granaty [10, 15].

- **Gnejsy gór Sowich** - aktualnie udokumentowane są cztery złoża: Grodziszcze, Mościsko Padole i Koziniec [4], [5].

Złoża zlokalizowane są na przedgórzu Gór Sowich. Złoże Padole znajduje się na północny zachód od miasta Pieszyce, natomiast złoża Mościska i Grodziszcze w pobliżu drogi Dzierżoniów - Świdnica. W złożach tych występują głównie gnejsy oligoklazowo-biotytowe w postaci migmatytów. Głównymi minerałami skałotwórczymi, które je tworzą są kwarc, oligoklaz i biotyt, pobocznymi mikroklina, granat i sylimanit. W mniejszych ilościach spotyka w tym rejonie gnejsy dwuływczykowe z dużą zawartością mikroklinu. Odmiany te przechodzą często w gnejsy oczkowe.

Złoże Koziniec tworzą gnejsy migmatyczne. Są to gnejsy smużyste średnio- i gruboziarniste. Skały te składają się z ziarenek szarego kwarcu, oligoklazu i biotyty występującego w postaci blaszek. Podrzędnie występują w nich skałen potasowy oraz muskowit [11], [12].

- **Gnejsy Gór Izerskich** udokumentowane są w dwóch złożach: Stankowice i Kamienica Mała.

Gnejsy te najczęściej mają barwę szarą, budowę cienkolaminowaną, drobnooczkową z nagromadzeniami biotyty o średnicy do 20 cm. W skład mineralny gnejsów izerskich najczęściej wchodzi: kwarc w kilku generacjach, kwaśny plagioklaz, albit i średniozasadowy oligoklaz, łyszczyk jasny i ciemny, chloryt i skałen potasowy. Akcesorycznie występują rutil, ilmenit, apatyt, cyrkon, tlenki żelaza, epidot, granat i allanit. Tekstura gnejsów jest: warstewkowa płaska i grubosoczewkowa oraz warstewkowo – soczewkowa [16].

- **Gnejsy Karkonoszy** udokumentowane są w jednym złożu Ogorzelec, które znajduje się na pograniczu Karkonoszy i Rudaw Janowickich. W złożu Ogorzelec udokumentowane są głównie amfibolity oraz jako kopalina współwystępująca gnejsy. Ich kontakty z amfibolitem są zawsze stromo nachylone (70 — 80°). Gnejsy charakteryzują się dużą zawartością kwarcu, przekraczającą 60%. W złożu występują gnejsy hornblendowe i chlorynowe [16].

- **W Górach Bystrzyckich** gnejsy udokumentowane są w dwóch niedużych złożach Nowa Wieś i Goworów.

Złoża te znajdują się na obrzeżach masywu śnieżnickiego. Gnejsy występujące w tych złożach są grubokrystaliczne słojowe, reprezentują typ gnejsu śnieżnickiego [2].

Gnejsy opolszczyzny

W województwie opolskim udokumentowane są dwa złoża gnejsu: Kamienna Góra i Maciejowice I. Złoże to budują dwa kompleksy: granity karbońskie i proterozoiczne skały metamorficzne - głównie gnejsy.

Stan zagospodarowania złóż gnejsów

Aktualnie udokumentowanych jest 17 złóż gnejsu. Złoża te zlokalizowane są następująco: 15 w województwie dolnośląskim i 2 w województwie opolskim. W tabeli 1 zestawiono zasoby udokumentowanych złóż według stanu

Tab. 1. Zasoby gnejsu w Polsce według stanu na 31.12.2014 r. [19] oraz jego wydobycie w latach 2011 – 2014

Tab. 1. The gneiss resources in Poland in 2014 [19] and gneiss production in 2011-2014

Lp.	Złoże	Zasoby wg stanu na 31.12.2014		Wydobycie			
		geologiczne	przemysłowe	2011	2012	2013	2014
		tys. Mg	tys. Mg	tys. Mg	tys. Mg	tys. Mg	tys. Mg
1	Doboszowice	32 323	32 323	239	120	203	235
2	Doboszowice 1	209 666	206 580	679	200	191	375
3	Mikoszów	7 613	23 251	23	4	-	19
4	Nowa Wieś	1 362	-	29	15	16	6
5	Ogorzelec	4 772	4 772	-	423	330	260
6	Kamienna Góra	7 076	853	21	23	8	18
7	Pomianów	25 125	23 711	186	138	-	-
8	Maciejowice I	7 083	6 742	36	-	-	-
9	Strzelin	11 421	9 464	-	-	-	-
10	Brodziszów II	11 602	-	-	-	-	-
11	Goworów	102	-	-	-	-	-
12	Grodziszcze	42 308	-	-	-	-	-
13	Kamienica Mała	8 647	-	-	-	-	-
14	Koziniec	1 774	-	-	-	-	-
15	Mościsko	5 304	-	-	-	-	-
16	Padole	40 390	-	-	-	-	-
17	Stankowice	47 484	-	-	-	-	-
Razem		464 052	307 696	1 213	923	748	913

na 31.12.2014 r. Wydobycie gnejsu w latach 2011 do 2014 prowadzone było w 7 kopalniach. Obecnie eksploatacja jest prowadzona w 6 kopalniach, z których tylko 3 wydobywają powyżej 100 tys. Mg rocznie, pozostałe prowadzą wydobycie na niewielką skalę. Część kopalń eksploatuje złoża, w których gnejs jest kopalnią współwystępującą.

Największe zasoby gnejsu udokumentowano w metamorfiku Doboszowic w trzech złożach: Doboszowice 1 - 209 666 tys. Mg, Doboszowice - 32 323 tys. Mg i Pomianów - 25 125 tys. Mg. Łącznie zasoby gnejsu tego rejonu wynoszą 267 114 Mg tj. 57,6% całości udokumentowanych zasobów tej kopaliny w Pol-

sce. Także eksploatacja gnejsu prowadzona była głównie na tych złożach w roku 2014 i wyniosła 610 tys. Mg, co stanowiło 67% wydobycia krajowego. Eksploatacja jest prowadzona przez dwa przedsiębiorstwa: TESM Sp. z o. o. na złożu Doboszowice 1 oraz Kopalnię Gnejsu Pomianów-Doboszowice Sp. z o.o. na złożach Doboszowice i Pomianów. Kopalnia Doboszowice 1 produkuje: kruszywa budowlane, drogowe i kolejowe, kamień do robót hydrotechnicznych oraz kamień ozdobny. Przedsiębiorstwo Kopalnia Gnejsu Pomianów-Doboszowice prowadzi aktualnie wydobycie ze złoża Doboszowice i produkuje: kruszywa kolejowe, drogowe i budowlane oraz kamień ozdobny.



Fot. 1. Wyrobisko kopalni Doboszowice 1
Fot. 1. Doboszowice 1 open pit



Fot. 2. Wzrostki kopalni Ogorzelec
Fot. 2. Ogorzelec open pit

W masywie strzelińskim udokumentowane są dwa złoża gnejsu: Mikoszków oraz Strzelin. Zasoby geologiczne tych złóż wynoszą łącznie 29 034 tys. Mg. Eksploatacja aktualnie prowadzona jest w niewielkim zakresie tylko na złożu Mikoszków. W kopalni Strzelin gnejs jest kopalnią współwystępującą.

Na obrzeżach Wzgórz Niemczańsko - Strzelińskich znajduje się złożo gnejsu Brodziszów II o zasobach 11 602 tys. Mg, które nie jest eksploatowane.

Na pograniczu Karkonoszy i Rudaw Janowickich udokumentowane jest złożo amfibolitu Ogorzelec. W złożu tym gnejs jest kopalnią współwystępującą, a jego eksploatacja jest prowadzona od wielu lat. Geologiczne zasoby gnejsu, w nim zalegającego wynoszą 4 772 tys. Mg. Kopalnia wydobyla 260 tys. Mg w roku 2014. Produkcja kruszyw odbywa w zakładzie przerobczym stacjonarnym, który posiada trzy stopnie kruszenia, kilka stopni przesiewania i dwie niezależne linie do produkcji grysów. Płukanie grysów odbywa się na oddzielnej instalacji.

W Górach Sowich udokumentowane są aktualnie zasoby geologiczne gnejsu w ilości 89 776 tys. Mg i są zlokalizowane w czterech złożach: Mościska, Grodziszcze, Padole i Koziniec. Dotychczasowe próby podejmowane w celu uzyskania koncesji na eksploatację złóż Mościska i Grodziszcze napotykały na duży sprzeciw miejscowej ludności. W chwili obecnej podjęcie ich eksploatacji nie jest możliwe. Istnieją natomiast możliwości eksploatacji złoża „Padole”, gdyż w planie ochrony dla parku krajobrazowego Gór Sowich wprowadzono zapis, który ewentualną jego eksploatację warunkuje stosowaniem w wyrobisku oraz zakładzie przerobczym zraszania dla minimalizacji emisji pyłów. Złożo Koziniec obecnie również nie jest eksploatowane.

W Górach Izerskich udokumentowane są dwa złoża gnejsu Stankowice i Kamienica Mała, a ich łączne zasoby geologiczne wynoszą 56 131 tys. Mg. Fakt, że złoża te są zlokalizowane na terenach uważanych za atrakcyjne turystycznie powoduje, że ewentualna ich eksploatacja napotyka również na duży sprzeciw społeczny.

W Kotlinie Kłodzkiej udokumentowano zasoby geologiczne dwóch złóż: Nowa Wieś i Goworów. Zasoby tych złóż są niewielkie i wynoszą 1 464 tys. Mg. Obecnie eksploatacja

prowadzona jest tylko na złożu Nowa Wieś w ilości od kilku do kilkunastu tysięcy Mg rocznie (w roku 2015 – 6 tys. Mg). Właścicielem kopalni jest Nadleśnictwo Międzyzlesie. Urabianie złóża prowadzone jest bez użycia materiałów wybuchowych. Materiał skalny pozyskiwany jest mechanicznie za pomocą koparki, która ładuje na środki transportowe zwietrzałą skałę. Kopalina wykorzystywana jest przez właściciela do utwardzania leśnych dróg oraz lokalnie w budownictwie, między innymi do wykonywania podmurówek, murów itp. konstrukcji.

Na Opolszczyźnie gnejs występuje w dwóch złożach jako kopalina współwystępująca. Są to złoża Kamienna Góra i Maciejowice I. Zasoby geologiczne gnejsu udokumentowane w tych złożach wynoszą łącznie 14 159 tys. Mg. Aktualnie eksploatacja prowadzona jest tylko na złożu Kamienna Góra w roku 2014 wydobyto 18 tys. Mg. Złożo Maciejowice I eksploatowane było do 2011 r. Od tego roku wstrzymano wydobycie i aktualnie nie przewiduje się jego wznowienia.

Kierunki wykorzystania gnejsów

Kruszywa łamane

Podstawowym kierunkiem wykorzystania gnejsów ze złóż Doboszowice 1, Doboszowice i Ogorzelec jest produkcja z nich kruszyw łamanych i granulowanych. Produkty te wykorzystywane są do budowy dróg, linii kolejowych oraz w budownictwie do produkcji betonu. Kruszywa te stosowane są do wytwarzania mieszanek bitumicznych i powierzchniowych uzupełnień stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu. Frakcje produkowane przez kopalnie zestawiono w tabeli 2 i 3.

Z gnejsów wytwarzane są również grysy stosowane do produkcji betonu. Grysy te spełniają warunki obowiązującej normy wg PN-EN 12620+A1:2010.

Kamień do robót hydrotechnicznych

Gnejs z kopalni Doboszowice 1 charakteryzuje się bardzo małą nasiąkliwością, bardzo dobrą mrozoodpornością, bardzo dużą wytrzymałością na ściskanie oraz bardzo dużą odpornością na ścieranie. Skała ta spełnia wszystkie wymagania dla kamie-

Tab. 2. Frakcje kruszywa gnejsowych produkowanych na cele budowy dróg i linii kolejowych [17]

Tab. 2. Fractions of gneiss aggregate produced for the construction of roads and railway lines [17]

Lp.	Rodzaj kruszywa	granulacja	Zastosowanie
		mm	
1	Piasek łamany	0-2	Budownictwo drogowe
2	Piasek łamany	0-5	
3	Piasek łamany	0-8	
4	Kruszywo o uziarnieniu ciągłym	0-31,5	Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
5	Kruszywo o uziarnieniu ciągłym	0-63	
6	Kliniec	4-31,5	Budownictwo drogowe
7	Łuczeń drogowy	31,5-63	
8	Łuczeń kolejowy	31,5-50	Budownictwo kolejowe
9	Niesort	0-31,5	Budownictwo drogowe
10	Niesort	0-63	

Tab. 3. Frakcje grysów gnejsowych stosowanych do produkcji betonu

Tab. 3. Fractions of gneiss grits used for the production of concrete

Lp.	Rodzaj kruszywa	Granulacja	Zastosowanie
		mm	
1	Grys	2-5	Kruszywa do betonu
2	Grys	2-8	
3	Grys	5-8	
4	Grys	8-16	
5	Grys	16-22	

Tab. 4. Asortymenty produkowanego kamienia hydrotechnicznego

Tab. 4. Hydrotechnical stone products

Lp.	Rodzaj produktu	Frakcje [mm]
1	Kamień do robót hydrotechnicznych uziarnienia grubego	63-250
2	Kamień do robót hydrotechnicznych uziarnienia grubego	100-150
3	Kamień do robót hydrotechnicznych uziarnienia grubego	100-250
4	Kamień do robót hydrotechnicznych uziarnienia lekkiego	150-300
5	Kamień do robót hydrotechnicznych uziarnienia lekkiego	300-500

nia do robót hydrotechnicznych w najwyższych kategoriach. Parametry wytrzymałościowe gnejsu ze złoża Doboszowice 1 są zbliżone do parametrów granitu ze złóż dolnośląskich. Średnie wartości parametrów gnejsu zawierają się w przedziałach parametrów odpowiadających skałom granitowym i tak: gęstość objętościowa 2,61 – 2,70 Mg/m³ dla gnejsu 2,63 Mg/m³, nasiąkliwość 0,25 -0,75% dla gnejsu 0,41%, wytrzymałość na ściskanie 112 – 206 MPa dla gnejsu 158 MPa (max do 250 MPa). Mrozoodporność dla 25 cykli zamrażania i rozmrażania bez ubytków wszystkie taką samą [7]. Asortymenty produkowanego kamienia do robót hydrotechnicznych zestawione są w tabeli 4.

Kamień ozdobny

Produkcja kamieni ozdobnych w ostatnich latach jest branżą dynamicznie się rozwijającą. Gnejsy ze względu na ciekawą teksturę znajdują w niej duże zastosowanie. Ich właściwości fizykochemiczne zapewniają trwałe i naturalny wygląd, dobrze komponujący się z otaczającą przyrodą. Wykorzystywane są one coraz częściej w małej architekturze indywidualnej zabudowy (fot. 5). Z gnejsu budowane są: kaskady, oczka wodne, ścieżki ogrodowe, tarasy, ogrodzenia, okładziny elewacyjne,

zajazdy, skwery, miejsca parkingowe itp. Zaletą gnejsu jest jego trwałość i odporność na czynniki atmosferyczne. Kruszywa ogrodowe oferowane są w bogatym wyborze, ciekawej kolorystyce i różnej granulacji:

- kora kamienna drobna 6-11 mm (w wersji płukanej),
- kora kamienna 20-50 mm,
- kora kamienna drobna (fot. 3) 11-32 mm (w wersji płukanej),
- kora kamienna drobna 32-63 mm,
- płytki laminowane 63-250 mm,
- kamień laminowany 50- 150 otoczony,
- kamień laminowany extra 100-200 otoczony,
- kamień łamany laminowany 100-500 mm,
- płytki łupane laminowane nieformatowane
- płytki łupane szare nieformatowane
- głązy ogrodowe „szpilki” (fot. 4) 500-1200 mm,
- głązy ogrodowe pow. 500.

Produkty sprzedawane są luzem, w kontenerach elastycznych, na paletach, na podkładce lub w workach.

Płytki kamienne o grubości do 40-50 mm, przeznaczone są do nawierzchni ruchu pieszego, z grubszych można wykonywać wjazdy, podjazdy i nawierzchnie parkingowe.



Fot. 3. Kora kamienna
Fot. 3. Stone bark

Gnejs może być również wykorzystywany, jako materiał budowlany w pracach wykończeniowych ścian zewnętrznych, jako kamień elewacyjny. Jego kierunkowa tekstura i naturalna różnorodność zapewniają budynkom oryginalny wygląd.

Wykorzystanie gnejsów jako surowca do ceramiki

Gnejs w swoim składzie mineralnym posiada znaczne ilości skaleni. Badania prowadzone w kopalni Doboszowice 1 miały wykazać czy istnieje możliwość wydzielenia z tej skały surowca skaleniowego do produkcji wyrobów ceramicznych. Problem w realizacji tego zadania stanowi niejednorodna budowa złóż gnejsu. Występują duże problemy z wydzieleniem w złożach gnejsu rejonów o jednolitym składzie mineralogicznym i chemicznym. Nie oznacza to jednak dyskwalifikacji ich jako surowca dla przemysłu ceramicznego. Wydobyć ze złóż można prowadzić selektywnie.

Badaniami prowadzonymi w kopalni Doboszowice 1 objęto gnejs uzyskany z prac rozpoznawczych złoża, z wyrobiska oraz z zakładu przerobczego. Próby pobrane zostały z:

- rdzenia otworu rozpoznawczego 7D z głębokości 11 m, 27 m i 40 m (fot. 6-8),
- wyrobiska - skarp eksploatacyjnych próby nr 65 i 67,
- produktów – próba nr 61 tłuczeń 31,5 – 63 mm tzw. kora, próba nr 62 długie kawałki gnejsu warstewkowego,
- odpadów powstających w zakładzie przerobczym - nr 60. frak-



Fot. 4. Gnejs ozdobny „szpilki gnejsowe”
Fot. 4. Decorative gneiss - „gneiss pins”

cja 6 – 11 wysiana z odpadu 0 – 11, nr 76 z składowiska odpadu w „odcieniu białym”, nr 77 frakcja odpadowa 0 – 11 mm składowisko odpadu w zakładzie przerobczym. [20]

Na fotografiach 9 i 10 przedstawiono miejsce w wyrobisku, z którego pobrano próbę oraz fragment składowiska odpadu, z którego również pobrano próbę.

Wyniki badań laboratoryjnych pobranych prób zestawiono w tabelach 5 i 6.

Klasa ziarnowa ¹ (0,2-0,8), ² (0,08-0,16), ³ (0,8-1,4), ⁴ (0,2-0,8), ⁵ (0,8-1,4), ⁶ (0,2-0,8) ⁷. (0,8-1,4

Pobrane do badań próby poddane zostały procesowi kruszenia, rozdzielenia na frakcje oraz oczyszczaniu w silnych polach magnetycznych. Badania wykazały, że proces ten jest efektywny dla frakcji o granulacji od 0,1 mm do 2 mm oraz gdy ilość nadawy podanej do separacji zawiera nie więcej niż 25% odpadów podatnych magnetycznie [20]. Analiza udziału



Fot. 5. Przykład zastosowania gnejsu ozdobnego w małej architekturze
Fot. 5. Example of decorative gneiss uses in small architecture



Fot. 6. Rdzeń otworu 7D – 11 – 12
Fot. 6. A core from 7D borehole - 11 – 12 m



Fot. 7. Rdzeń otworu 7D – 27-28 m
Fot. 7. A core from 7D borehole - 27-28 m



Fot. 8. Rdzeń otworu 7D – 40-41 m
Fot. 8. A core from 7D borehole - 40-41 m



Fot. 9. Gnejs warstewkowy na wyrobisku
Fot. 9. Laminar gneiss in the pit



Fot. 10. Gnejs – frakcja odpadowa (0-11) próbka 77
Fot. 10. Gneiss - waste fraction (0-11) sample no. 77

Tab. 5. Wyniki procesów rozdrabniania, klasyfikacji ziarnowej i separacji magnetycznej próbek gnejsu
 Tab. 5. The results of grinding, grain size sorting and magnetic separation of gneiss samples

Lp.	Oznaczenie	Rozdrabnianie i klasyfikacja ziarnowa			Udział z separacji magnetycznej
		Klasa ziarnowa mm	Masa g	Udział klasy %	
Próby z otworu rozpoznawczego					
1	7D/11	0,8-1,4	135,9	34,9	16,9
2		0,2-0,8	153,0	39,3	19,2
3	7D/27	0,8-1,4	122,6	28,9	14,7
4		0,2-0,8	158,8	37,4	18,3
5	7D/40	0,8-1,4	127,0		18,6
6		0,2-0,8			21,9
7		0,09-0,2			26,3
Próby z wyrobiska					
8	65	1,4- 3,0	161,4	10,2	16,8
9		0,8 -1,4	381,7	24,2	
10		0,2 – 0,8	533,5	33,8	
11		- 0,2	500,4	31,7	
Próby z produktów					
12	61	0,8-1,4	106,2	32,6	14,0
13		0,2-0,8	147,5	45,2	18,4
14	62	0,8-1,4	127,9	29,7	21,5
15		0,2-0,8	193,4	45,0	21,4
Próby z odpadów produkcyjnych					
16	60	0,8-1,4	313,5	33,9	16,8
		0,2-0,8	361,7	39,1	
17	76B/14	0,8-1,4	221,6	34,5	7,7
18	76B/08	0,2-0,8	206,2	32,1	15,3
19	76B/02	0,08-0,2	74,6	11,6	23,6
20	77B/14	0,8-1,4	258,7	41,1	21,6
21	77B/08	0,2-0,8	213,0	33,8	24,2
22	77B/02	0,08-0,2	63,3	10,0	25,6

procentowego odpadów magnetycznych w klasach ziarnowych 0,2 – 0,8 mm i 0,8 – 1,4 mm badanych prób wykazuje, że spełniają one najczęściej ten warunek a ilość odpadu podatnego magnetycznie zawarta jest między 7,7% a 26,3%, najczęściej nie przekracza 20%. Niewielkie przekroczenia występują jedynie w próbce pobranej z odpadu 25,6% oraz z rdzenia pobranego z otworu badawczego 26,3%.

Drugim ważnym parametrem mającym wpływ na przydatność uzyskanego surowca skaleniowego do produkcji ceramicznej jest zawartość związków żelaza w przeliczeniu na Fe_2O_3 w produkcie końcowym. Dla prób zestawionych w tabeli 6 zawartość Fe_2O_3 wahała się od 0,226% najczęściej do 0,5%. Wyjątek stanowią tylko próby pobrane z rdzenia otworu badawczego z głębokości 11-12 m gdzie zawartość tlenku żelaza osiąga 0,952% oraz odpadów próbka 60, dla której wartość ta wynosi 2,328%. Pozostałe przekroczenia w próbce z rdzenia otworu badawczego z 27-28 m, próbka 61 z produktów oraz próbka 77B7 mają niewielkie odchylenia 0,525%, 0,645% i 0,568%

Badania wykonane na próbkach pobranych z kopalni gnejsu Doboszowice 1 wykazały możliwość pozyskania z nich

surowca skaleniowego zarówno z wyrobiska jak i z zakładu przerobczego.

Na bazie prowadzonych dotychczas badań można stwierdzić, że największe możliwości pozyskania skaleni - kwarców występują w gnejsach o teksturach, warstewkowej i masywnej (zbitej). Wyniki badań przedstawiają również wypały prób gnejsu w piecu przemysłowym porcelany w temperaturze 1385°C przedstawione na fotografiach 11, 12, 13 i 14.

Wyniki analiz surowca skaleniowego ze złoża Doboszowice 1 wykazały jego przydatność do produkcji płytek ceramicznych. Zawartość podstawowych składników decydujących o kierunku jego zastosowania K_2O i Na_2O wynoszą: dla pierwszego składnika od 2,045% do 6,947%, dla drugiego od 1,898% do 8,074%. Suma alkaliów w badanych próbkach zawarta jest w granicach:

- próby pobrane z rdzenia otworu badawczego od 10,7% do 11,8%,
- próby pobrane z wyrobiska od 8,5% do 14,8%,
- próby pobrane z produktów od 9,4% do 9,5%,
- próby pobrane z odpadów powstających w trakcie produkcji od 7,4% do 10,2%

Tab. 6. Wyniki analiz chemicznych prób gnejsu z kopalni Doboszowice 1 po wzbogaceniu magnetycznym

Tab. 6. The results of chemical analyzes of gneiss samples from Doboszowice 1 open pit after magnetic enrichment

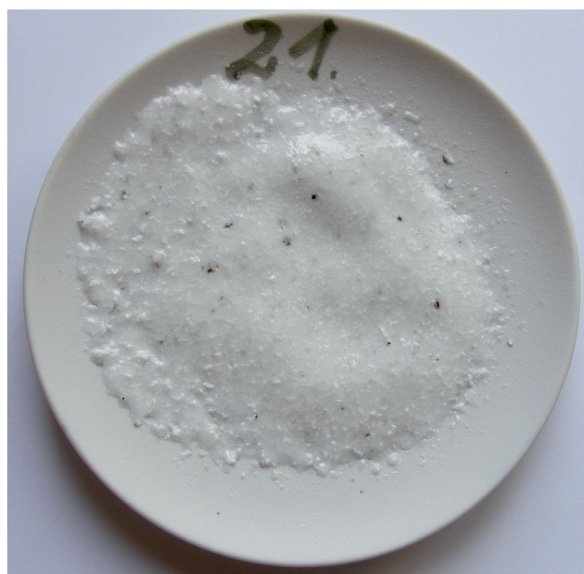
Lp	Nazwa próby	Zawartość oznaczanych składników w %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K ₂ O/ Na ₂ O	Straty prażenia
Próby z otworu rozpoznawczego											
1	7D/11	71,36	11,27	0,952	0,065	1,344	0,101	4,985	5,721	1,15	0,63
2	7D/27	69,40	12,68	0,525	0,050	3,224	0,557	7,649	4,203	0,55	0,029
3	7D/40	75,48	11,40	0,425	0,038	1,508	0,065	6,328	4,514	0,71	0,02
Próby z wyrobiska											
4	nr 65	79,76	8,20	0,492	0,050	0,515	0,080	3,327	5,180	1,56	0,45
5	nr 67	68,14	14,13	0,226	0,023	0,892	0,027	8,074	6,734	0,83	0,13
Próby z produktów											
6	nr 61	74,45	12,31	0,645	0,434	1,537	0,096	5,088	4,415	0,87	0,28
7	nr 62	74,82	12,10	0,335	0,052	1,429	0,078	4,819	4,590	0,95	0,26
Próby z odpadów produkcyjnych											
1	nr 60 ¹	77,8	10,94	0,452	0,045	1,329	0,083	6,678	2,045	0,31	0,094
2	nr 60 ²	73,7	12,37	2,328	0,274	1,631	0,501	5,315	3,343	0,63	
3	nr 60 ³	79,8	10,06	0,492	0,047	1,092	0,101	4,165	2,747	0,66	
2	76B ⁴	82,06	8,48	0,312				2,042	5,366	2,63	
3	76B ⁵	81,68	7,21	0,316				1,898	6,947	3,66	
6	77B ⁶	77,98	9,68	0,428				4,036	5,396	1,34	
7	77B ⁷	76,84	9,932	0,568				3,667	6,550	1,79	

Wszystkie próby wykazały małe straty prażenia, co świadczy, że zawierają niewielką ilość minerałów ilastych [8], [9].

Wykorzystanie w rolnictwie

Badania nad możliwościami wykorzystania odpadów skalnych w rolnictwie były prowadzone już w XIX wieku. Zwrócono wówczas uwagę na fakt, że ponieważ powstanie gleb związane jest ściśle z procesami erozji skał, to można ingerować w ich skład przez dodawanie do nich drobnych frakcji skalnych. Prekursorem tych prac był dr med. Julius Hensel,

który wykazał dużą przydatność drobnych frakcji skalnych w rolnictwie w celu uzyskania wyższych plonów [6]. Obecnie w kraju podejmowane są badania nad zagospodarowaniem tej grupy odpadów dla celów produkcji roślinnej. Najbardziej zaawansowane są badania nad możliwościami wykorzystania odpadów bazaltowych [22]. Uzyskiwane z nich nawozy są już dostępne na rynku krajowym. W Europie działa bardzo dużo przedsiębiorstw oferujących nawozy produkowane na bazie wulkanicznych skał bazaltowych. Prowadzone są również badania oraz próby wykorzystania odpadów drobnych frakcji z innych rodzajów skał magmowych w produkcji rolnej. Badania



Fot. 11. Wypał próbki granulacji 0,8-3,0 mm z jasnego gnejsu po separacji magnetycznej
Fot. 11. Calcination of light-coloured gneiss sample (grain size 0.8-3.0 mm) after magnetic separation



Fot. 12. Wypał próbki granulacji 3,0-5,0 mm z gnejsu jasnego bez separacji magnetycznej
Fot. 12. Calcination of light-coloured gneiss sample (grain size 3.0-5.0 mm) without magnetic separation



Fot. 13. Wypał próbki 62 (0,2-0,8 mm)

Fot. 13. Calcination of sample no.62 (0.2-0.8 mm)



Fot. 14. Wypał próbki 7D/27 (0,2-0,8 mm)

Fot. 14. Calcination of 7D/27 sample (0.2-0.8 mm)

odpadowego szlamu granitowego pochodzącego z jego cięcia i obróbki wykazały, że zastosowanie go w uprawach rolnych powoduje zwiększenie plonów. Zdecydowanie wyższe wyniki uzyskiwano przy stosowaniu go w glebach piaszczystych niż gliniastych. Przykładowo wyniki badań [18] wykazały, że podanie do gleby odpadu granitowego bardzo drobnego uziarnienia pochodzącego z jego cięcia i obróbki pozwala uzyskać w zależności od dawki wzrost plonów od 11% do 20%.

W kopalniach gnejsów, których skład mineralny oraz chemiczny jest zbliżony do granitowego istnieją potencjalne możliwości wykorzystania frakcji odpadowych o uziarnieniu 0 – 2 mm, pyłów pochodzących z instalacji odpylających o udziale ziaren poniżej 0,063 mm w ilości ok. 90% oraz szlamów z cięcia i obróbki skał w rolnictwie do produkcji nawozów. Odpady te zawierają dużo składników mineralnych i mikroelementów w konfiguracjach i proporcjach spotykanych w środowisku naturalnym. Frakcje odpadowe oraz pyły posiadają takie same właściwości jak zwietrzeliny skalne. Zachowują się jak nawozy wolnodziałające, których składniki muszą być najpierw przetworzone przez mikroorganizmy i procesy glebowe. Nie są w związku z tym bezpośrednim nawozem, a stają się nim stopniowo w wyniku rozpuszczania i rozprowadzania w glebie. Przekształcenie ich następuje w wyniku działalności na nie mikroorganizmów oraz procesów fizykochemicznych, ruchów powietrza, wody, cząstek gleby itp. Posiadają właściwości zatrzymywania wody i składników mineralnych. Regularne ich stosowanie ma duży wpływ na powstawanie struktur gruzełkowych w glebie, wzrasta również aktywność mikroorganizmów i procesów glebowych. Pyły skalne i drobne frakcje odpadowe spełniają również rolę sanitarną zapobiegającą rozszerzaniu się chorób i szkodników, zwiększając rezerwy składników pokarmowych dla uprawianych roślin.

Prowadzone badania wykazały potencjalne możliwości ich wykorzystania w charakterze „polepszacza gleb” w celu poprawienia ich właściwości fizycznych oraz chemicznych i biologicznych. Badania wykazały, że odpady pochodzące z obróbki granitów nie zawierają pierwiastków toksycznych w ilościach ponadnormatywnych oraz mają skład mineralogiczny typowy dla skał macierzystych gleb, bez udziału potencjalnie uciążliwych minerałów [3]. Odpady skalne posiadają również właściwości remediacyjne w przypadku skażenia gleby metalami ciężkimi. Odpady te nie zawierają zanieczyszczeń, w ilości przekraczającej ich dopuszczalne wartości, nawet dla rolnictwa ekologicznego.

Podsumowanie

Gnejsy są skałą pochodzenia metamorficznego występują w Polsce głównie na Dolnym Śląsku gdzie znajdują się udokumentowane geologicznie ich złoża. Skała ta, pomimo, że posiada dobre parametry użytkowe i jest stosowana z powodzeniem w budownictwie drogowym, kolejowym, w produkcji betonu oraz jako kamień hydrotechniczny eksploatowana jest na niewielką skalę. Obecnie w Polsce wydobycie gnejsu na poziomie, powyżej 100 tys. Mg/rok prowadzone jest tylko w trzech kopalniach, przy czym największe wydobycie uzyskuje kopalnia Doboszowice 1, w 2014 roku wynosiło ono 375 tys. Mg. Próby podjęcia wydobycia gnejsu z kilku innych udokumentowanych złóż uniemożliwia uzyskanie uwarunkowań środowiskowych na ich eksploatację. Gnejs staje się w ostatnich latach kopalnią bardzo atrakcyjną w branży kamienia ozdobnego. Jego wygląd zapewnia mu coraz większe zastosowanie przy aranżacji ogrodów, wykańczaniu budynków, budowie ogrodzeń itp.

Prowadzone badania wykazują, że z gnejsu można również pozyskać surowce skaleniowe, które mogą być wykorzystywane w przemyśle ceramicznym a może nawet i szklarskim. Przedstawione w artykule wyniki przeprowadzonych badań wykazują możliwości takich zastosowań.

Rozważyć należy również możliwość zagospodarowania drobnych frakcji odpadowych w rolnictwie. Frakcje te powstające podczas produkcji kruszyw łamanych mogą być wykorzystane jako nawóz ekologiczny o długoterminowym działaniu. Gnejsy, jak wszystkie skały, posiadają dużo składników mineralnych i mikroelementów w konfiguracjach i proporcjach spotykanych w środowisku naturalnym. Wykorzystanie ich w rolnictwie musi zostać poprzedzone wykonaniem badań nad zawartością w nich minerałów ciężkich oraz określeniem wielkości ich promieniowania naturalnego czy wartości te nie są przekraczane w ilościach ponadnormatywnych.

Literatura

- [1] Cymerman Z., Jerzmański J., Metamorfik wschodniej części bloku przedsudeckiego w okolicy Niedźwiedzia koło Ziębic, *Kwartalnik Geologiczny* t. 31, nr 2/3 str. 239 – 262, 1987
- [2] Dumicz M., Następstwo serii gnejsowych masywu Śnieżnika w świetle analizy mezostrukturalnej wybranych obszarów w jednostkach geologicznych Międzygórze i Gierałtowa, *Geologia Sudetica* 1989, Vol XXIV, Nr 1-2 s. 139 – 189, Wrocław, 1989
- [3] Gałka B., Chodak T., Szerszeń L., Kaszubkiewicz J., Skład mineralogiczny odpadowej mączki skalnej i jej przydatność rekultywacyjną, *Roczniki gleboznawcze* Tom LXII nr 2 Warszawa 2011
- [4] Grocholski W., Mezostruktury obszaru gnejsów sowiogórskich na przedgórzu sudeckim, *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Tom XXXIX- 1969, Zeszyt 4 Kraków 1969
- [5] Gunia T., Pozycja geologiczna bloku sowiogórskiego i jego wpływ na paleogeografię paleozoiku Sudetów Środkowych, *Geologia Sudetica* Vol. XX Nr 2, Wrocław, 1989
- [6] Hensel J., Bread from Stones, A New and Rational System of Land Fertilization and Physical Regeneration, Long Greek, South Karolina, 2009
- [7] Kasztelewicz Z., Mazurek J., Zajączkowski M., Sikora M., Opinia w sprawie jakości i przydatności kamienia z „Kopalni Gnejsu Doboszowice 1” jako kamienia do robót hydrotechnicznych (granulacja 63-250 mm, 63-300 mm, 300-500 mm, 100-150 mm, 100-250 mm, 150-300 mm), AGH Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, 2014
- [8] Lewicka E. redaktor, Innowacyjne technologie pozyskiwania najważniejszych surowców ceramicznych i szklarskich praca zbiorowa, Wyd. IGSM i E PAN Kraków 2012
- [9] Lewicka E., Wyszomirski P., Polskie surowce skaleniowe dla krajowego przemysłu płytek ceramicznych – stan obecny i perspektywy, *Materiały Ceramiczne*, 62,4 str 582-585, 2010
- [10] Madej S., Geostanowiska GWNS 072 Kluczowa, Łom migmatytów Kluczowa, 2014
- [11] Madej S., Geostanowiska GWNS 070 Koziniec, Łom migmatytów Koziniec, 2014
- [12] Madej S., Geostanowiska GWNS 139 Koziniec, Łom migmatytów Koziniec, 2014
- [13] Majkowska U., Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża gnejsów „Doboszowice 1” w kat. C₁ + C₂, Usługi geologiczne – Urszula Majkowska Wrocław 2010
- [14] Oberc-Dziedzic T., Opis Geostanowiska, Kamieniołom granitów i gnejsów w Mikoszowie, Geopark Wzgórza Niemczańsko-Strzelińskie 2014
- [15] Oberc-Dziedzic T., *Geologia Geopark Wzgórza Niemczańsko-Strzelińskie*, 2013
- [16] Oberc J., *Geologia i surowce bloku Karkonosko-Izerskiego*, *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Tom XL-1970, Zeszyt 1, Krakow 1970
- [17] Radwanek-Bąk B., Mickiewicz W., Brzeziński D., Możliwości zastosowania kamieni łamanych z polskich złóż dla potrzeb kolejnictwa, *Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Zeszyty Naukowe*, nr 88, 2014
- [18] Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J., Gałka B., Ocena przydatności odpadowego odwodnionego szlamu kamiennego do polepszania właściwości fizykochemicznych gleby, *Zeszyty problemowe postępów nauk rolniczych*, Wrocław 2009
- [19] Szufficki M., Malon A., Tyimiński M., Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2014 r. Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa, 2015
- [20] Schmidt Z., Zięba T., Badania procesowe bezodpadowego wielokierunkowego wykorzystania surowców skaleniowych i kwarcu żyłowego w nawiązaniu do potrzeb jakościowych głównych odbiorców, Raport końcowy z realizacji projektu badawczego nr 9T12A 016 14, Wrocław 2001
- [21] Witt A., Schmidt Z., Pomorski A., Majcher A., Potencjalne kierunki zagospodarowania kopalni skaleniowych wraz z produktami słabozbywalnymi, powstającymi w procesie produkcyjnym kopalni gnejsu „Doboszowice 1”, *Górnictwo Odkrywkowe* nr 6 s. 55 – 63, 2015
- [22] Zagożdżon P., Mączki bazaltowe w zastosowaniach rolniczych i pokrewnych, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, nr 123, 2008