



Złoża rud niklu w redeponowanych laterytach w Grecji, ich wykorzystanie i zagospodarowanie pogórnice

Andrzej Paulo¹, Bożena Strzelska-Smakowska



Nickel ore deposits in the redeposited laterites in Greece, their development and post-mining land-use. Prz. Geol., 64: 159–165.

Abstract. The article presents the geological features of rarely described ferruginous nickel ores in carbonate rocks. They are exploited mostly in central Greece, giving about 1% of world production. Geochemical associations of laterite-derived nickel ores and bauxites occurring in carbonate formations of similar age in the not distant area are presented. The deposits formed in several stages starting with the lateritic alteration of nearby serpentinite and redeposition of water-suspended saprolite into karstic forms of Jurassic limestones. Ferruginous clayey material was sealed by transgressive Cenomanian marly sediments and was subject to further transformations in the vadose zone of the uplifted rock massive. Mining geology, environmental and economic aspects of exploitation are analysed. Finally, guidelines for the land use in post-mining areas are provided.

Keywords: nickel ores, laterites, multistage genesis, open-cut mines, post-mining land use, Greece

We wrześniu 2005 r. autorzy zwiedzili złoża rud niklu w środkowej Grecji (departamenty Ftiotyda, Beocja i Eubea²), zarządzane od 1963 r. przez przedsiębiorstwo LARCO. W literaturze z geologii złóż są one rzadko wymieniane, a jeśli już, to w klasie złóż wietrzeniowych residualnych (laterytowych, Routhier, 1963; Gruszczuk i in., 1984). Z powodu specyficznych cech, przede wszystkim występowania w formach krasowych wapieni, w oddaleniu od macierzystych masywów skał ultrazasadowych, zasługują na umieszczenie w odrębnej podklasie – redeponowanych laterytów (Głazkowskij i in., 1974; Hutchison, 1983; McFarlane, 1983; Paulo & Strzelska-Smakowska, 1993). Złoża rud niklu w Grecji należą do tych nielicznych złóż rud w Europie, których eksploatacja przetrwała po akcesji kraju do Unii Europejskiej, a nawet się rozwija. Obecnie są upatrywane jako szansa redukcji zadłużenia Grecji przez udzielanie koncesji na ich eksploatację podmiotom zagranicznym (Tsirambides & Filippidis, 2012).

Podjęliśmy próbę charakterystyki geologicznej i gospodarczej tych złóż przerwana ciężką chorobą Współautorki. Wizyta w LARCO pozwoliła jednocześnie poczynić spostrzeżenia na temat zagospodarowania terenów pogórnicych w myśl zasad zrównoważonego rozwoju. Problem ten ma żywotne znaczenie dla praktycznych rozwiązań w Polsce i wdrażania programu rządowego zagospodarowania terenów przemysłowych (Program, 2004).

TŁO GEOLOGICZNE

Grecja jest krajem gór o skomplikowanej budowie geologicznej. Należą one do orogenu hellenidów (Aubouin i in., 1963), wchodzącego w skład łuku dynarsko-tauryjskiego w potężnym pasmie alpidów. Powstały podczas zamykania oceanu Tetydy przez nacisk płyt Gondwany

i Eurazji. W permie i triasie w północnej części Gondwany powstały ryfty, dzieląc ją na kilka mikrokontynentów i ocean Neotetydy, w którym niemal przez cały mezozoik, a nawet później, osadzały się wapienie na stosunkowo płytkich i okresowo wynurzanych platformach (Higgins & Higgins, 1996). Kolizja tych mikrokontynentów w jurze i kredzie spowodowała wyciskanie ofiolitów (Pe-Piper & Piper, 2002). W dolnej kredzie między Salonikami i Atenami wynurzyła się wyspa, na której pokrywa wapienna, a lokalnie nawet część podłoża, zostały zerodowane. W paleogenie na skutek kolizji wypiętrzyły się hellenidy, tworząc system nasunięć ku zachodowi. W neogenie nastąpiło rozrywanie tego górotworu; powstały liczne zapadliska śródgórskie, zaś między Turcją a Grecją powstało Morze Egejskie z łukiem wulkanicznym w strefie aktywnej subdukcji na południu. Także na kontynencie górotwór jest wciąż aktywny tektonicznie – co pewien czas zdarzają się silne trzęsienia ziemi (Pantosti i in., 2001), zmianie ulega sieć rzeczna i linia brzegowa, a w wielu miejscach biją gorące źródła.

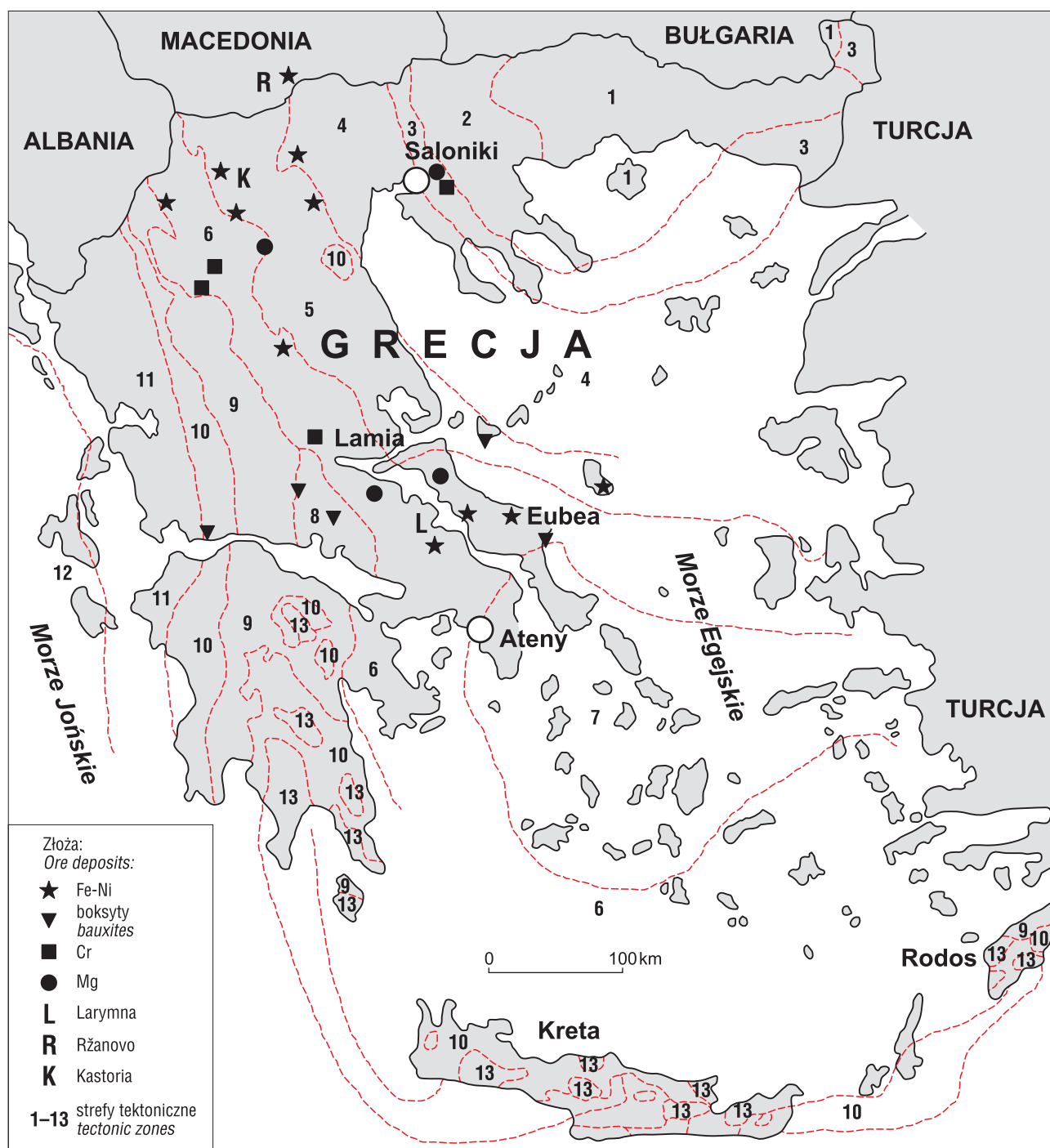
W środkowej Grecji wyróżnia się trzy główne strefy tektoniczne: pelagońską, subpelagońską i parnąską (ryc. 1). Pierwsza jest zbudowana ze zdyslokowanych allochtonicznych skał metamorficznych na nieznanym podłożu. W strefie subpelagońskiej dominują dwa nasunięte kompleksy osadowe: triasowo-jurajski i cenomańsko-eoceński (Marinos, 1982, Mountrakis i in., 1983), kontaktujące tektonicznie z ofiolitem. Masyw Parnasu (2457 m n.p.m.) tworzą serie wapienne osadzone w okresie od triasu po paleocen na okresowo zanurzanej platformie.

ZŁOŻA ŚRODKOWEJ GRECJI

W omawianym regionie występują złoża kopalni związanych bezpośrednio lub pośrednio ze skałami ultra-

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30; paulo@geol.agh.edu.pl.

² Nazwy tradycyjne, oficjalne nazwy greckie to Fthiotida, Viotia, Evia.



Ryc. 1. Złóża związane z ofiolitami i laterytami (wg Marinosa, 1982) na tle stref tektonicznych Hellenidów (wg Mountrakisa i in., 1983). Złóża rud Fe-Ni: K – Kastoria, L – okręg Larymna (Agió Ioánnis i Eubea), 1–13 strefy tektoniczne: 1 – Rhodope, 2 – Serbo-Macedonian, 3 – Circum-Rhodope, 4 – Vardar, 5 – Pelagonian, 6 – Sub-Pelagonian, 7 – Attica Cycladian, 8 – Parnassos, 9 – Pindos, 10 – Gavrovo–Tripolis, 11 – Ionian, 12 – Paxos, 13 – Talea (Plattenkalk)

Fig. 1. Ore deposits related to ophiolites and laterites (after Marinosa, 1982) against structural zones of the Hellenides (after Mountrakis et al., 1983). Fe-Ni ore deposits: K – Kastoria district, L – Larymna district (Agió Ioánnis and Eubea); 1–13 tectonic zones: 1 – Rhodope, 2 – Serbo-Macedonian, 3 – Circum-Rhodope, 4 – Vardar, 5 – Pelagonian, 6 – Sub-Pelagonian, 7 – Attica Cycladian, 8 – Parnassos, 9 – Pindos, 10 – Gavrovo–Tripolis, 11 – Ionian, 12 – Paxos, 13 – Talea (Plattenkalk)

zasadowymi: chromitu, żyłowego i ziemisto-skorupowego magnezytu, boksytów oraz rud Ni i Fe-Ni (ryc. 1). Gniazda dwóch ostatnio wymienionych występują zwykle w skałach osadowych. Zasoby rud niklu w Grecji są oceniane na 150 mln t, a wydobycie waha się w granicach 2,2–2,3 mln t rudy dostarczającej ok. 20 tys. t ferroniklu rocznie (Tsirambides & Filippidis, 2012; Newman, 2013). Środkowa

Grecja ma 70–80% udział w zasobach i wydobyciu oraz 100% w produkcji hutniczej.

Na Eubei na obszarze ponad 100 km² odsłania się strefa wietrzenia skał ultrazasadowych, sięgająca miejscami do głębokości 180 m. Bywa przykryta transgresywnie łupkami i marglami cenomanu. Rudy Fe-Ni występują gniazdowo w żelazistych laterytach, mają miąższość 1–5, a nawet

25 m oraz teksturę masywną lub konkrecyjną. W spągowych częściach gniazda te zawierają przeważnie 35–50% Fe, 0,7–1,2% Ni, ok. 0,05% Co, 1,3–1,9% Cr₂O₃, 3,0–6,5% Al₂O₃, 31–45% SiO₂, 3,5–8% MgO i 0,2–1,6% CaO (Gruszczyk i in., 1984).

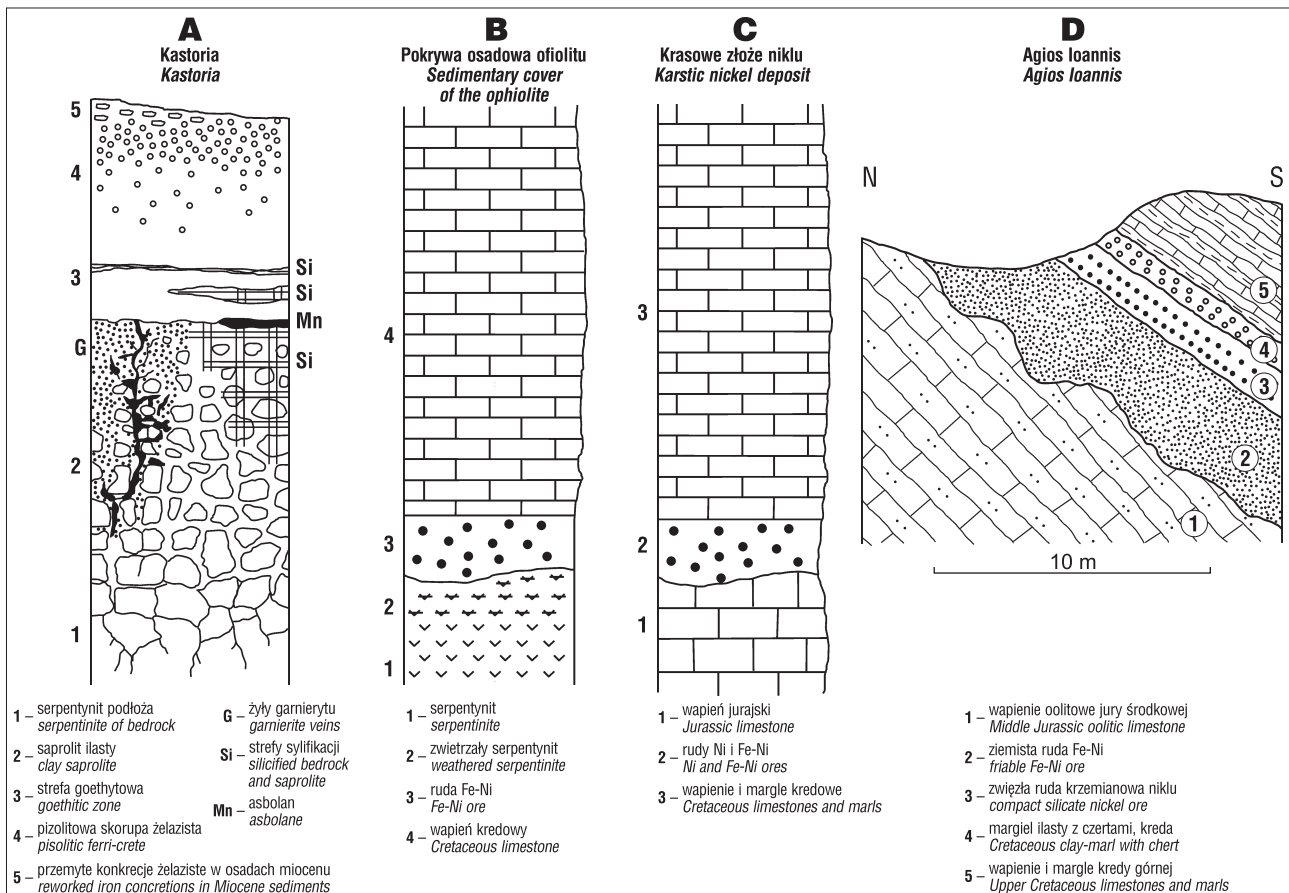
W Agios Ioannis, ok. 10 km na zachód od Zatoki Eubejskiej i tyleż na południe od portu Larymna, rudy Ni i Fe-Ni występują w stropie zdyslokowanych i skrasowiałych wapieni jurajskich. Można wyróżnić ciągłą pokrywę na nierównym podłożu oraz pola kotłów o szerokości od kilku do kilkudziesięciu metrów i głębokości rzadko przewyższającej 10 m. Głębiej w profilu rozwinięte są formy krasu podziemnego, pokryte polewami naciekowymi. Sąsiednie kotły łączą się nieraz ziemisto (ilasto?)-żelazistą masą wypełniającą, tworząc czerwony poziom laterytowy o nierównym spągu. Jest to resztką dawnej redeponowanej pokrywy laterytowej, która zachowała się przed erozją najlepiej wewnątrz kotłów. Albandakis (1974) znalazł w niej skamieniałości, które wskazały na cenomański wiek osadów oraz morskie środowisko ich depozycji. Poziom ten jest przykryty w stropie niezgodnie marglami cenomanu (ryc. 2D), w których rudy nie występują (Skarpelis, 2006).

Rudy zawierają 30–50% Fe i 1,0–1,4% Ni. Wyróżnia się rudy krzemianowo-węglanowe niklu i tlenkowo-wodrotlenkowe żelazowo-niklowe. W pierwszych nośnikami niklu są garnieryt – (Mg, Ni)₆[(OH)₈ | Si₄O₁₀], Ni-chloryt, Ni-antygoryt, Ni-smektyt, Ni-talk (Albandakis, 1974) i takovit – Ni₆Al₂[(OH)₁₆ | (CO₃,OH)] · 4H₂O, w drugich zaś

tlenowodorotlenki żelaza i manganu, jak Ni-goethyt – (Fe,Ni)O(OH) i asbolan – (Ni,Co)_{2-x}Mn⁴⁺(O,OH)₄ · nH₂O.

W Kastoria w północnej Grecji i w Rżanovo w przyległej części Republiki Macedonii (ryc. 1) występują złoża ujawniające bliższy związek z ultrabazytami. Pierwsze leży bezpośrednio na zwietrzałych serpentynitach z infiltracyjnymi żyłkami garnierytu (ryc. 2A), a rudy drugiego wykazują duży udział reliktoowego magnetytu, amfibolu, talku i klinochloru, w sumie ponad 50% (Serafimovski i in., 2012). Zasoby każdego z tych złóż są rzędu 40–50 mln t rudy.

Grecja posiada ważne złoża boksytów i jest tradycyjnym dostawcą tego surowca do Rosji. Złoża są małe, lecz tworzą zespół ponad 1000 ciał rudnych. Tylko niektóre osiągają zasoby 1 mln t, podczas gdy łączne zasoby udokumentowane wynoszą ok. 100 mln t. Skupiają się w środkowej Grecji, głównie w górzystym obszarze Parnas–Giona–Iti (Oeti)–Helikon aż po Zatokę Korynecką (ryc. 1). Tworzą 2–3 poziomy wśród skrasowiałych wapieni jury, a przede wszystkim w stropie tego systemu pod pokrywą kredy górnej. Jest to ten sam poziom, w którym występują rudy niklu. Eksploatacji podlegają tylko fragmenty bogate w boksyt, zawierające ponad 50%, a często ponad 53% Al₂O₃, żeby wyrównać niekorzystne cechy kopaliny. Powoduje je stosunkowo duża zawartość SiO₂ (do 10%, w minerałach ilastych), TiO₂ (2–3%), Fe₂O₃ (do 30%) i niekorzystny skład mineralny. Dominuje w nich diaspor, rzadziej boehmit. Zawierają sporo Ni i Cr, co wskazuje na pochodzenie z pokryw laterytowych rozwiniętych na ultrabazytach



Ryc. 2. A–C – schematyczne profile kilku złóż rud Fe-Ni (wg Skarpelisa, 2006), D – przekrój przez jedno z gniazd złoża Agios Ioannis (wg Albandakisa, 1974)

Fig. 2. A–C – Schematic sections through lateritic profiles of a few Fe-Ni ore deposits (after Skarpelis, 2006), D – cross section of an individual ore body in the Agios Ioannis mine (after Albandakis, 1974)

(Valeton i in., 1987; Eliopoulos & Economou-Eliopoulos, 2000). Podejmowano nawet próby odzysku niklu z błota po elektrolizie boksytu, lecz one się nie powiodły. Jednakże, z drugiej strony, wysokie zawartości takich pierwiastków śladowych, jak U, Th, Ce i La w zachodniej części pasa boksytowego, przemawiają za dostawą zwietrzliny z wychodni kwaśnych tufów i skał magmowych w czasie mezozoiku (Papastavrou & Perdikatsis, 1987).

GENEZA ZŁOŻ RUD NIKLU WYSTĘPUJĄCYCH W ŚRODKOWEJ GRECJI

Złoża rud niklu w środkowej Grecji, w odróżnieniu od dominujących na świecie pokryw laterytowych na ultrabazytach, nie są odsłonięte na powierzchni i występują wśród skał geochemicznie obcych. Serie mezozoiczne, w których znajdują się te złoża, są sfałdowane i często nasunięte na siebie. Niejednokrotnie strome powierzchnie nasunięć tną poziom zwietrzliny, co sprawia wrażenie, że wietrzenie rozwinęło się wzdłuż strefy tektonicznej. Jednakże wewnątrz kotłów obserwuje się warstwowanie masy laterytowej – przy ich dnie występują zawsze krzemiany i węglany niklu, a w stropie często jest obecny poziom konkrecyjny wodorotlenków żelaza, chyba że został tektonicznie ścięty i profil kończy się na pośrednim poziomie chlorytowo-żelazistym. Kopalnie odkrywkowe na wyższych wzniesieniach wcinają się w stok wzdłuż stromej strefy dyslokacyjnej, gdzie serie mezozoiczne z rozdzielającym je poziomem laterytowym leżą subwertykalnie, a wypełnienie kotłów paleokrasu zmienia się na skutek tego nie w kierunku pionowym, lecz bocznie ku NE.

Omawiane złoża rud niklu, żelaza i glinu należą do jednej formacji genetycznej. Powstały w kilku etapach: 1) wietrzenie ultrabazytów w wilgotnym klimacie tropikalnym i powstanie skorupy laterytowej na ich powierzchni oraz infiltracja Ni w głąb z nasuniętych serpentynitów, 2) redepozycja aluwialna i płytkomorska laterytów na krasową powierzchnię jurajskich wapieni, 3) przykrycie redeponowanych laterytów i resztek skorupy *in situ* przez osady kredy górnej, 4) dyferencjacja chemiczna laterytów w wyniku wietrzenia w obrębie form krasowych i rozwój strefowości pionowej – wzbogacenie w żelazo u góry, a w nikiel w dolnej części namytej pokrywy, 5) przebudowa tektoniczna oraz prawdopodobne kolejne przemieszczenia wadyczne Fe i Ni w jej wyniku. Inne argumenty na rzecz wieloetapowego transportu i redepozycji rud laterytowych można znaleźć w pracach Skarpelisa (1999, 2006) i Eliopoulosa i in. (2012).

Zaangażowanie tektoniczne serii ofiolitowej i mezozoicznych skał osadowych wskazuje na znaczne skrócenie skorupy ziemskiej i utrudnia ocenę wielkości transportu laterytów z pierwotnej pokrywy na skałach ultrabazaltowych na wtórne złoża w wapieniach. Odległość między serpentynitami na Eubei a kopalnią Agios Ioannis, obserwowana na dzisiejszej powierzchni terenu, określa orientacyjny dystans transportu 35 km. W przypadku boksytów odległości są rzędu 100 km, ale nie ma pewności, czy jakaś bliższa strefa ofiolitowa nie była erodowana, dostarczając zwietrzliny na chwilowo zanurzoną platformę węglanową, a później została zasłonięta w wyniku nasunięć.

Czas geologiczny wymienionych etapów można określić następująco:

1. Prawdopodobnie od jury górnej z głównym rozwojem w kredzie dolnej – wydzwignięcie i nasunięcie skorupy oceanicznej z ultrabazytami w strefie Eubea–Lamia i wapieniami jurajskimi na pobliskim obszarze, w konsekwencji wietrzenie laterytowe na łądzie (dużej wyspie) i krasowienie wapieni jurajskich;

2. Początek kredy górnej – różnicujące ruchy górotwórcze, erozja pokrywy laterytowej i transport materiału w zawieszynie koloidalnej na zanurzającą się platformę węglanową. Sedymentacja laterytów na wapieniach jurajskich w płytkim morzu; początek dyferencjacji chemicznej wtórnej pokrywy w czasie okresowych wynurzeń i prawdopodobnie powstanie konkrekcji;

3. Kreda górna – transgresja, osadzenie margli na laterytach;

4. Paleogen – wypiętrzenie hellenidów i nasunięcia wewnątrz pasma, wietrzenie pogrzebanych laterytów wśród masywu wapiennego;

5. Neogen – wypiętrzenia blokowe i zapadliska, erozja oraz częściowe odsłonięcie złoża na powierzchni, pogłębienie wietrzenie.

ASPEKTY GEOLOGICZNO-GÓRNICZE I ŚRODOWISKOWE

W środkowej Grecji wydobywano tylko bogatsze gniazda o zawartości średniej 1,0–1,1% Ni. W Agios Ioannis do końca XX w. istniały głównie kopalnie podziemne, udostępniające sztolniami strome, stosunkowo głębokie lecz bogate (1,4% Ni) w ciała rudne. Obecnie wydobywanie prowadzi się niemal wyłącznie metodą odkrywkową (Apostolikas i in., 2007; Apostolikas & Kountourellis, 2014) w 2–3 wyrobiskach do głębokości 100–180 m poniżej pierwotnej powierzchni terenu (ryc. 3–5; ryc. 3 – patrz okładka główna, ryc. 5 – patrz str. 195). Znacznie łatwiejsze stało się rozpoznanie granic ciał rudnych, ich stosunku do skał otaczających i form tektonicznych. Wydobywa się rudę z gniazd i soczewek, w których zawartość wynosi ponad 1% Ni, a objętość nadkładu nie przewyższa 10-krotnie objętość rudy. Ocena granic złoża opiera się na doświadczeniu geologa. Rozpoznanie rudy krzemianowo-węglanowej jest łatwe dzięki swoistym barwom minerałów niklu. Garnieryt jest niebieskozielony, chloryty – zielone (w odcieniu jabłka), pozostałe krzemiany zielonawe, a takovit – błękitnoniebieski (ryc. 6 – patrz str. 195, ryc. 7). Garnieryt i takovit wyścielają dno kotłów krasowych i tworzą nieregularne żyłki poniżej nich wśród wapieni jury, które noszą wyraźne ślady krasowego rozpuszczania. W spągu tych kotłów są też często powłoki takovitu na obłych blokach wapienia, które pokryte są białą „mąką” bliżej nieokreślonego minerału (bayeryt-diaspor?). Podstawowa ilość niklu występuje jednak nie w tych wyrazistych minerałach, ale w dolnej części gniazd, w masie brunatnoczerwonej chlorytów, niklonośnych glinokrzemianów, asbolanu, hematytu i goethytu, w której wyróżnienie nośników niklu nie jest możliwe. Niemniej tekstura skały, przypominającej żelazisty ił lub ochrę, i położenie pomiędzy warstwą masywnego hematytu lub konkrecyjnego hematytu-goethytu (pierwotnie tworzącego strop gniazda rudy) a wymienionymi barwnymi krzemianami (pierwotny spąg) ułatwia umiejscowienie rudy i zmniejszenie ilości próbek kontrolnych. Miąższość strefy przemysłowej wynosi kilka metrów, a stropowa warstwa



Ryc. 4. Gniazdo laterytowej rudy Fe-Ni w kotle krasowym. Przy kontakcie z blokami wapienia – takovit i glinokrzemiany niklu. Po lewej B. Strzelska-Smakowska i P. Zafiris. Ryc. 4 i 5 fot. A. Paulo
Fig. 4. Pocket of Fe-Ni laterite ore in karst sinkhole. The contact with limestone blocks is lined with takovite and nickel aluminosilicates. On the left B. Strzelska-Smakowska and P. Zafiris. Figs. 4 and 5 photo by A. Paulo

nie jest w praktyce traktowana jako ruda żelaza, mimo że zawiera 40–50% Fe_2O_3 . Domieszki Mg, Cr i Ni czynią ją bowiem trudnotopliwą, niepożądaną przez hutników.

Eksploatacja jest ułatwiona przez naturalny drenaż krasowego górotworu, łatwą urabialność ziemistej rudy i dużą

wytrzymałość skał otaczających, pozwalającą na utrzymywanie wysokich, stromych skarp odkrywek. Na Eubei działało 15 kopalń odkrywkowych, założonych w strefie wysokościowej 300–800 m n.p.m., na stokach w pobliżu wąwozów. W 2007 r. było czynnych już tylko pięć z największą – Artaki.



Ryc. 7. Takovit (jasnoniebieski) wśród laterytowych utworów wypełniających szczelinę z poliwami krasowymi
Fig. 7. Takovite (light blue) among lateritic products filling a fracture lined with karst crusts

W latach 2000–2012 wydobycie rudy w środkowej Grecji wynosiło 0,65–1,8 mln t/rok przy składowaniu 4,5–11,0 mln t nadkładu i zajmowaniu ok. 4,0 ha nowego terenu – 230 arów pod odkrywki i 151 arów pod zwały (Kontis & Kirillidi, 2004; Apostolikas & Kountourellis, 2014). Zwały te osiągają 200 m wysokości. W większości jest to teren roślinności wiecznie zielonej – krzaczastej i pojedynczych drzew (nazywany w tej części Grecji lasem suchym) oraz sporadycznie pastwisk.

W odległości 1,5–6,0 km od kopalń znajdują się wioski Kokkino i Politika oraz pola uprawne w wyschłym jeziorze. Do kopalni i wiosek doprowadza się wodę podziemną. W Politika nad morzem zbudowano zakład wzbogacania, do którego są dowożone rudy z odległości nie przekraczającej 20 km. Dalsze, odosobnione wystąpienia rud mają małe znaczenie z powodu kosztownego transportu w górzystym terenie. Podobnie są eksploatowane tylko dwa z trzech stosunkowo bogatych złóż (1,35% Ni) w okręgu Kastoria w północnej Grecji (ryc. 1), przy czym kopalnia Koukos pracuje tylko latem.

Wzbogacanie obejmuje kruszenie, przesiewanie, sortowanie wizualne, a następnie homogenizację koncentratu. Koncentrat jest transportowany do huty w porcie Larymna, gdzie wytwarza się żelazonikiel granulowany zawierający 17–25% Ni i 0,75–1,0% Co (Kontis & Kirillidi, 2004). Istotne znaczenie dla ekonomiki huty, oprócz ceny dostaw rudy, mają dostawy surowców energetycznych. Dawniej był to przede wszystkim węgiel brunatny ze złóż w greckiej Macedonii. Cała ilość uzyskanego stopu FeNi jest eksportowana do zakładów stali nierdzewnych, głównie na terenie Unii Europejskiej.

Efektom ubocznym działalności huty jest powstanie w ciągu roku 1,9 mln t żużla. Około 0,5 mln t tego odpadowego produktu udaje się zużyć w cementowniach (Dourdonis i in., 2003), a ok. 0,1 mln t do form odlewniczych (www.evipar.org/mai-nen.asp?CatID=63). Reszta jest deponowana na zwałowisku, zajmując co roku dodatkową powierzchnię 0,5 ha. W strefie nadmorskiej gleby są bardziej żyzne i utrata tak dużej powierzchni rodzi konflikty. Do końca XX w. praktykowano zatapianie odpadów w morzu, w pobliskiej zatoce użytkowanej przez rybaków (<http://www1.greece.gr/ENVIRONMENT/EnvironmentalPolicy/SeaPollutionInGreece.stm>). Wywołało to rosnące protesty, a jesienią 2002 r. spektakularną akcją ekologów Greenpeace (<http://archive.greenpeace.org/toxics/medtour2002/20nov.htm>). Zatoką Larymna (część Zatoki Eubejskiej) została już wcześniej uznana przez Program Ochrony Środowiska Narodów Zjednoczonych (UNEP 1999) za jedno z 11 miejsc o szczególnie wrażliwym środowisku biotycznym. Starania o dobre imię Grecji, organizatora Igrzysk Olimpijskich w 2004 r., i wszechstronna presja spowodowały zaniechanie takich praktyk. Z drugiej strony przedsiębiorstwo Larymna (LARCO) jest postrzegane jako istotne miejsce pracy w ubogim regionie. Zatrudnia ok. 1750 osób (Apostolikas & Kountourellis, 2014).

ZARZĄDZANIE TERENAMI POGÓRNICZYMI

Rząd Grecji przyjął wobec UE zobowiązanie do określenia i wyegzekwowania zasad zamykania kopalni w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju, tj. do rewitalizacji terenów pogórnich. Wymaga się zintegrowanego planu

zamknięcia kopalni, sporządzonego we współpracy zarządu kopalni i władz lokalnych, a zadawalającego lokalne gminy i innych interesariuszy. Ma być zgodny z planem regionalnym, uwzględniającym zmienne uwarunkowania techniczne i ekonomiczne górnictwa oraz potrzeby społeczne, a także rosnące standardy środowiskowe (Kontis & Kirillidi, 2004). Od końca 2003 r. władze lokalne są zobowiązane do rejestrowania opuszczonych obszarów przemysłowych i scharakteryzowania ich potencjału. Również udzielanie koncesji na działalność górniczą i przemysłową ma spełniać Dyrektywę UE 85/337/EWG, 97/11/WE oraz 96/61/WE. Wymaga się m.in. zapewnienia wystarczających funduszy na adaptację zwałowisk i wyrobisk.

Przedsiębiorstwo LARCO użytkuje tereny sklasyfikowane w 85% jako lasy publiczne oraz składowiska niebezpiecznych skał nadkładu, a w 15% jako tereny rolnicze. Ze względu na górzystą rzeźbę terenu i ogólne położenie jest mało prawdopodobne, żeby tereny te mogły być użyte do celów mieszkalnych, handlowych lub produkcyjnych. Dlatego powinny być zrehabilitowane. Minimalizacja oddziaływania na środowisko jest głównym zadaniem przedsiębiorstwa, a polega ona przede wszystkim na stabilizacji skarp i zalesieniu wyrobisk i zwałowisk. Zalesienie powinno obejmować co najmniej 95% powierzchni zwałów (Kontis & Kirillidi, 2004). Obecnie dużą wagę przywiązuje się do kompleksowego planowania kopalni – od wydzielenia kilku granic złoża, w zależności od cen rynkowych niklu, przez eksploatację po rewitalizację obszaru pogórniczego. Już w czasie zdejmowania nadkładu gromadzi się oddzielnie glebę do przyszłej rekultywacji. Skały nadkładu są kierowane do wypełniania opuszczonych odkrywek i konstrukcji drogowych w okolicy.

Autorzy składają podziękowanie dyrekcji LARCO, a zwłaszcza E. Frogoudakisowi za udzielone informacje i zezwolenie na wstęp, a mgr P. Zafirisowi za znakomite przewodnictwo po obiektach geologicznych. Okazało się, że jest on wychowankiem Wydziału Geologii Uniwersytetu Wrocławskiego i nadal świetnie mówi po polsku. Dokończenie tej pracy po latach poświęconych opiece nad chorą przypadło pierwszemu z autorów jako moralny obowiązek i dług wdzięczności za wieloletnią współpracę. Podziękowania należą się również Recenzentom, dr. hab. Andrzejowi Gąsiewiczowi i dr. hab. Stanisławowi Mikulskiemu, za konstruktywne uwagi i sugestie, które wpłynęły na ulepszenie artykułu. Praca była finansowana z badań statutowych AGH nr 11.11.140.626.

LITERATURA

- ALBANDAKIS N. 1974 – Nickeliferous iron ores in the Locris and Euboea districts. *Mining & Metallurgy Chronicle*, 18: 9–28; 19: 17–41.
- APOSTOLIKAS A. & KOUNTOURELLIS E.I. 2014 – GMMSA LARCO: Mineral resources, present, future, opportunities (Power Point presentation NTUA-NOA 2014, for Raw Materials University Day; www.ec.europa.eu/eip/raw-materials/sites/rawmaterials/files/NTUA...).
- APOSTOLIKAS A., MAGLARAS K., FROGOUidakis E. & KIRILLIDI Y. 2007 – The nickel industry in Greece. *Proc. of Second Balkan Mining Congress, Belgrade*: 87–91.
- AUBOUIN J., BRUNN J.H., CELET P., DERCOURT J., GODFRIAUX I. & MERCIER J. 1963 – *Esquisse de la géologie de la Grèce*. [W:] *Livre à la mémoire du Professeur Paul Fallot*, 2. Société Géologique de France, Paris: 583–610.
- DOURDONIS E., ANGELOPOULOS G.N., CHANIOTAKIS E., FROGOUidakis E., PAPANASTASIOU D. & PAPAMANTELOS D.C. 2003 – Recycling of metallurgical waste (slag), low grade bauxite and overburden excavation limestones in the production of high quality alumina cement. *Proc. of the 8th Internat. Conf. on Environmental Science and Technology, Lemnos Island, Greece, vol. A*: 176–183.

- ELIOPOULOS D. & ECONOMOU-ELIOPOULOS M. 2000 – Mineralogical and geochemical characteristics of Fe-Ni – and bauxitic laterite deposits of Greece. *Ore Geol. Rev.*, 16 (1/2): 41–58.
- ELIOPOULOS D., ECONOMOU-ELIOPOULOS M., APOSTOLIKAS A. & GOLIGHTLY J.P. 2012 – Geochemical features of nickel-laterite deposits from Balkan Peninsula and Gordes, Turkey: The genetic and environmental significance of arsenic. *Ore Geol. Rev.*, 48: 413–427.
- GLĄZKOWSKIJ A.A., GORBUNOW G.I. & SYSOJEW F.A. 1974 – Miastorożdżeniya nikielia. [W:] Smirnow W.I. (red.), Rudnyje miastorożdżeniya SSSR, t. 2: 5–74.
- GRUSZCZYK H., OSIKA R. & SMAKOWSKI T. 1984 – Nikiel: złoża. [W:] Bolewski A. (red.), Surowce mineralne świata: Nikiel – Ni, kobalt – Co. Wyd. Geol. Warszawa: 287.
- HIGGINS M.D. & HIGGINS R. 1996 – A geological companion to Greece and the Aegean. Cornell Univ. Press, s. 240.
- HUTCHISON Ch.S. 1983 – Economic deposits and their tectonic setting. The Macmillan Press, London and Basingtoke: 365.
- KONTIS A. & KIRILLIDI Y. 2004 – Sustainable land management of the nickel mining industry in Greece. [W:] Hebestreit C, Kudelko J. & Kulczycka J. (red.), Sustainable post-Industrial Land Management. Wrocław.
- MARINOS G. 1982 – Greece. [W:] Dunning F.W., Mykura W. & Slater D. Mineral deposits of Europe, 2: Southeast Europe. The Mineralogical Society & The Institution of Mining and Metallurgy, London: 233–253.
- MCFARLANE M.J. 1983 – Laterites. [W:] Goudie A.S. & Pye K. (red.), Chemical sediments and geomorphology. Academic Press, London: 7–57.
- MOUNTRAKIS D., SAPOUNTZIS E., KILIAS A. & CHRIOSTOFIDES G. 1983 – Paleographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. *Can. J. Earth Sci.*, 20 (11): 1673–1681.
- NEWMAN H.R. 2013 – The mineral industry of Greece. *USGS Minerals Yearbook 2012* (advance release): 19.1–19.6. Washington.
- PANTOSTI D., De MARTINI P.M., PAPANASTASSIOU D., PALYVOS N., LEMEILLE F. & STAVRAKAKIS G. 2001 – A reappraisal of the 1894 Atalanti earthquake surface ruptures, Central Greece. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 91 (4): 760–780.
- PAPASTAVROU S.E. & PERDIKATIS V. 1987 – U-Th and REE concentrations in bauxites and new aspects about the origin of bauxites in the Iti-mountains (C. Greece). [W:] Jankovic S. Mineral deposits of the Tethyan Eurasian metallogenic belt between the Alps and the Pamirs (selected examples). UNESCO/IGCP Project No. 169. Belgrade Univ., Belgrade: 111–118.
- PAULO A. & STRZELSKA-SMAKOWSKA B. 1993 – Materiały do ćwiczeń z nauki o złożach i geologii gospodarczej. *Rudy metali*, t. I. Wyd. AGH, Kraków, s. 288.
- PE-PIPER G. & PIPER D.J.W. 2002 – The igneous rocks of Greece: The anatomy of an orogen. *Beiträge zur regionalen Geologie der Erde*, Bd 3. Gebr. Borntraeger, s. 573.
- PROGRAM 2004 – Program rządowy dla terenów przemysłowych przyjęty przez Radę Ministrów 27 kwietnia 2004. Ministerstwo Środowiska.
- ROUTHIER P. 1963 – Les gisements métallifères – géologie et principes de recherche. Masson et Cie, Paris, vol. I: 1–868, vol. II: 869–1282.
- SERAFIMOVSKI T., BOEV B. & TASEV G. 2012 – Some quantitative aspects of the major types of ores at the Ržanovo Fe-Ni lateritic deposit, R. Macedonia. *Geologia Macedonica*, 26 (1): 21–35.
- SKARPELIS N. 1999 – Lateritic weathering crusts as a source of ferruginous spheroidal particles of sedimentary nickeliferous iron ores, Greece. *Bull. t. XCIX de l'Académie Serbe des Sciences et des Arts*, t. 99, Sc. Mathématiques et Naturelles, Sc. Naturelles, 39: 213–224.
- SKARPELIS N. 2006 – Lateritization processes of ultramafic rocks in Cretaceous times: The fossil weathering crusts of mainland Greece. *J. Geochem. Explor.*, 88: 325–328.
- TSIRAMBIDES A. & FILIPPIDIS A. 2012 – Metallic mineral resources of Greece. *Central Europ. J. Geosci.*, 4 (4): 641–650.
- UNEP 1999 – Research Projects “Keep Greek Seas Clean”. United Nations Environment Programme, www.unep.org.
- VALETON I., BIERMANN M., RECHE R. & ROSENBERG F. 1987 – Genesis of nickel laterites and bauxites in Greece during the Jurassic and Cretaceous, and their relation to ultrabasic parent rocks. *Ore Geol. Rev.*, 2: 359–404.

Praca wpłynęła do redakcji 10.11.2015 r.
Akceptowano do druku 8.01.2016 r.

PRZEGLĄD GEOLOGICZNY

MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



Cena 12,60 zł (w tym 5% VAT)

TOM 64 Nr 3 (MARZEC) 2016

Indeks 370908 ISSN-0033-2151

METALE W GLEBACH
WARSZAWY – WŁOCHY

ZŁOŻA NIKLU
W LATERYTACH GRECJI

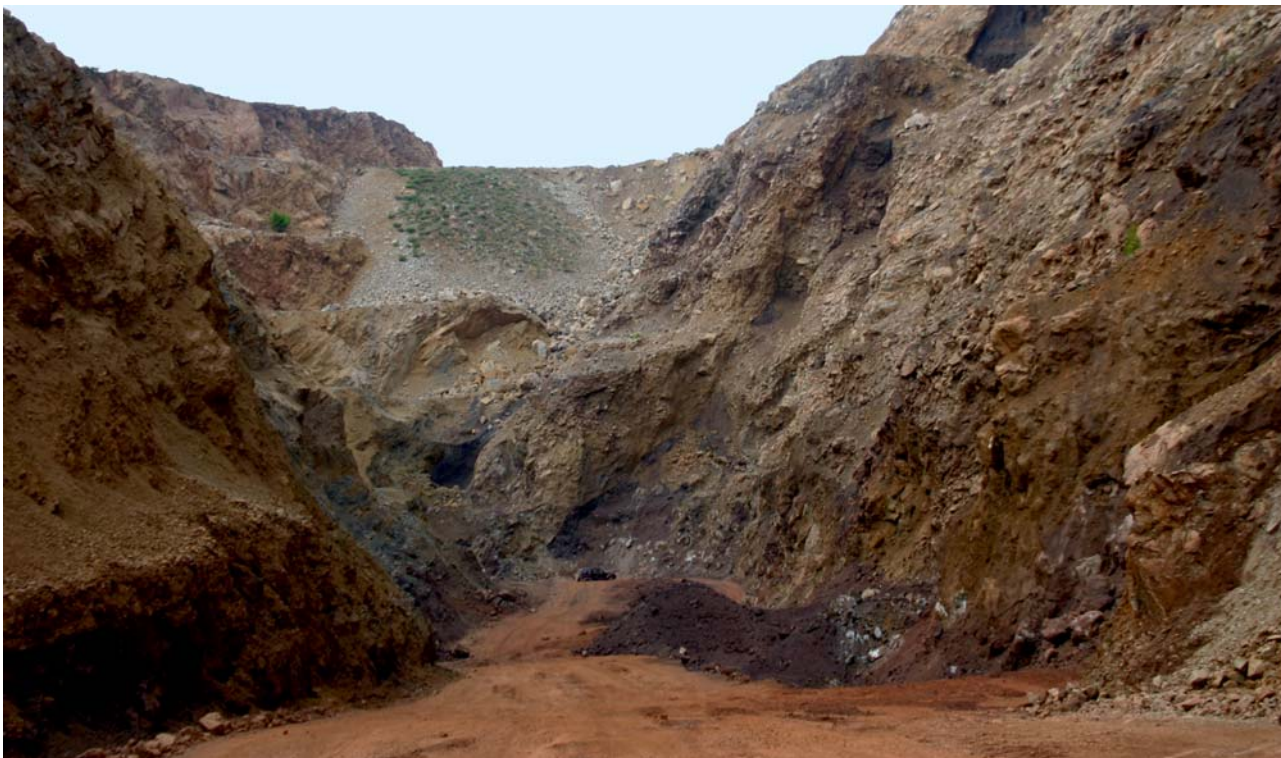
OCZKOWICE – WAGA
ROZPOZNANIA HYDROGEOLOGICZNEGO

OCENA PRZYDATNOŚCI BUDOWLANEJ
GRUNTÓW A PLANOWANIE PRZESTRZENNE

Zdjęcie na okładce: Nowa odkrywka kopalni Agios Ioannis (Grecja). Rudy niklu (zielonoszare) i Fe-Ni (ciemnobrązowe) odstaniają się w kotłach krasowych pod margłami kredy na dolnych poziomach odkrywki i zapadają w prawo. Przy powierzchni występują czerwone gleby. Na stoku odległego wzgórza po lewej widoczne zwały dawnej kopalni podziemnej (patrz Paulo & Strzelska-Smakowska, str. 159). Fot. A. Paulo

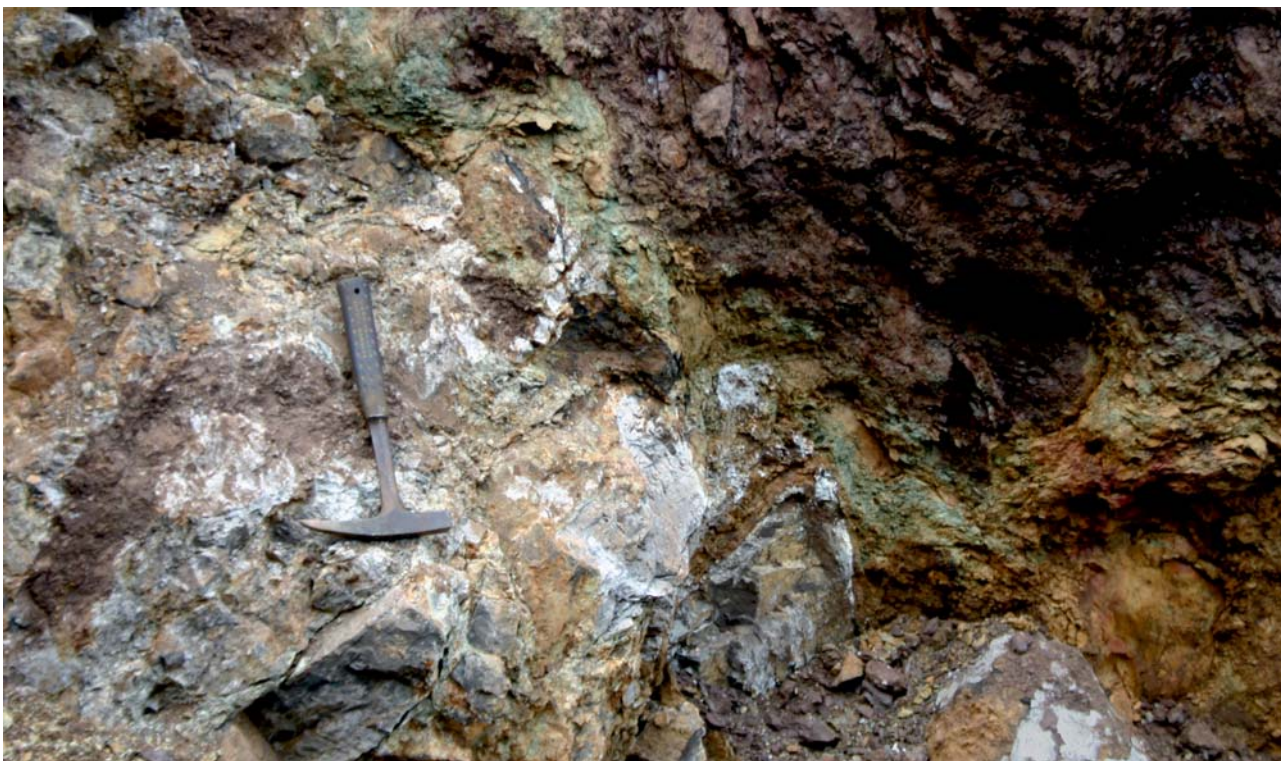
Cover photo: The new excavation of the Agios Ioannis mine (Grecja). Nickel ore (green grey) and Fe-Ni (dark brown) are exposed in karst sinkholes under Cretaceous marls on the lower levels of the pit and dip to the right. At the surface, red soils appear. On the slope of the distant hill on the left, heaps of the old underground mine are visible (see Paulo & Strzelska-Smakowska, p. 159). Photo by A. Paulo

**Złoża rud niklu w redeponowanych laterytach w Grecji,
ich wykorzystanie i zagospodarowanie pogórnictwa (patrz str. 159)**
**Nickel ore deposits in the redeposited laterites in Greece,
their development and post-mining land-use (see p. 159)**



Ryc. 5. Stromo zapadająca (z prawej do lewej) soczewka rudy Fe-Ni eksploatowana dawniej w kopalni podziemnej Agios Ioannis. Najbogatsze w nikiel są naskorupienia na blokach wapienia w spągu soczewki (po prawej; patrz ryc. 6)

Fig. 5. Steeply dipping (right to left) lens of Fe-Ni ore exploited in a former underground Agios Ioannis mine. Encrustations on limestone blocks at the base of the lens (right) are richest in nickel (see detail in Fig. 6)



Ryc. 6. Glinokrzemiany niklu w spągu soczewki rudy Fe-Ni. Obie fot. A. Paulo

Fig. 6. Nickel aluminosilicates at the base of the Fe-Ni ore lense. Both photos by A. Paulo