

## Geologiczno-geofizyczna ocena perspektyw złóżowych pierwotnych i wietrzeniowych minerałów tytanowych w rejonie ofiolitowego masywu Ślęży w Sudetach (SW Polska)

Janina Wiszniewska<sup>1</sup>, Zdzisław Petecki<sup>1</sup>



J. Wiszniewska    Z. Petecki

**Geologic and geophysical estimation of the prospect for ore deposit of the occurrences of primary and placer titanium minerals in the Ślęża Massif ophiolite, area, the Sudetes Mts (SW Poland).** Prz. Geol., 64: 650–656.

*A b s t r a c t.* A Miocene aged heavy mineral (HMin) alluvial cones and regolith sands above ore-bearing gabbro and amphibolite/diabase rock zone were considered as a prospective metallotect in the area of Devonian ophiolite Ślęża Massif in the Sudetes (SW Poland). The available research data from the Sobótka region indicated that the ultramafic gabbro intrusion has an interesting titanium ore enrichment with minerals such as ilmenite and titanomagnetite in the Strzegomiany-Kunów primary ultramafic rocks. The mean composition of ore gabbro samples taken from the surface contained eg: Fe – 14.21%, TiO<sub>2</sub> – 4.92%, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0.15. Conducted geophysical surveys in the vicinity of the presumed gabbroic rocks at thin Quaternary sedi-

ments cover, suggested the variable content of a primary mineralization, which could be related to the increased content of heavy minerals fractions over the bed in the form of regolith or as a secondary deposit. Titanium minerals such as ilmenite, sphene, were enriched during the oxidation process and created secondary bed, where the concentrates of titanium oxides: rutile, leucoxene or oxidized ilmenite may have a high titanium content as high as 70–90%. Placer HMin sands are at present a major source of titanium deposits worldwide and the largest industrial value due to their large resources, simplicity and purity of exploitation and the ability to yield concentrates of HMin: ilmenite, rutile, pseudobrookite, anatase and leucoxene, sometimes in the company of valuable zircon, monazite or garnet. These deposits in the world are mainly used in metallurgical and chemical industries, eg: the production of paints and pigments used in the pharmacy, paper and paint industry. Similar observations have been reported from the region of Spain, Portugal, western Australia and from the south of India. Preliminary results of presented study indicate that the Strzegomiany–Kunów region can be considered as prospective not only because of the presence of primary titanium mineralization in gabbro, especially in diallage gabbro, amphibolite (diabase) and serpentinite, but also a presence of enriched titanium mineralization in regolith over gabbro and in clastic sediments on the foreland of Ślęża Massif.

**Keywords:** Ophiolite Ślęża Massif, placer heavy minerals, titanium ore deposits, magnetic and gravimetric anomaly

Złóża okruczowych minerałów tytanu (*heavy minerals* – HMin) mają obecnie największą wartość przemysłową z uwagi na ich duże zasoby, łatwość i czystość eksploatacji oraz możliwości uzysku koncentratów minerałów ciężkich: ilmenitu, rutyli, pseudobrookitu, anatazu, leukoksenu i innych. Zbadanie możliwości występowania koncentracji ciężkich minerałów tytanowych, podobnych do eksploatowanych w Danii, na Ukrainie i Białorusi, w piaszczystych utworach basenu mioceńskiego w Polsce, jak również koncentracji HMin w formie regolitów wokół magmowych masywów zasadowych, było celem projektu badawczego pt. „Ocena możliwości występowania złóż minerałów tytanowych w piaszczystych utworach basenu mioceńskiego i czwartorzędu północnej Polski”, prowadzonego w latach 2005–2007 przez zespół pracowników Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (Wiszniewska & Badura, 2007).

Aspekty geologiczne występowania okruczowych minerałów tytanowych w klastycznych osadach morskich i lądowych można znaleźć w literaturze światowej (Field & Roy, 1985; Malik, 1986; Force, 1991), w której przedstawiano różne warunki występowania koncentracji minerałów ciężkich w osadach piaszczystych, ich charakter geochemiczny, procesy wzbogacania, typowe cechy środowiska, facje i procesy wtórne, np. wietrzenie i cementacja.

W Polsce tymi zagadnieniami zajmowali się głównie Kosmowska-Ceranowicz (1981) oraz Paulo i Strzelska-Smakowska (1996).

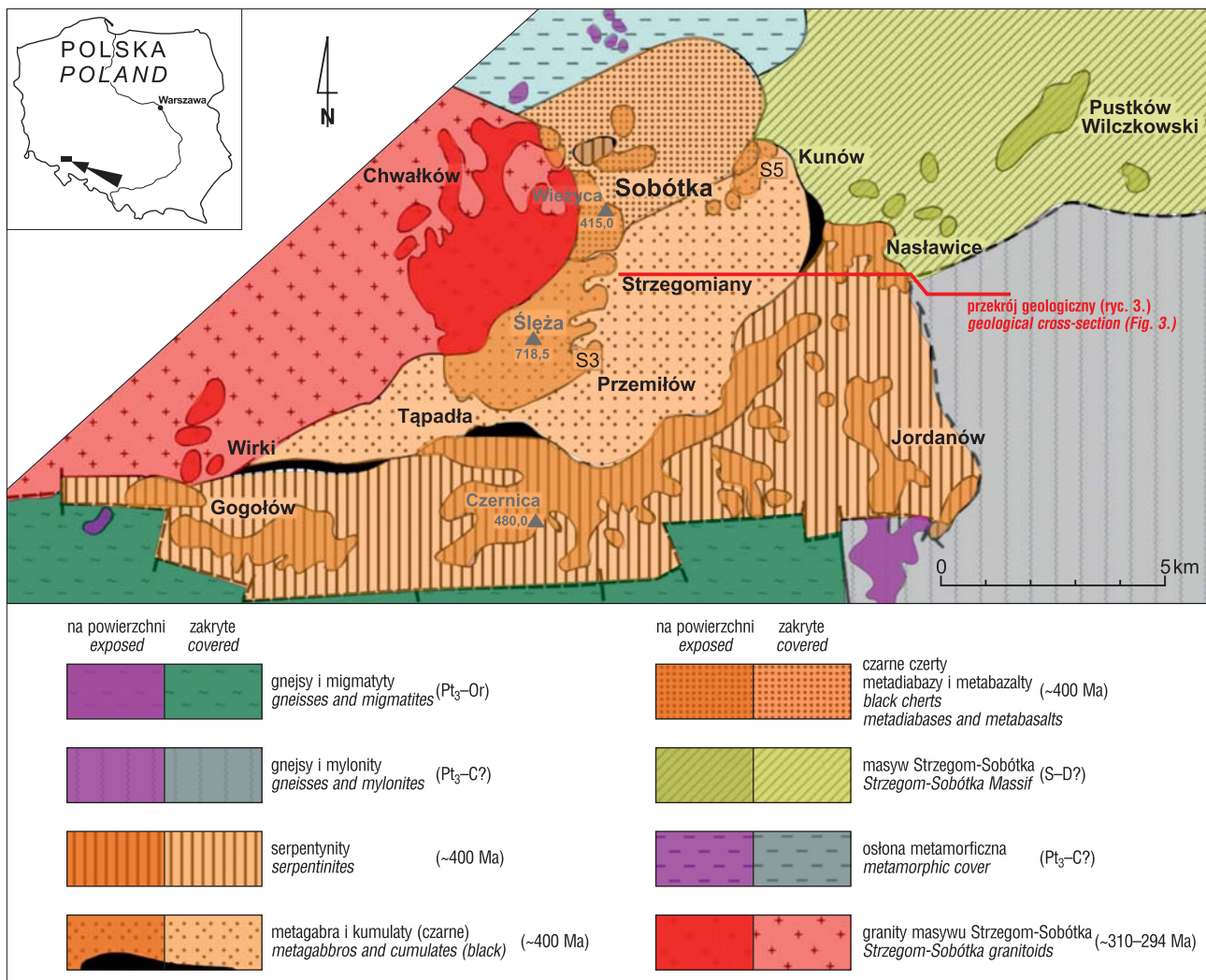
Prospekcyjne badania minerałów ciężkich na Dolnym Śląsku były dotychczas prowadzone głównie w celu zbadania przejawów występowania złota, cyny, niklu oraz REE bloku przedsudeckiego (Grodzicki, 1985, 1990; Kanasiwicz i in., 1985; Jęczmyk & Wojciechowski, 1994; Mikulski, 2012), w zapadliskach tektonicznych przedgórzia Sudetów (Jęczmyk i in., 1997) oraz na obszarze perykliny Żar (Dyjur & Grodzicki, 1969).

Badania szlichowe w potokach okolic Ślęży oraz wstępne poszukiwania regolitu wzbogaconego w HMin na przedpolu masywu Ślęży przeprowadzone w 2007 r., połączone z nowymi mapami anomalii geofizycznych w tym rejonie, pozwalają na poszerzenie obszarów perspektywicznych występowania skał z mineralizacją Fe-Ti wokół ofiolitowego kompleksu Ślęży (ryc. 1).

### POŁOŻENIE GEOLOGICZNE MASYWU ŚLĘŻY

Rejon masywu Ślęży w Sudetach zachodnich jest zbudowany z intruzji gabrowej i serpentynitowej tworzących dobrze wykształcony kompleks ofiolitowy. Jako pozostałość dawnej skorupy oceanu Reik ofiolit Ślęży zachował

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; janina.wiszniewska@pgi.gov.pl, zdzislaw.petecki@pgi.gov.pl.



**Ryc. 1.** Uproszczona mapa geologiczna masywu Ślęży (Kryza & Pin, 2010) z lokalizacją przekroju geologicznego pokazanego na ryc. 3  
**Fig. 1.** A simplified geological map of the Ślęza massif (Kryza & Pin, 2010) with geological cross section location shown in Fig. 3

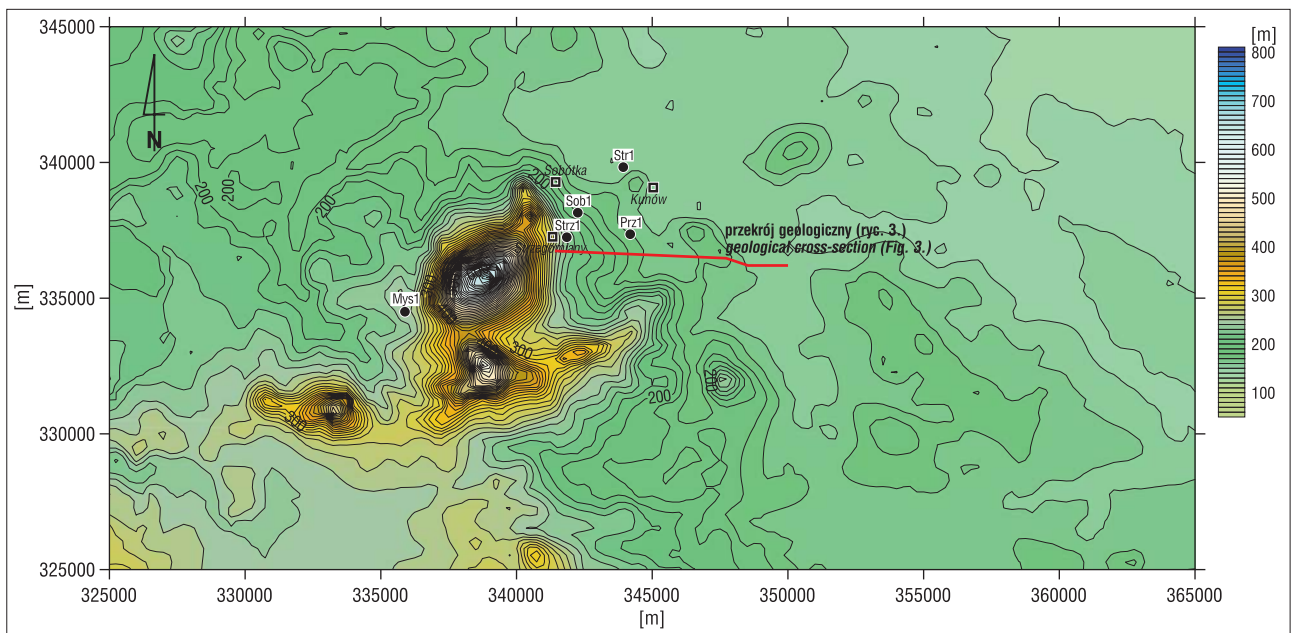
całkowitą pseudostratygraficzną sekwencją, na którą składa się zserpentynizowany perydotyt, skały wzbogacone w pirokseny i amfibole – magmowe kumulaty ultramaficzne (Jędrysek i in., 1989), metagabra (głównie maficzne kumulaty), diabazy i metabazalty (dajki pakietowe i lawy – łącznie z bazaltami poduszkowymi) oraz ciemne metaczeruty z radiolaryami (Majerowicz, 1981). Ponadto w pobliżu wsi Świątniki występują małe ciała plagiogranitów i rodingitów (Majerowicz, 1994). Geneza zespołów ofiolitowych jest wiązana z procesami magmowymi zachodzącymi na rozbieżnych granicach płyt litosferycznych, w strefach grzbietów śródoceanicznych. Późniejsze procesy nasunęły zespół ofiolitowy na krawędź kontynentu, zdeformowały go tektonicznie i wbudowały w skorupę kontynentalną w wyniku procesu obdukcji. Zachodzący w tych warunkach metamorfizm skał magmowych zmienił skały magmowe w metagabra, amfibolity i zieleńce (Majerowicz, 1994).

Ofiolit Ślęży ma od północy kontakt intruzywny z warwycyjskimi granitoidami masywu Strzegom–Sobótka, datowanymi metodą U-Pb na cyrkonach na 310–294 Ma (Turniak i in., 2005). Ostatnie wyniki badań geochronologicznych metodą U-Pb SHRIMP na cyrkonach próbek z metagabr i członów skał metawulkanicznych z ofiolitu Ślęży wykazały prawie jednakowe wieki bliskie 400 mln lat (Kryza & Pin, 2010). Obok ślęzańskich metagabr wystę-

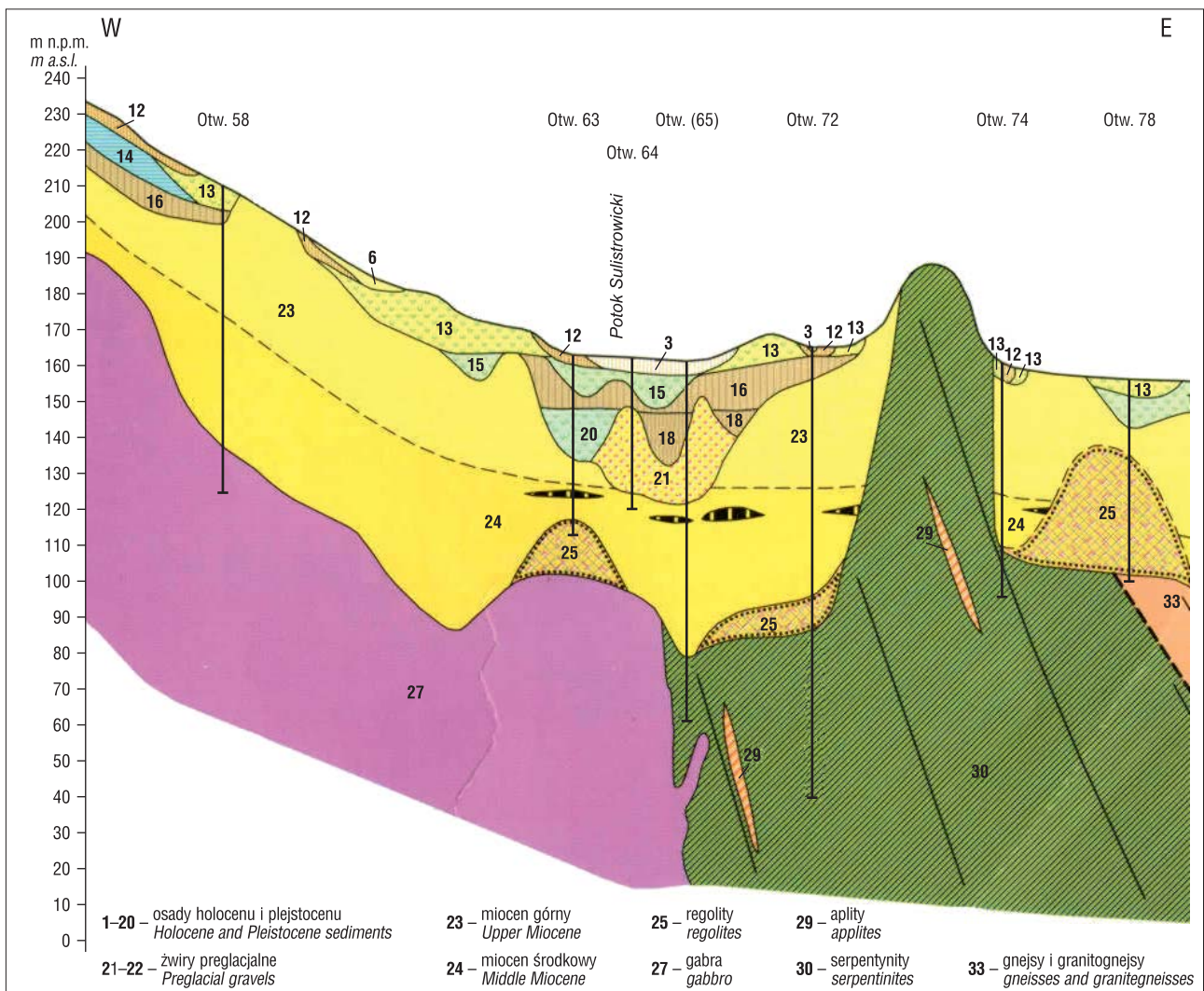
pują zespoły serpentynitów – skał, które w różnym stopniu reprezentują zmetamorfizowane perydotyty pochodzące z płaszcza Ziemi (ryc. 1). W części północnej omawianego obszaru (wzniesienie Gozdnicza) występują bazalty poduszkowe – skały wulkaniczne, powstające podczas wylewu lawy na dnie morskim. Bazalty z poduszkowymi strukturami mają skład geochemiczny wskazujący na ich powstanie w rejonie grzbietów śródoceanicznych (bazalty typu MORB; Majerowicz, 2006). Ofiolity sudeckie są reliktem dewońskiego oceanu Reik, a wchodzące w ich skład amfibolity i zieleńce (metabazalty) świadectwem dawnego wulkanizmu bazaltowego na dnie tego oceanu. Procesy obdukcji ofiolitów w Sudetach i ich metamorfizm są związane z orogenezą warwycyjską.

#### MINERALIZACJA TYTANOWA W REJONIE MASYWU ŚLĘŻY

Północno-wschodnie zbocze góry Ślęży jest znane z występowania bogatej mineralizacji ilmenitowo-magnetytowej z wanadem w pasie Kunów–Strzegomiany (Jamrozik i in., 1988; Jamrozik, 1989, 1995; Niškiewicz & Siemiątkowski, 1993; Niškiewicz i in., 1995). Strefa ta o wymiarach 1000 × 250 m jest łatwo dostępna i stosunkowo dobrze odsłonięta. Kontynuacja tej strefy pod przykryciem



Ryc. 2. Mapa hipsometryczna rejonu masywu Ślęży  
 Fig. 2. Hypsometric map of the Ślęża Massif area



Ryc. 3. Przekrój geologiczny przez obniżenie Sulistrowickiego Potoku (wg Walczak-Augustyniak i in., 1996). Położenie przekroju zaznaczono na ryc. 1 i 2

Fig. 3. Geological cross section of the Sulistrowicki Potok depression (acc. Walczak-Augustyniak at al., 1996). Location of geological cross-section indicated in Figs 1 and 2

jest wykazywana za pomocą badań geofizycznych i kilku wierceń, np. Borek Strzebiński PIG1 i Przeclawice PIG1 i 2 (Jerzmański, 1991, 1994). Skały okruszczone są zbudowane z gabr diallagowych o strukturach ofitowych (Jamrozik, 1989). Stwierdzono, że mineralizacja rudna strefy Strzegomian ma charakter magmowy pierwotny. Badania mikroskopowe wykazały głównie obecność ilmenitu, a ponadto magnetytu i innych minerałów akcesorycznych, takich jak: rutil, pirotyn, piryrt, chalkopiryrt, a z minerałów wtórnych – kowelin i getyt. Pobocznie w części północnej strefy stwierdzono piryrt i chalkopiryrt (Jamrozik i in., 1988). Średnie procentowe zawartości głównych składników rudnych w próbkach z gabr pobranych z powierzchni wynoszą: Fe – 14,21%, TiO<sub>2</sub> – 4,92%, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,152%, co pozwala zaliczyć je do rud tytanowych (Niškiewicz & Siemiątkowski, 1993). Sałaciński (1992) opisywał bogaty zestaw minerałów kruszczowych z wiercenia Sobótka 2a z głębokiego do 230 m, zlokalizowanego na południowo-zachodnim stoku góry Ślęży, 1 km od miejscowości Sady. Były to pierwotne minerały magmowe: ilmenit – często wtórnie zastępowany leukoksenem, pirotyn, chalkopiryrt i tytanomagnetyt, a także minerały hydrotermalne, takie jak: chalkopiryrt, molibdenit, piryrt i sfaleryt.

Wyniki badań geofizycznych przeprowadzone w rejonie przypuszczalnego występowania gabr pod niewielkim przykryciem osadów czwartorzędu sugerowały zmienną intensywność mineralizacji pierwotnej, co może mieć związek m.in. ze zwiększoną zawartością frakcji minerałów ciężkich zalegających nad złożem w formie regolitu lub na złożu wtórnym. Minerały tytanu, takie jak: ilmenit, tytanit, wzbogacają się podczas utleniania i na złożu wtórnym, gdzie jako koncentraty tlenków tytanu: rutilu, leukoksenu lub utlenionego ilmenitu, mogą mieć wysokie zawartości tytanu dochodzące nawet do 70–80%.

W latach 2006–2007 były realizowane pilotażowe prace geologiczne i wiertnicze w celu zbadania możliwości występowania nagromadzeń okruszczonych złóż tytanu w formie regolitu ponad gabrami masywu Ślęży (Wiszniewska & Badura, 2007). Wykonano 5 otworów wiertniczych do głębokości 30 m w gminie Sobótka. Cztery z nich zostały zlokalizowane na północny-wschód od góry Ślęży: Sobótka 1 (Sob1), Strachów 1 (Str1), Przezdrowice 1 (Prz1) i Strzegomiany 1 (Strz1). Jeden otwór – w powiecie świdnickim, w gminie Marcinkowice, w pobliżu Mysłakowa (Mys1) na południowo-zachód od góry Ślęży (ryc. 2). Jako potencjalny metalotekt uznano mioceńskie, wzbogacone w HMin, kopalne piaski regolitowe i aluwialne stożki napływowe w potokach rejonu góry Ślęży (ryc. 3). Próbkę pobierano bezpośrednio z rdzenia wiertniczego po uprzednim przeanalizowaniu za pomocą terenowego spektrometru XMET. Zazwyczaj anomalne zawartości TiO<sub>2</sub> i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> znajdowały się przy kontakcie z krystalicznym gabrem zalegającym w podłożu, o miąższości niekiedy do 20 m. Regolit w formie gruzu skalnego i żwiru przesortowanego wykazywał podwyższoną zawartość tytanu i żelaza. Pobrane próbki były rozdrabniane i ścierane w celu wykonania proszkowych preparatów do badań w laboratorium chemicznym metodą XRF. Wykonano także preparaty mikroskopowe w celu zidentyfikowania głównych minerałów kruszczowych i ich przemian z gabra diallagowego w rejonie Kunów–Strzegomiany. Obrazy z mikroskopu elektronowego BSE (elektronów wstecznie rozproszonych), wy-

kazywały wyraźne procesy amfibolizacji piroksenów oraz liczne wrostki ilmenitu w amfibolach. Charakterystyczną cechą równomiernie rozproszonego drobnoziarnistego ilmenitu w gabrze jest wysoka zawartość manganu dochodząca do 2% MnO. W ilmenicie stwierdzono liczne wrostki cyrkonów o wielkości poniżej 1 μm. Ponadto z ilmenitem występują pojedyncze ziarna magnetytu bez odmieszkań.

## RUDY ILMENITOWE TYPU ROZSYPISKOWEGO NA PRZEDPOLU MASYWU ŚLĘŻY

Koncentraty tytanowych minerałów ciężkich pochodzące zarówno z potoków, jak i wiercenia Strzegomiany 1 (najbardziej perspektywicznego otworu pod względem podwyższonej zawartości TiO<sub>2</sub>) zostały przeanalizowane z zastosowaniem spektrometru terenowego XMET.

Skorygowane zawartości TiO<sub>2</sub> i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> w próbkach pochodzących z potoków w rejonie Sobótki wynoszą średnio 15,7–25% TiO<sub>2</sub>, w rejonie Księginic Małych 27,5–30,2% TiO<sub>2</sub>, zaś w rejonie Strzegomian: 20,2–43,0% TiO<sub>2</sub>.

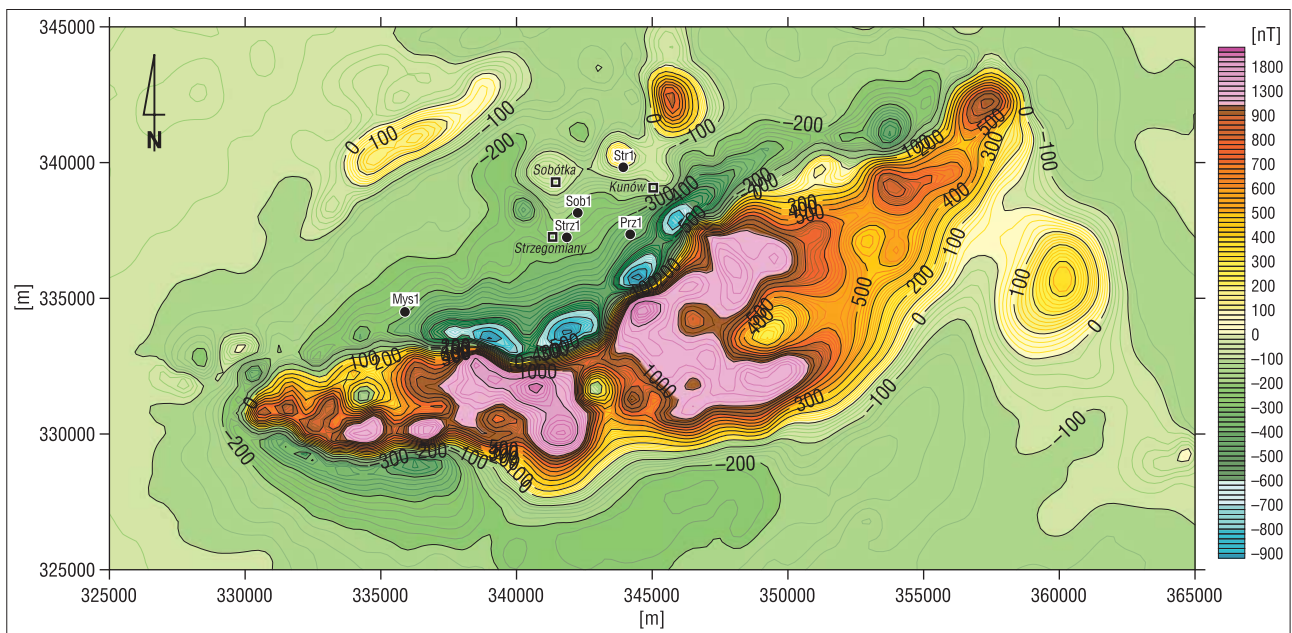
Wstępne rezultaty przeprowadzonych badań wskazują, że rejon Kunów–Strzegomiany może być rozpatrywany jako perspektywiczny nie tylko ze względu na pierwotną mineralizację tytanową występującą w gabrach (Jamrozik, 1989), ale także występującą w regolitach ponad gabrami o średniej miąższości ok. 20 m, pod niewielkim przykryciem czwartorzędowych skał osadowych i w aluwialach na przedpolu zasadowego masywu Ślęży.

## BADANIA GEOFIZYCZNE: MAGNETYCZNE I GRAWIMETRYCZNE

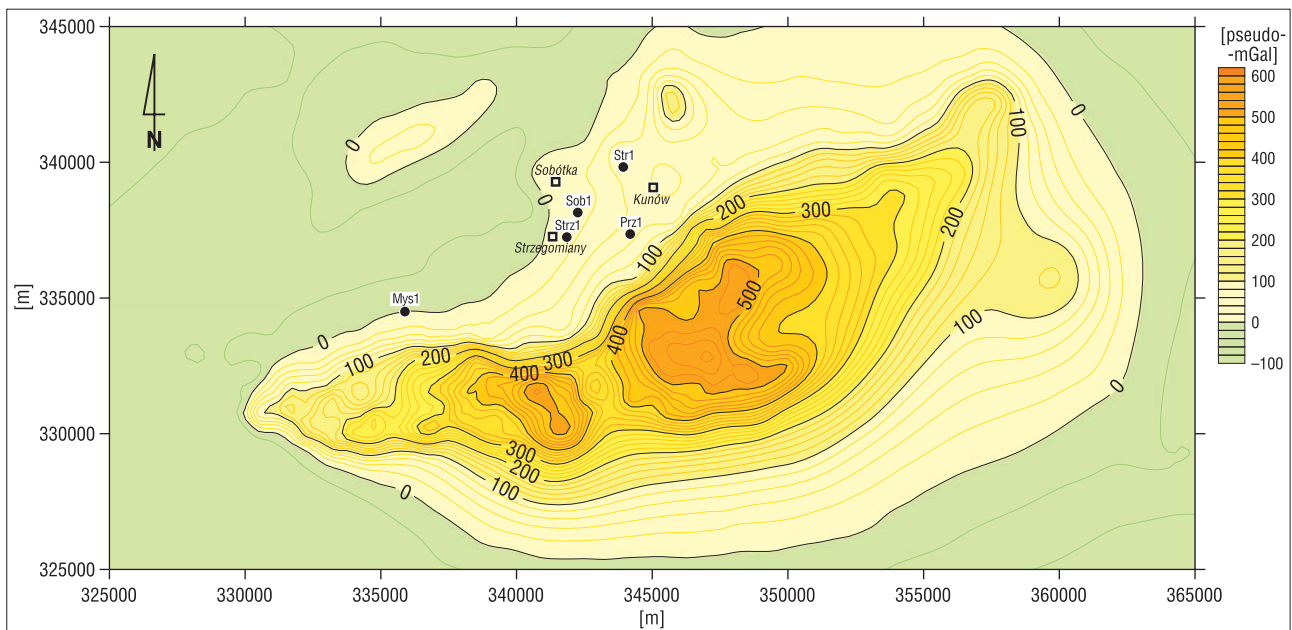
Analiza obrazu anomalii magnetycznych i grawimetrycznych z obszaru intruzji masywu serpentynitowego Gogołów–Jordanów i masywu gabrowego Ślęży pozwala na wydzielenie szeregu wyraźnych bloków litologicznych o zmiennych własnościach fizycznych.

W obrazie rozkładu indukcji pola magnetycznego dominującą formą na obszarze badań jest intensywna anomalia magnetyczna Gogołowa–Jordanowa generowana przez utwory serpentynitowe (ryc. 4), które charakteryzują się bardzo silnymi właściwościami magnetycznymi. Anomalia ta, bardzo zróżnicowana wewnętrznie, jest w sposób jednoznaczny ograniczona strefami gradientowymi. Od strony północnej jest to strefa bardzo silnie wyrażona, wskazując na płytki, stromo zapadający kontakt serpentynitu z gabrowymi skałami masywu Sobótki oraz granitowym masywem Strzegom–Sobótka. Od strony południowej masyw serpentynitowy kontaktuje z gnejsami bloku sowiogórskiego. Strefa gradientowa obrzeżająca anomalie rejonu Gogołów–Jordanów jest tu znacznie szersza, co wskazuje na głębsze występowanie kontaktu masywu z gnejsami.

Ze względu na fakt, że serpentynity graniczą ze skałami otoczenia o słabych właściwościach magnetycznych jest możliwe wyznaczenie przybliżonego zasięgu powierzchniowego skał zserpentinizowanych, a także ich wewnętrzne zróżnicowanie związane np. ze zmiennym stopniem serpentynizacji. W tym celu wykorzystano metodę tarasowania (Cordell & McCafferty, 1989) anomalii pól potencjalnych. W przypadku analizy danych magnetycznych w tej metodzie wykorzystuje się tzw. anomalie pseudograwimetryczne (ryc. 5). Uzyskana w ten sposób mapa



**Ryc. 4.** Mapa anomalii magnetycznych zredukowanych do bieguna i przedłużonych w górę o 250 m  
**Fig. 4.** Upwards continued to 250 m, reduced to the pole magnetic anomaly map



**Ryc. 5.** Mapa lokalnych anomalii pseudograwimetrycznych  
**Fig. 5.** Residual pseudogravitometric anomaly map

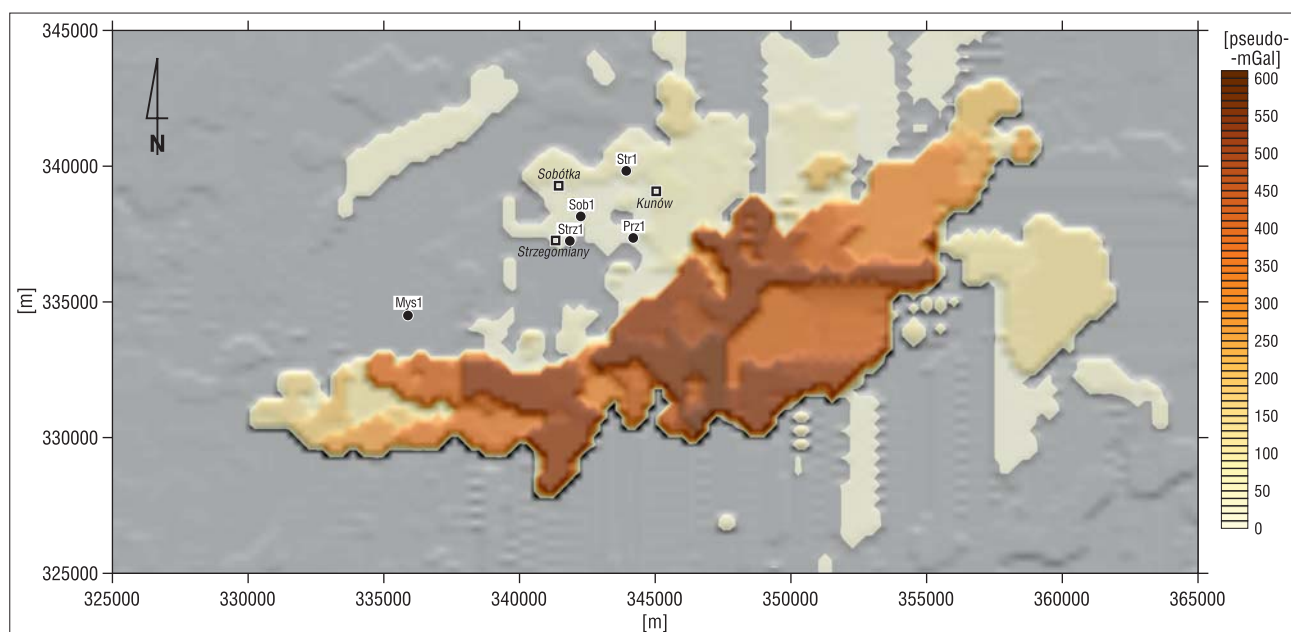
tarasowa, przedstawiona na rycinie 6, określa położenie źródeł anomalii spowodowanych obecnością silnie magnetycznych skał serpentynitowych.

Lokalne anomalie grawimetryczne w rejonie występowania serpentynitów (ryc. 7) obrazują zróżnicowany wewnętrznie wyż, zajmujący powierzchnię większą niż magnetyczna anomalia Gogołowa–Jordanowa. Od północnego-wschodu wyż grawimetryczny jest ograniczony silną strefą gradientową o nieregularnym przebiegu, położoną na północ od granicy występowania serpentynitów strefy Gogołów–Jordanów (ryc. 6). Ku południowi – w kierunku strefy Niemczy i kry sowiogórskiej – lokalne anomalie grawimetryczne mają mniejsze amplitdy, jednakże wskazują wyraźnie na zróżnicowanie gęstościowe tego rejonu.

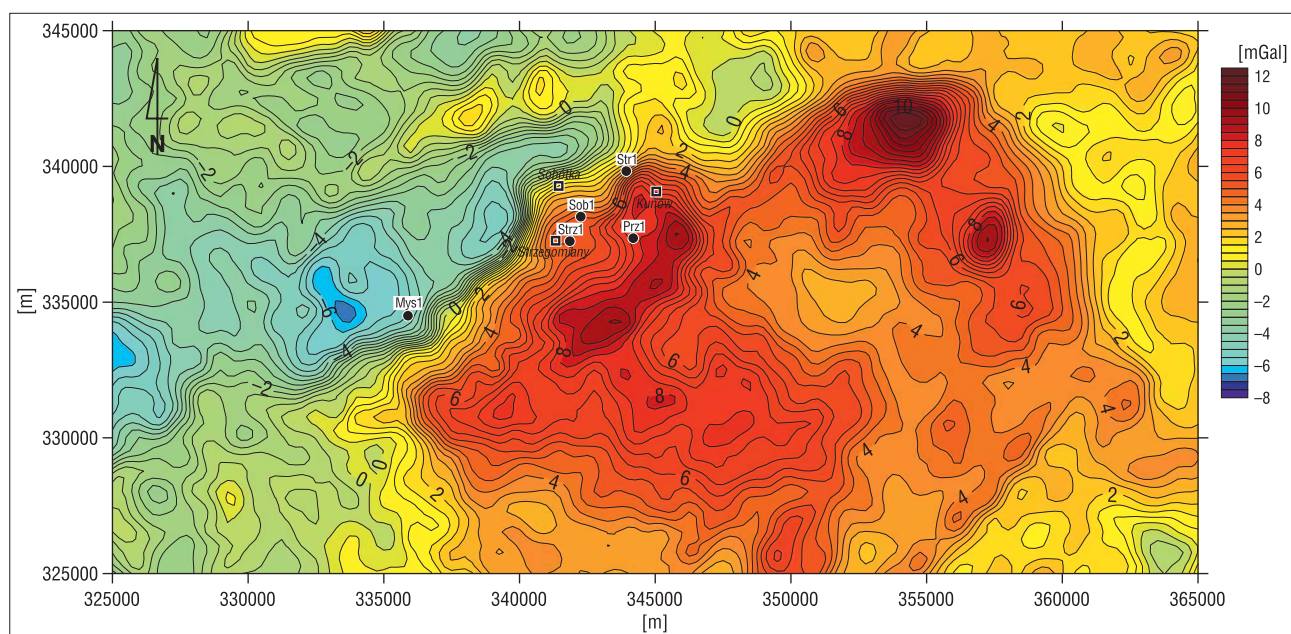
Ślezański maszy gabrowy, począwszy od góry Ślezy, koreluje się ku południowi z wyraźną dodatnią anomalią

grawimetryczną. Część północna góry zbudowana z granitu odzwierciedla się postaci anomalii ujemnej. Z wcześniejszych obserwacji geologicznych wynika, że granica pomiędzy granitem i gabrem ma kierunek NE-SW (Wahed & Mierzejewski, 1998).

W strefie dodatnich anomalii grawimetrycznych, o przebiegu NE-SW, od Ślezy w kierunku Nasławic, Kunowa i Pustkowa Wilczkowskiego, pozbawionej większych anomalii magnetycznych, występują masy metagabrowe o zróżnicowanej budowie wewnętrznej. Ostatnia w tej strefie anomalia grawimetryczna, położona w najdalej wysuniętym na północny-wschód obszarze, ma najwyższą amplitudę i może wskazywać na obecność ciała o bardzo wysokiej gęstości odpowiadającej perydotytowi. Badania Jerzmańskiego przeprowadzone w latach 1991 i 1994 na skałach z otworów Borek Strzeziński IG 1 i Przeclawice IG 1 i 2



**Ryc. 6.** Tarasowana mapa lokalnych anomalii pseudograwimetrycznych  
**Fig. 6.** Terraced map of residual, pseudogravitometric anomalies



**Ryc. 7.** Mapa lokalnych anomalii grawimetrycznych  
**Fig. 7.** Residual gravimetric anomalies map

pozwołyły na wykrycie sekwencji skał granitowo-gnejsowych do głębokości 358 m, pod którymi zalega ponad 1000-metrowy kompleks skał ultrazasadowych złożonych z perydotytów, serpentynitów z przełwiczeniami piroksenitów. Zserpentyzowane perydotyty zostały odwiercone również w otworze Przeclawice IG 1 do głębokości ponad 600 m. W Przeclawicach IG 2 pod osadami trzeciorzędu występują średnioziarniste gabry diallagowe przechodzące ku spągowi w bardzo gruboziarniste. Dolne partie gabr są wzbogacone w ilmenit i magnetyt z przerozami ilmenitu (tytanomagnetyt). Omawiany obszar anomalii grawimetrycznych może być przedłużeniem pod nakładem, opisywanej z rejonu Kunów–Strzegomiany, zmineralizowanej strefy skał gabrowych o bogatej, złożowej mineralizacji ilmenitowej wraz z przypuszczal-

nie występującymi kopalnymi regolitami koncentratów okruchowych minerałów tytanowych, leżących na podłożu skał krystalicznych.

## WNIOSKI

1. Obraz anomalii geofizycznych przedstawiony na mapach z rejonu ofiolitowego masywu Ślęży (ryc. 4–7) sugeruje większy zasięg występowania stref zmineralizowanych tytanem w gabrach wraz z regolitami tytanowymi, które tworzą się w kopalnych dolinach rzecznych kenozoiku. Wysokie dodatnie anomalie magnetyczne wskazują na kontynuację skał zserpentyzowanych w kierunku północnego-wschodu – ku miejscowości Pustków Wilczkowski (ryc. 1).

2. Cztery z otworów wiertniczych, zaprojektowanych pod kątem zbadania obecności regolitów tytanowych w kopalnych strumieniach pod osadami plejstocenu, zostało zlokalizowanych na obszarze dodatnich anomalii grawimetrycznych związanych z występowaniem zmineralizowanych gabr. Z przeprowadzonych, wstępnych wyników badań mineralogicznych i geochemicznych kopalnych regolitów i wietrzeniowych rud tytanu w okolicznych potokach można przyjąć, że obszar występowania metagabr z mineralizacją ilmenitową Kunów–Strzegomiany wraz ze wzbogaconymi regolitami leżącymi na gabrach, zajmuje znacznie większy obszar, który powinien być dokładniej zbadany przy pomocy siatki płytkich wierceń (do 100 m p.p.t.).

3. Zbadanie kontynuacji strefy okruszczonej Kunów–Strzegomiany po sugerowanej północno-wschodniej stronie uskoku Nasławic (Jamrozik, 1989; Jerzmański, 1991, 1994), widocznego także na mapie anomalii grawimetrycznych (ryc. 7), pozwoli na rozszerzenie obszaru występowania gabr zmineralizowanych ilmenitem i podzrzednym ilościowo magnetytem.

4. Dokładna lokalizacja kopalnych dolin rzecznych, przykrytych osadami plejstocenu, z przypuszczalnymi nagromadzeniami ilmenitonośnego regolitu, może powiększyć perspektywiczne zasoby tego surowca.

Badania były finansowane z tematu NFOŚiGW nr 22.2601.1301.01.00 pt. „Kompleksowa geofizyczno-geologiczna interpretacja nowego zdjęcia całkowitego pola magnetycznego Ziemi na obszarze Sudetów i ich przedpola”.

## LITERATURA

- CORDELL L. & MCCAFFERTY A.E. 1989 – A terracing operator for physical property mapping with potential field data. *Geophysics*, 54: 621–664.
- DYJOR S.A. & GRODZICKI A. 1969 – Miocenne piaski wydmy z okolicy Lutynki (Ziemia Lubuska). *Acta. Univ. Wratislav.*, 86: 67–97.
- FIELD M.E. & ROY P.S. 1985 – Offshore transport and sand body formation; Evidence from a steep, high-energy shoreface, southeastern Australia. *J. Sed. Petrol.*, 54: 1292–1302.
- FORCE E.R. 1991 – Geology of titanium-minerals deposits. AAPM Spec. Paper, 259: Tuscon, Arizona.
- GRODZICKI A. 1985 – Koncentracje minerałów ciężkich na Dolnym Śląsku jako przyszłościowe źródło pierwiastków rzadkich oraz niektóre metody ich pozyskiwania. *Chemik*, 38, 11–12 (542–543): 278–284.
- GRODZICKI A. 1990 – Geneza i kierunki poszukiwań niektórych perspektywicznych wystąpień minerałów ciężkich na Dolnym Śląsku. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 23: 19–26.
- JAMROZIK L. 1989 – Strefa mineralizacji ilmenitowej Strzegomiany–Kunów w intruzji gabrowej Ślęży w obrębie ofiolitu Sobótki (Dolny Śląsk). *Prz. Geol.*, 37: 477–485.
- JAMROZIK L. 1995 – Tektonika osłony masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka. *Rocz. PTG, wyd. specjalne, Przew. 66 Zjazdu PTG*: 181–192.
- JAMROZIK L., NIŚKIEWICZ J., CHOLEWICKA-MEYSNER D., FARBISZ J. & JODŁOWSKI S. 1988 – Odkrycie strefy zmineralizowanej Fe-Ti w gabrach masywu Ślęży. *Geol. Sudetica*, 23 (1): 121–127.
- JERZMAŃSKI J. 1991 – Nowo wykryte ciała bazytów i ultrabazytów w okolicy masywu Ślęży na Bloku Przedsuddeckim. *Biul. Państ. Inst. Geol.*, 367: 87–104.
- JERZMAŃSKI J. 1994 – Borek Strzeliński IG-1. Profile głębokich otworów wiertniczych. *Państw. Inst. Geol.*, 78: 1–79.
- JĘCZMYK M., KASIŃSKI J.R., PIWOCKI M. & SZTROMWASSER E. 1997 – Minerale ciężkie i złoto w seriach płonnych złoża węgla brunatnego Ruja. *Prz. Geol.*, 45: 97–100.
- JĘCZMYK M. & WOJCIECHOWSKI A. 1994 – Kompleksowe badania minerałów ciężkich w odpadach poeksploatacyjnych kruszyw naturalnych. *Prz. Geol.*, 42: 141–149.
- JĘDRYSEK M.O., MAJEROWICZ A., JASIŃSKA B. & HAŁAS S. 1989 – The migration of oceanic water into the upper mantle. Evidence from  $\delta D$  and  $\delta^{18}O$  values of minerals of ophiolitic rocks of the ophiolitic complex of Ślęża, SW Poland. *Mineral. Pol.*, 20: 91–107.
- KANASIEWICZ J., BAŁCHANOWSKI S., BORUCKI J., JĘCZMYK M. & STACHOWIAK A. 1985 – Program badań geochemicznych i szlachowych w Sudetach i na bloku przedsuddeckim. *Nar. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B. 1981 – The significance of lithological indices in the study of Tertiary sedimentary basins within Fore-Sudetic Monocline. *Bull. Acad. Pol. Sci, Ser. Sci Terre*, 29: 59–65.
- KRYZA R. & PIN C. 2010 – The Central-Sudetic ophiolites (SW Poland): Petrogenetic issues, geochronology and palaeotectonic implications. *Gondwana Res.*, 17: 292–305.
- MAJEROWICZ A. 1981 – Rocks series of the Ślęża Mts. group in the light of petrologic studies of ophiolitic complex. [W:] W. Narębski (red.), *Ophiolites and Initialites of Northern Border of the Bohemian Massif. Guide book of excursions. Potsdam-Freiberg*.
- MAJEROWICZ A. 1994 – Textural features and symptoms of ocean floor metamorphism in the top part of the Ślęża ophiolite (SW Poland). *Arch. Miner.*, 50 (2): 98–139.
- MAJEROWICZ A. 2006 – Krótki przewodnik terenowy po skałach ofiolitowego zespołu Ślęży oraz ich petrologicznej i geologicznej historii. *Wyd. UW.*, s. 1–61.
- MALIK T.K. 1986 – Micromorfology of some placer minerals from Kerala beach, India. *Marine Geol.*, 71: 371–381.
- MIKULSKI S.Z. 2012 – Występowanie i zasoby perspektywiczne rud niklu w Polsce. *Biul. Państ. Inst. Geol.*, 448 (2): 287–296.
- NIŚKIEWICZ J., CHOLEWICKA-MEYSNER D., DUBIŃSKA E., FARBISZ J., GUNIA P., JAMROZIK L., KUBICZ A., MAZUR S., PAJAŁ M. & SACHANBIŃSKI M. 1995 – Ofiolity z obrzeżenia bloku przedsuddeckiego i towarzysząca im mineralizacja. *Rocz. PTG, wyd. specjalne, Przew. 66 Zjazdu PTG*: 193–220.
- NIŚKIEWICZ J. & SIEMIĄTKOWSKI J. 1993 – Mineralizacja rudna metagabr strefy Strzegomiany-Kunów (masyw Ślęży, Dln. Śląsk). *Acta Univ. Wratislav.*, 1412, Pr. Geol-Miner., 33: 119–144.
- PAULO A. & STRZELSKA-SMAKOWSKA B. 1996 – Materiały do ćwiczeń z nauki o złożach i geologii gospodarczej. Część II, Rudy metali. *Skrypty Uczelniane nr 1476. Wyd. AGH*.
- SALAĆIŃSKI R. 1992 – Origin of ore mineralization in mafic and ultramafic rocks of the sowie mountains block surrounding. *Geol. Sudet.*, 26 (1/2): 1–34.
- TURNIAK K., TICHOMIROWA M. & BOMBACH K. 2005 – Zircon Pb-evaporation ages of granitoids from the Strzegom-Sobótka Massif (SW-Poland). *Mineral. Soc. Pol. Spec. Pap.*, 25: 241–245.
- WAHED M.A. & MIERZEJEWSKI M.P. 1998 – A new discovery of ilmenite mineralization within the Ślęża Mt. metagabbro, Lower Silesia (SW Poland). *Prz. Geol.*, 46: 684–688.
- WALCZAK-AUGUSTYŃIAK M., KURAL S. & CWOJDZIŃSKI S. 1996 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. *Jordanów Śląski. Wyd. PIG Warszawa*.
- WISZNIEWSKA J. & BADURA J. 2007 – Pierwotne i okrucowe nagromadzenia minerałów tytanu w rejonie ultramaficznego masywu Sobótki i w rejonie Opolna Zdroju. *Nar. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.