

# Geologia Almerii – półpustynnej krainy Hiszpanii

## Geology of Almería – semi-desert zone of Spain

**Małgorzata Labus**

Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska  
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, e-mail: malgorzata.labus@polsl.pl



**Treść:** W artykule przedstawiono atrakcje geoturystyczne pustynnej prowincji Andaluzji (Hiszpania), jaką jest Almería. O atrakcyjności tej do niedawna zapomnianej prowincji decydują warunki klimatyczne, środowiskowe, a także szczególna budowa geologiczna. W budowie geologicznej biorą udział zmetamorfizowane i silnie sfaldowane skały starszego podłoża, należące do masywu iberyjskiego, sfaldowane podczas orogenezy alpejskiej kompleksy Gór Betyckich, a także osady neogeniczne wypełniające basen śródgórski.

Najbardziej interesującym obszarem jest Cabo de Gata-Níjar Natural Park, gdzie można zobaczyć stożki i kaldery powstałe w wyniku mioceńskiej działalności wulkanicznej, różnorodne skały magmowe i osadowe, a także relikty dawnej kopalni złota Rodalquilar.

**Słowa kluczowe:** Almería, Rodalquilar, Cabo de Gata, bentonit, złoto

**Abstract:** The paper presents selected geosites in the arid Province of Almería (Andalucía, Spain). This region is famous for exceptional, climatic and environmental conditions as well as of geological features. The three geological units are distinguishable in the Almería: strongly folded and deformed metamorphic rocks of the Iberian Massif, Alpine mountain chain of the Betic Cordillera and intra-montane basin filled with Neogene sediments.

The most interesting is the region of Cabo de Gata-Níjar Natural Park, where the Miocene volcanic domes and calderas can be seen in the field. There is also a variety of exposed, igneous and sedimentary rock, as well as the relics of gold mine in Rodalquilar.

**Key words:** Almería, Rodalquilar, Cabo de Gata, bentonite, gold

### Wstęp

Almería jest suchą, niemal pustynną prowincją leżącą w Andaluzji, w SE Hiszpanii nad Morzem Śródziemnym. Pod względem ekspozycji zapisu przeszłości geologicznej, zwłaszcza ostatnich 15 mln lat, kraina ta jest obszarem unikalnym i stanowi wspaniałą atrakcję geoturystyczną.

Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie niektórych walorów geoturystycznych Almerii, ze szczególnym uwzględnieniem najbardziej chyba interesującego geoparku, jakim jest Cabo de Gata-Níjar Natural Park, obszar unikalny pod względem geologicznym, ekologicznym i środowisko-

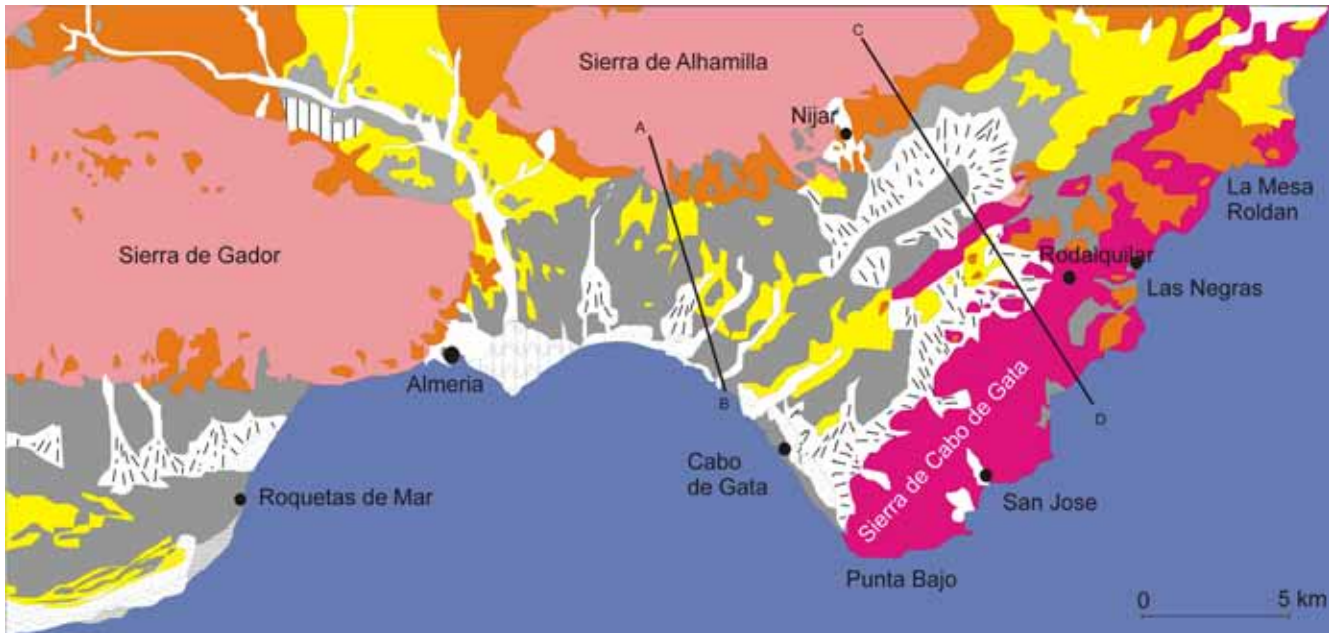
wym. Jest on największym lądowo-morskim rezerwatem w Europie Zachodniej, obejmującym obszar 26 000 ha lądu i 12 000 ha morza. Ze względu na swoje walory naturalne Cabo de Gata był pierwszym obszarem chronionym na terenie Andaluzji. W 1989 utworzono tam Special Protection Area for Birds (SPA) oraz Wetland of International Importance (Ramsar – Salinas del Cabo de Gata). W 1997 został on uznany przez UNESCO za Rezerwat Biosfery. W 2001 włączono go do Specially Protected Areas of Mediterranean Importance (SPAMI). W 2006 roku park został włączony do Światowej Sieci Geoparków.

Cabo de Gata-Níjar Natural Park zlokalizowany jest na SE wybrzeżu Półwyspu Iberyjskiego. O unikanym charakterze środowiska tego regionu decyduje półpustynny klimat panujący w całej Almerii, wpływający na geomorfologię, roślinność i świat zwierzęcy. Wśród różnorodnych biotopów należy wymienić: saliny, półpustynne pasma górskie, klify, etc., zamieszkiwane przez 3 gatunki płazów, 13 gatunków gadów i 101 gatunków ptaków. W Parku znajduje się również wiele opuszczonych już wyrobisk górniczych (odkrywkowych i podziemnych) związanych z eksploatacją złota, siarczkowych rud polimetalicznych Pb, Zn, Cu i Ag, bentonitu i ałunitu. Wydobywanie rud siarczkowych było skoncentrowane w południowej części parku, natomiast wydobywanie kopalin niemetalicznych, zwykle w odkrywkach o dużych rozmiarach, rozsiane było na całym obszarze. W latach 60-tych, gdy wydobywanie złota osiągnęło najwyższy poziom, do ekstrakcji metalu stosowano metodę cyjankową, co było przyczyną problemów ekologicznych. W okolicy miejscowości Rodalquilar, gdzie skupione było wydobywanie złota, zalegają obecnie znaczne ilości odpadów przerobczych stanowiących zagrożenie dla środowiska (Rigol, Chica-Olmo, 1998).

### Budowa geologiczna Almerii

W budowie geologicznej Andaluzji biorą udział trzy podstawowe jednostki geologiczne wyższego rzędu: Masyw Iberyjski, Góry Betyckie i basen śródgórski wypełniony osadami neogenu.

Masyw Iberyjski, zajmujący większą część Półwyspu Iberyjskiego, powstał w orogenezie hercyńskiej. Ciągnie się od płaskowyżu Meseta, na północ od rzeki Guadalquivir, tworząc pasmo górskie Sierra Morena. Zbudowany jest z silnie pofaldowanych i zdeformowanych skał metamorficznych (łupków, kwarcytów i marmurów) i magmowych (głównie granitoidów) wieku prekambryjskiego i paleozoicznego. Masyw Iberyjski jest pozostałością dawnego kontynentu iberyjskiego, u którego wybrzeży, w miocenie, miała miejsce sedymentacja w środowisku morskim.



## LEGENDA:

	Plejstocen
	Pliocen
	Miocen
	Formacja wulkaniczna (miocen)
	Skały starszego podłoża

	OSADY HOLOCENU
	osady rzeczne
	stożki napływowe
	bariery litoralne
	saliny
	Trawertyny
	delty
	wydmny

Góry Betyckie należą do strefy fałdowań alpejskich. Ich wypiętrzanie rozpoczęło się około 25 mln lat temu, w dolnym miocenie i trwa nadal. Kordyliera Betycka rozciąga się od Kadyksu na zachodzie po Almerię na wschodzie. Przedłużeniem tektonicznym Gór Betyckich są Baleary, a na afrykańskim brzegu - góry Ar-Rif. Złożona budowa tych gór jest efektem wypiętrzania sfałdowanych w formie płaszczowin osadów mezozoicznych i trzeciorzędowych, pod wpływem kolizji płyty tektonicznej Alkoran i płyty iberyjskiej. Góry Betyckie złożone są ze strefy zewnętrznej, przylegającej do Masywu Iberyjskiego, i starszej, wewnętrznej, obecnie znajdującej się w strefie litoralnej Morza Śródziemnego.

Basen neogeniczny wypełniony jest słabo zdeformowanymi osadami trzeciorzędu. Osadziły się one w czasie orogenezy alpejskiej, kiedy wypiętrzana była kordyliera betycka, w basenach śródgórskich, okresowo zalewanych płytkim morzem. Jednostka ta podzielona jest na kilka sub-basenów: Guadalquivir, Guadix-Baza, Tabernas, Sorbat i - należą do prowincji Almería - basen Almería-Níjar.

Pod względem budowy geologicznej Almería zlokalizowana jest na SE skraju Gór Betyckich (Fig. 1 i 2). Najstarsze skały w tym regionie to łupki grafitowo-mikowe oraz kwarcyty, wyróżniające się w terenie ze względu na dużą odporność na wietrzenie. Mniejszy udział w budowie geologicznej mają marmury, eksploatowane m.in. w Sierra de Macael, oraz gnejsy. Wymienione skały metamorficzne należą do trzonu Gór Betyckich i otoczone są młodszym kompleksem Alpujarrá, do którego należą łańcuchy górskie wybrzeża Hiszpa-

Fig. 1. Szkic geologiczny basenu Almerii. Przekroje wzdłuż linii A-B I C-D przedstawione na Fig.2 (wg Villalobos, 2003) • Simplified geological map of the Almería basin. Cross-sections on the lines A-B I C-D marked on the map in Fig.2 (acc. Villalobos, 2003)

nii, m.in. Lújar, Contraviesa i Gádor. Kompleks ten budują łupki, powstałe ze słabo przeobrażonych ilowców. Ich charakterystyczną cechą są dość jaskrawe barwy, od niebieskich do czerwonych. Łupki te były tradycyjnie używane jako pokrycia dachowe. Pozostałe skały występujące w obrębie kompleksu Alpujarrá to marmury i marmury dolomitowe - przeobrażone wapienie i dolomity.

Skały wchodzące w skład łańcuchów Gór Betyckich są silnie sfałdowane i pocięte wieloma systemami spękań różnej skali. W spękaniach i strefach uskokowych występuje mineralizacja, która w przeszłości była przedmiotem eksploatacji, np. rud żelaza w Górach Alhamilla, czy rud srebra i ołowiu w Sierra de Gador i Sierra Almagrera.

Odrębnym pasmem górskim jest Sierra de Cabo de Gata, o odmiennej budowie geologicznej. Tworzą je skały wulkaniczne powstałe w dwóch miocenijskich cyklach wulkanizmu (Fig. 3 i 4). W krajobrazie Sierra de Cabo de Gata charakterystyczne są stożkowego kształtu wzgórz, zbudowane z zastygłej lawy i brekcji wulkanicznej. Nazwa tego pasma pochodzi od wysuniętego na południe przylądka Cabo de Gata, zbudowanego z dacytów, ryodacytów i ryolitów, a także najmłodszych andezytów (Toscani, 1990). Charakterystyczna dla przejawów tego wapniowo-alkalicznego wulkanizmu bimodalnego jest różnorodność litologiczna, od andezytów bazaltowych do ryolitów z umiarkowaną zawartością potasu (Rigol, Chica-Olmo, 1998).

W obniżeniach terenu zgromadził się materiał najmłodszy, osadzony w okresie ostatnich 15 mln lat, kiedy Morze Śródziemne otaczało wulkaniczne góry Cabo de Gata, tworzące wówczas niewielki archipelag. Góry Betyckie i cały Półwysep Iberyjski były już wypiętrzone ponad poziom Morza Śródziemnego. Te młode osady morskie są wynikiem erozji istniejących wcześniej lądów i składają się ze żwiru, piasku i mułu. Miejscami występują również skały wapienne, po-

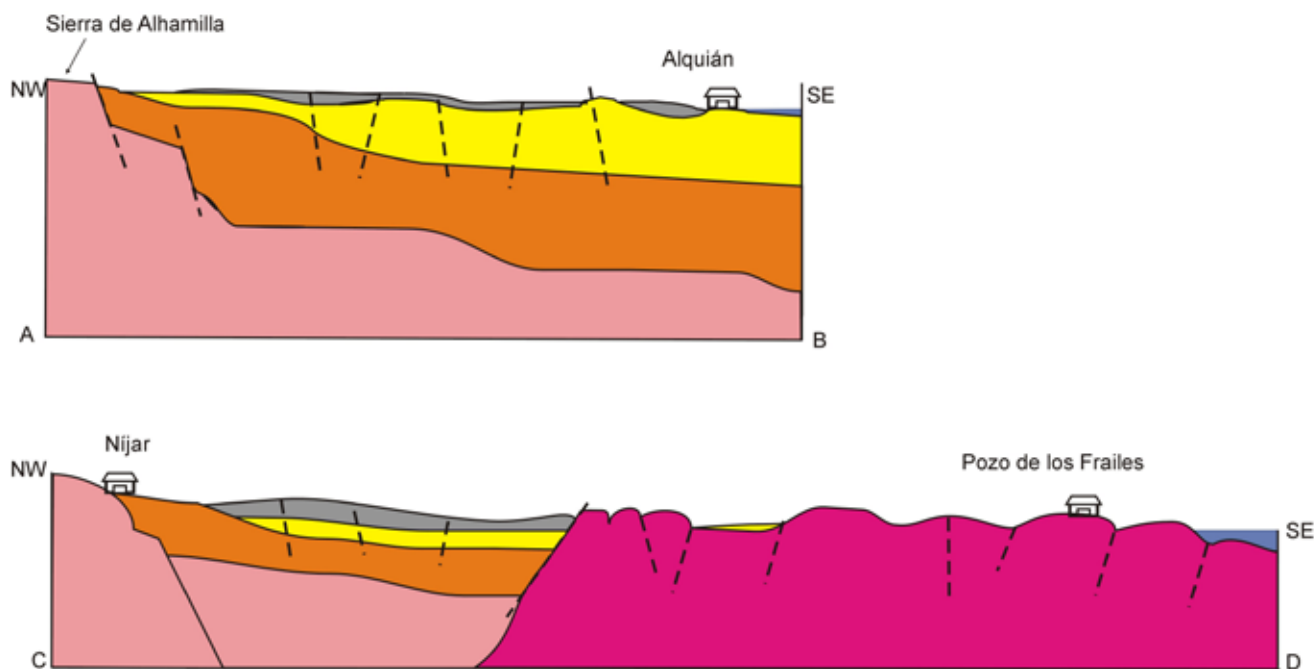


Fig. 2. Uproszczone przekroje geologiczne (legenda jak do Fig.1) wzdłuż linii przekrojowych A-B i C-D zaznaczonych na Fig. 1 (wg Villalobos, 2003) • Simplified geological cross-sections (explanations as in Fig.1) on the lines A-B i C-D marked on the map in Fig. 1, (acc. Villalobos, 2003)

wstałe w wyniku nagromadzenia szczątków organizmów morskich (Fig. 5).

Globalne zmiany klimatyczne powodowały występowanie na tym obszarze okresów zimnych i ciepłych. W cieplejszych okresach temperatura wody w zachodnich częściach Morza Śródziemnego była na tyle wysoka, że wokół wybrzeży ówczesnych wysp rozprzestrzeniły się rafy koralowe. Tworzą one obecnie kopalne masywy rafowe - jedne z najlepiej zachowanych na świecie. Należą do nich: Purchena, Cariatiz, Níjar i Mesa Roldan. W okresach panowania chłodniejszego klimatu temperatury były zbliżone do współczesnych. Tworzyły się wtedy wapienie zbudowane ze szczątków krasnorostów, mszywiołów i małży, takich jak te występujące obecnie na dnie morskim w otoczeniu Cabo de Gata (Mather et al., 2001).

W ciągu ostatnich 2 mln lat, Almería, podobnie jak cała nasza planeta, poddawana była silnym zmianom klimatycznym, których skutkiem były zlodowacenia plejstoceńskie. Podczas glacjałów poziom morza obniżał się do ok. 100 m stosunku do okresów interglacjaalnych.

## Surowce mineralne Almerii

W mioceńskim kompleksie wulkanicznym Cabo de Gata znajdują się, powstałe w kolejnych fazach wulkanizmu, nakładające się na siebie kaldery. Większa (i starsza) to kaldera Rodalquilar, o wymiarach 4 x 8 km, w obrębie której powstała młodsza kaldera de la Lomilla, o średnicy 2 km. Ogromne ilości materiału piroklastycznego utworzyły kompleks ignimbrytowy, zwany kompleksem Rodalquilar (Fig. 6), przykrywając powstałe wcześniej pokrywy andezytowe. Komora magmowa wypełniła się ponownie, co dało początek nowemu epizodowi wulkanicznemu i spowodowało powstanie nowej kaldery la Lomilla w obrębie kaldero Rodalquilar. Systemy



Fig. 3. Cios kolumnowy w obrębie andezytowej kopuły wulkanicznej Punta Bajo na wschód od Cabo de Gata, fot. M. Labus • Columnar joint in the Punta Bajo andesite dome, east from Cabo de Gata, phot. M. Labus





Fig. 4. Wychodnia białych tufów wulkanicznych otoczonych andezytami (Punta Bajo), fot. M. Labus • Outcrop of white tuffs surrounded by andesites (Punta Bajo), phot. M. Labus

spękań, powstałe w wyniku zapadnięcia się stropu komory magmowej wypełniły się mineralizacją hydrotermalną. Najmłodsze piętro ignimbrytów pokrywają niewielkiej miąższości morskie skały węglanowe i skały wulkaniczne (Rytuba i in., 1990).

Roztwory hydrotermalne, krążące w spękaniach kompleksu Rodalquilar, przyczyniły się do powstania nagromadzeń kruszców metali: cynku, ołowiu, miedzi, manganu i złota, którego obecność wycisnęła największe piętno na rozwoju Almerii.

Złoże Rodalquilar to jeden z najlepszych w Europie przykładów epitermalnej mineralizacji złotem, związanej z wulkanizmem trzeciorzędowym. Mineralizacja ta skupia się w spękaniach i uskokach usytuowanych radialnie i koncentrycznie względem kaldery, przecinających ryolity i ryodacyty, należących do tzw. kompleksu Cinto. W spękaniach koncentrują się minerały ilaste, krzemionka, pirofyllit, ałunit i kaolinit, a ich wzrastający wraz z głębokością udział wskazuje na pochodzenie hipogeniczne (Sänger von Oepen i in., 1989). Koncentracje złota związane są z hematytem, jarosytem, limonitem i kwarcem. Na głębokości ok. 120 m p.p.t. mineralizacja przechodzi z tlenkowej w siarczkową i pojawia się głównie pirit z niewielkim udziałem chalkopirytu, kowelinu, bornitu, enargitu i tennantytu.

Eksploracja żył kwarcowo-galenowych na terenie Rodalquilar rozpoczęła się w drugiej połowie XIX wieku. Złoto zostało odkryte w 1883 roku i od tego czasu było wydobywane na małą skalę w niewielkich, prywatnych kopalniach, których rozwój zbiegł się z wielkim kryzysem ekonomicznym w rejonie Almerii.

Eksploracja prowadzona była dwiema różnymi metodami. Na przełomie wieku XIX i XX poszukiwano dużych, silnie zmineralizowanych żył kwarcu, drążąc szyby i chodniki podziemne. W 1942 roku metody geochemiczne pozwoliły na odkrycie zasobów rudy oszacowanych na 4 mln ton, z koncentracją złota wynoszącą średnio 4,5 ppm (Sänger von Oepen i in., 1989).

Od roku 1956 przedsiębiorstwo państwowe ADARO rozpoczęło eksploatację metodą kombinowaną. Wyrobiskami podziemnymi wydobywano bogatą rudę o zawartości powyżej 5 ppm Au), natomiast metodą odkrywkową eksploatowano rudę uboższą (1 – 1,5 ppm Au). Mieszanka tych dwóch typów rudy, o średniej zawartości złota 3 ppm, trafiała do zakładu przerobczego. W ostatnich dekadach XIX stulecia i na początku XX wieku złoto odzyskiwano przez wytop w piecach, otrzymując blendę ołowiową o wysokiej zawartości złota i srebra. W drugiej połowie XX wieku rozpoczęto wzbogacanie poprzez ługowanie roztworami cyjanków i wytop w piecach elektrycznych (Fig. 7). W latach 1956-1966 wyeksploatowano metodą odkrywkową i głębinową około 3 mln ton skał, z czego 1,5 mln ton rudy zawierało 6,5 – 7 ppm Au.

W roku 1966 nastąpiło zamknięcie kopalni złota w Rodalquilar, co spowodowało nagły spadek liczby mieszkańców, z 1400 do 75 osób. Do lat 90-tych ubiegłego wieku prowadzono poszukiwania rud, których wydobywanie byłoby opłacalne. Nie podjęto jednakże ponownie eksploatacji, ze względu na złożoną budowę geologiczną. Pozostałe zasoby oszacowano na ok. 3 tony złota.

Obecnie Rodalquilar spełnia inne funkcje, służąc przede wszystkim turystyce. W zabudowaniach dawnej kopalni

złota mieści się centrum informacyjne Geoparku Cabo de Gata-Nijar. Widoczny na Fig. 7, w dole, w centralnej części dawny budynek zakładu przerobczego jest obecnie wykorzystywany do celów wystawowych i dydaktycznych. Ponadto w Rodalquilar stworzono ogród botaniczny.

Po dziś dzień eksploatowane są natomiast inne surowce, których powstanie związane jest z historią geologiczną kompleksu Rodalquilar. Obecnie najważniejsze są bentonity, powstałe w wyniku przeobrażenia tufów wulkanicznych i andezytów. Nagromadzenie tego surowca w Cabo de Gata stanowi największe złożo bentonitu w Hiszpanii. Jest to ponadto jedyne złożo wykorzystywane gospodarczo na terenie Parku Cabo de Gata – Nijar.

Złożo bentonitu Cabo de Gata ma nieregularną formę. Barwa skały jest również zróżnicowana, od czerwonej, poprzez zielonkawą, żółtą i czarną do białej. Bentonity z Cabo de Gata składają się głównie ze smektytu wapniowo-sodowo-magnezowego (75–95%); pozostałe minerały: skalenie, kwarc, amfibole, pirokseny, biotyt, zeolity, trydimit i kalcyt występują w niewielkich ilościach [Caballero i in., 2005]. Eksploatowane tu bentonity są wykorzystywane do różnych celów, np.: w odlewnictwie – do wyrobu mas formierskich oraz jako dodatek w procesie aglomeracji żelaza, a także w ochronie środowiska jako sorbenty zanieczyszczeń. Ze względu na zdolność wchłaniania białka bentonity używane są do klarowania win, zwłaszcza białych.

Ze względu na obecność mordenitu interesujące jest złożo Los Escullos, gdzie występują pokłady popiołowo-tufowe, bogate w autogeniczny mordenit i bentonit. Składniki te występują w podobnych ilościach, stanowiąc łącznie ponad 60% skały (Benito i in., 1998). Mordenit jest bardzo rzadkim minerałem krzemianowym, zaliczanym do grupy zeolitów, powstającym w wyniku procesów hydrotermalnych lub wietrzeniowych.

Na klifowych wybrzeżach Los Escullos można zauważyć jasne skały piroklastyczne z fenokryształami plagioklazów, amfiboli i biotyty, a nawet porwanymi fragmentami andezytów. Otaczające skały osadowe to głównie plażowe i płytkomorskie osady dolnego tortonu: piaskowce, zlepieńce, wapienie kalkarenitowe i kreda, występujące w warstwach o miąższościach od 1 do 10-15 m.

W przeszłości, w okolicach Rodalquilar intensywnie prowadzono eksploatację ałunitu. Jest to zasadowy siarczan potasu i glinu, który stanowi produkt wtórnych zmian metasomatycznych skał bogatych w skalenie alkaliczne. Ałunit koncentrował się w brązowo-żółtych żyłkach przecinających białe, przeobrażone skały wulkaniczne (Fig. 8). Wykorzystywany on był do produkcji ałunu, potrzebnego m.in. do barwienia skór.



Fig. 5. Warstwowe, węglanowe utwory płytkomorskie górnego miocenu na wybrzeżu w okolicy Las Negras, fot. M. Labus • Bedded, Upper Miocene, calcareous, shallow-marine sediments at the coast near Las Negras, phot. M. Labus

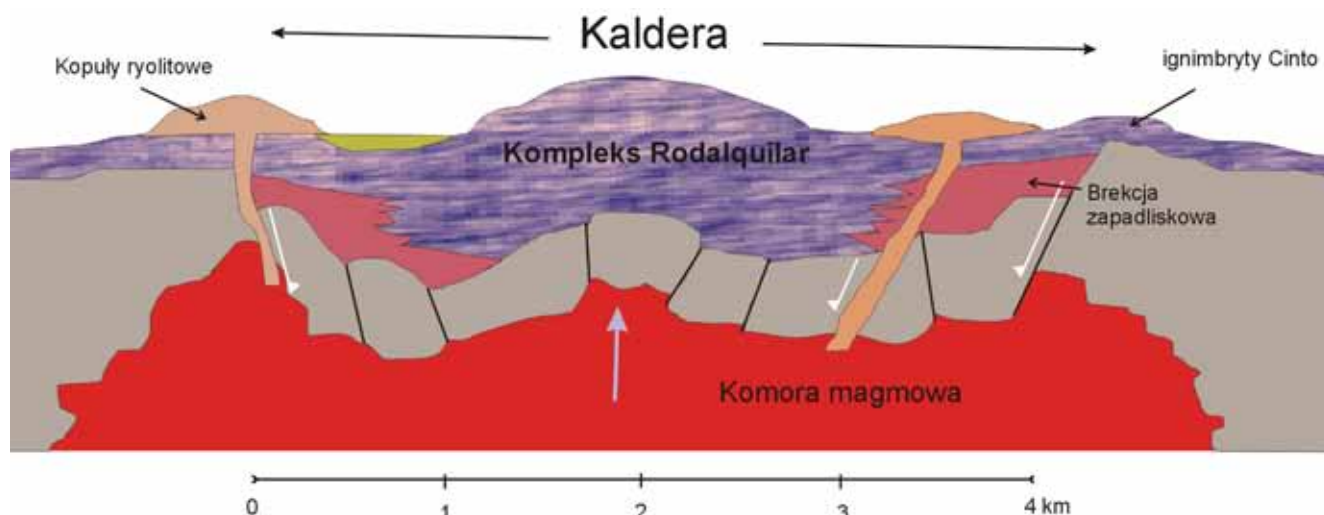


Fig. 6. Przekrój przez kalderę Rodalquilar (wg Villalobos, 2003) • Cross section through the Rodalquilar caldera (after Villalobos, 2003)





Fig. 7. Pozostałości zakładu przerobczego w Rodalquilar. Na drugim planie - okrągłe zbiorniki na roztwór cyjanku, fot. M. Labus. • Remains of ore processing plant in Rodalquilar. In the background the tanks cyanide solution was processed, phot. M. Labus.

## Podsumowanie

Prowincja Almeria była do niedawna zapomnianą krainą na skraju półwyspu Iberyjskiego. Nawet obecnie nie jest zbyt często odwiedzanym zakątkiem Hiszpanii ze względu na wyjątkowo gorący i suchy klimat. Jednakże w ostatnich dekadach szybkiemu rozwojowi ekonomicznemu Almerii towarzyszy wzrost zainteresowania ze strony turystów. Warunki klimatyczne, środowiskowe, a także budowa geologiczna stanowią o atrakcyjności tego obszaru.

Najbardziej polecanym obszarem geoturystycznym jest Geopark Cabo de Gata-Nijar, gdzie można zobaczyć stożki i kaldery wulkaniczne, różnorodne skały magmowe i osadowe, a także dawne kopalnie złota. Geopark jest perfekcyjnie

przygotowany na przyjęcie turystów zainteresowanych budową geologiczną i pozostałościami górnictwa. Centrum informacyjne Geoparku Cabo de Gata-Nijar, mieszczące się w dawnych zabudowaniach kopalni Rodalquilar jest miejscem, gdzie należałoby zacząć zwiedzanie. Wystawa muzealna informuje o wszystkich zagadnieniach geoturystycznych. Można również skorzystać z drukowanych przewodników i folderów, które przydadzą się podczas wycieczek po całej prowincji Armeria. Należy przy tym zaznaczyć, iż w terenie starano się zachować krajobraz naturalny, ograniczając liczbę drogowskazów i tablic informacyjnych do minimum. Pozwala to turystom, korzystającym z mapy i drukowanego informatora „odkrywać” na własną rękę bogactwo tej krainy. □

## Summary

### Geology of Almería – semi-desert zone of Spain

Małgorzata Labus

The Province of Almeria is one of the arid regions of Andalusia in Spain. From geological point of view Almeria is located in the southeastern extreme of the Betic Cordillera. The Betic structure constitutes the margin and the basement of a series of much younger, Neogene intermontane marine

basins that were filled with sediments simultaneously with the emergence of the Betic Cordillera. Meanwhile, in the vicinity of Cabo de Gata the volcanic activity has begun. These three geological structures are now clearly distinguishable in the field and present a great geoeducational test-ground.

The Betic Mountains originated from collision of the African continent with Europe. The Betic rocks were initially the Older Paleozoic marine sediments, buried and metamorphosed during collision, and then exhumated. The parts of the Betic Cordillera were uplifted at different speeds. The core of the Betic Sierras in the study area consists of very old (even Precambrian) rocks - graphitic mica-schists with quar-

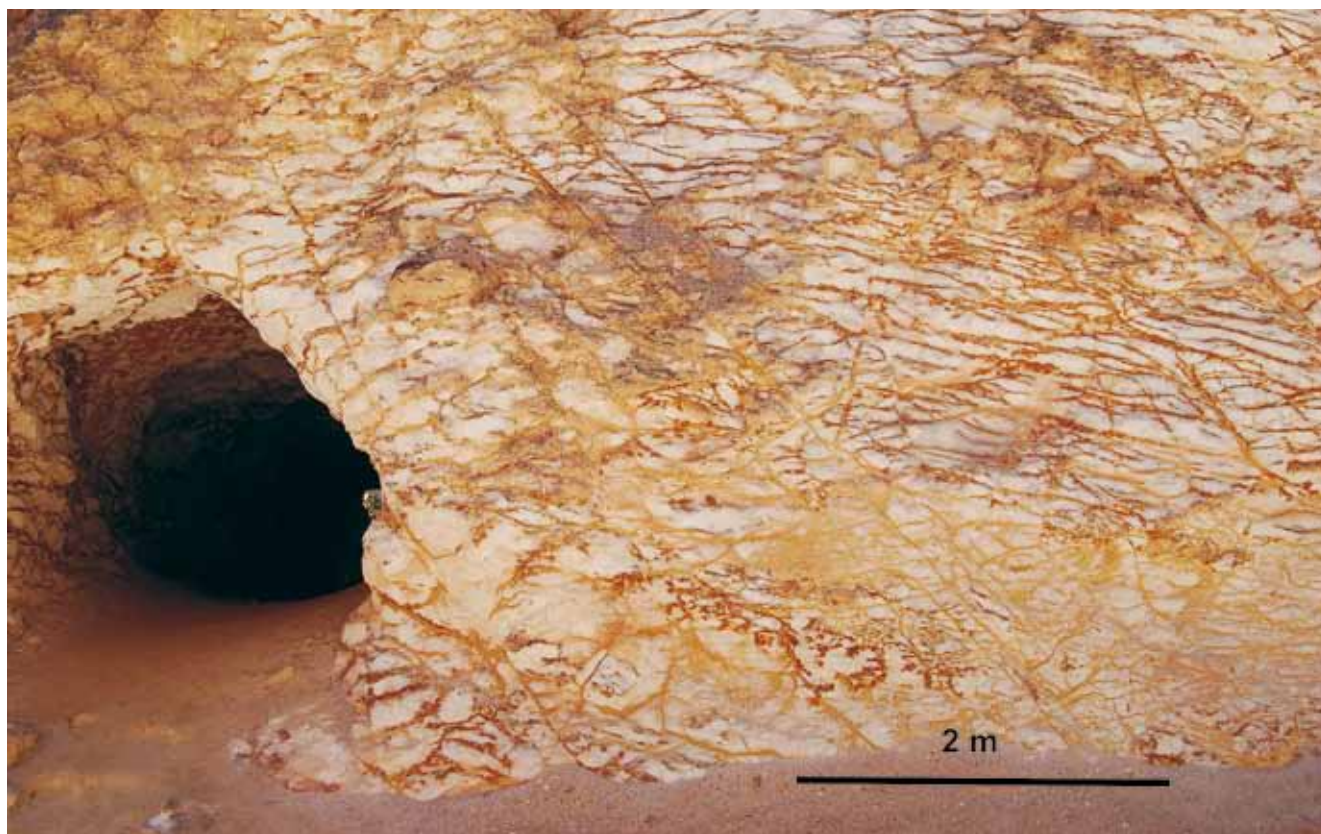


Fig. 8. Okolice Rodalquilar. Chodnik wykonany w zmienionej hydrotermalnie skale wulkanicznej (biała) z żółtymi żyłkami alunitu, fot. M. Labus • Vicinity of Rodalquilar village. A gallery cut in hydrothermally altered volcanic rock (white) with yellow alunite veins, phot. M. Labus

tzites, which form rough crests and sharp cliffs, due to their better resistance to erosion (Fig. 1, 2). Locally, marbles and gneisses appear. This core is enveloped by younger rocks, named the Alpujarride Complex, which comprises two very distinct types of rock, easily recognizable in the field: schists, marbles and dolomitic marbles. The former are slightly metamorphosed clays used traditionally as roof slates in the construction industry whereas the latter form many cliffs in the Sierra de Gador.

The rocks of the old Betic mountains were subjected to intensive deformations seen as folds of various size and fracture systems. Some rocks were mineralized, and these have been mined in the past for iron (Sierra Alhamilla), lead and silver (Sierra de Gador and Sierra Almagrera).

The Sierra de Cabo de Gata is a separate mountain range built of volcanic rocks representing two stages of volcanic activity. These volcanics form a unique landscape of steep, more or less conical hills (Fig. 3, 4). Volcanic breccias are very common as products of diversified volcanic processes: differential cooling of various parts of lava flows, multistage eruptions and rock avalanches descending down the slopes of volcanoes, etc.

The rocks that occupy the Almerian lowlands consist of geologically young material, accumulated in the last 15 Ma, when the mountains and the volcanoes of Cabo de Gata were first submerged by the Mediterranean Sea forming a small archipelago and then uplifted. In marine inlets between the islands products of erosion of the emerged land were accumulated: boulders, pebbles, gravel, sand and mud together with organo-

genic limestones (Fig. 5). In the warm periods the seawater temperature was similar to that in the recent tropic zone, hence, coral reefs were developing along the margins of islands and emerged land. In colder periods the western Mediterranean Sea had a temperature similar to recent, hence, limestones were deposited from the remains of red algae, bryozoans, molluscs etc.

One of the most interesting regions within the Almeria province is the Cabo de Gata complex. It is the largest volcanic massif in SE Spain. The volcanic activity had lasted between some 14-15 and 7.5 Ma (Middle and Upper Miocene). The hydrothermal systems associated with the Cabo de Gata volcanic complex have generated important mineralization of economic interest. The best-known are gold deposits in Rodalquilar (Fig. 6), the others were lead, zinc, copper and manganese ores. The Rodalquilar mines had been active from the end of the 19th century until 1966. Soon after the closure of the mines the population of the city dramatically declined from 1,400 to only 75 inhabitants. Recently, in Rodalquilar there is the Cabo de Gata Natural Park information center, which attracts a lot of tourists visiting the Almeria region (Fig. 7, 8).

Other non-metallic raw materials of commercial value have also been generated by the Cabo de Gata volcanic system. Currently, the most important are bentonites, which are the products of hydrothermal alteration and weathering of volcanics. Bentonites are mined in three open pits located within the Cabo de Gata.

Apart from the exceptional geological value of Almeria, this region is also believed to be "Natural Wonder" of continental Europe due to its unique habitats and biological diversity.

**Literatura (References)**

- Benito, R., Garcia-Guinea, J., Valle-Fuentes, F.J., Recio, P., 1998. Mineralogy, geochemistry and uses of the mordenite-bentonite ash tuff bed of Los Esculos, Almería, Spain. *Journal of Geochemical Exploration*, 62: 229-240.
- Caballero, E., Jiménez De Cisneros, C., Huertas, F. J., Huertas, F., Pozzuoli, A., Linares, J., 2005. Bentonites from Cabo de Gata, Almería, Spain: a mineralogical and geochemical overview, *Clay Minerals*, 40: 463-480.
- Mather, A.E., Martin, J.M., Harvey, A.M., Braga, J.C., 2001. *A Field Guide to the Neogene Sedimentary Basins of the Almeria Province, South-East Spain*. Blackwell Science Ltd.
- Rigol, J.P., Chica-Olmo, M., 1998. Merging remote-sensing images for geological-environmental mapping: application to the Cabo de Gata-Nijar Natural Park, Spain. *Env. Geol.* 34: 194-202.
- Rytuba, J.J., Arribas Jr., A., Cunningham, C.G., McKee, E.H., Podwysocki, M.H., Smith, J.G., Kelly, W.C., Arribas A., 1990. Mineralized and unmineralized calderas in Spain; Part H, evolution of the Rodalquilar caldera complex and associated gold-alunite deposits. *Mineralium Deposita*, 25: 29-35.
- Sänger von Oepen, P., Friedrich, G., Vogt, J.H., 1989. Fluid evolution, wallrock alteration, and ore mineralization associated with the Rodalquilar epithermal gold-deposit in southeast Spain. *Mineralium Deposita*, 24: 235-243.
- Toscani, L., Venturelli, G., Barbieri, M., Capedri, S., Fernandez Soler, J. M., Oddone M., 1990. Geochemistry and petrogenesis of two-Pyroxene andesites from Sierra de Gata (SE Spain). *Mineralogy and Petrology*, 41: 199-213.
- Villalobos Megia, M. (red.), 2003. *Geology of the Arid Zone of Almeria, South East Spain. An educational field guide, State water Company for the Southern Basin S.A. (ACUSUR)*.