

**Edyta Kalińska**

University of Tartu  
Institute of Ecology And Earth Science  
Department of Geology  
edyta.kalinska@uw.edu.pl

**ZRÓŻNICOWANIE TEKSTURALNE OSADÓW WYBRANYCH  
ŚRODOWISK SEDYMENTACYJNYCH FUERTEVENTURY  
(WYSPY KANARYJSKIE)**

**Textural diversity of selected sedimentary environments of Fuerteventura  
(Canary Islands)**

**Abstract:** The detailed analysis of textural features like the grain size distribution with Folk and Ward indicators, rounding and frosting of quartz grains and mineral composition of the beach and aeolian sediments of Fuerteventura Island were undergone. Not only variety, but also commonly features allow to conclude about environmental conditions while depositing. The mineral composition of both beach and aeolian deposits is strongly controlled by the geological structure of the island. Beach deposits are characterized by enrichment in partially rounded frosted quartz grains (EM/RM) instead of typical beach-like grains (EL and EM/EL). It might be caused by strong influence of Saharan Air Layer (Calima). Aeolian deposits are slightly transformed by wind in comparison with the beach deposits. They build, however significant forms.

**Słowa kluczowe:** osady plażowe, osady eoliczne, cechy teksturalne, Fuerteventura

**Key words:** beach deposits, aeolian deposits, textural features, Fuerteventura

**WPROWADZENIE**

Cechy teksturalne, jak uziarnienie, obtoczenie i zmatowienie ziaren kwarcu w osadzie czy skład mineralno-petrograficzny, w środowiskach sedymentacyjnych na pograniczu wody i lądu mogą odzwiedlać mieszanie się dwóch lub niekiedy więcej populacji (Folk, Ward 1957, Flemming 1988, Bartholomä, Flemming 2004). Populacje te mogą być odziedziczone po jednym lub kilku obszarach alimentacyjnych, a mieszanie się osadów może następować wzdłuż ścieżek transportu materiału (Anthony, Héquette 2007).

Celem prezentowanych badań jest prześledzenie wzorców i zróżnicowania wybranych cech teksturalnych osadów plażowych i towarzyszącym im osadów wydmych Fuerteventury.

## LOKALIZACJA

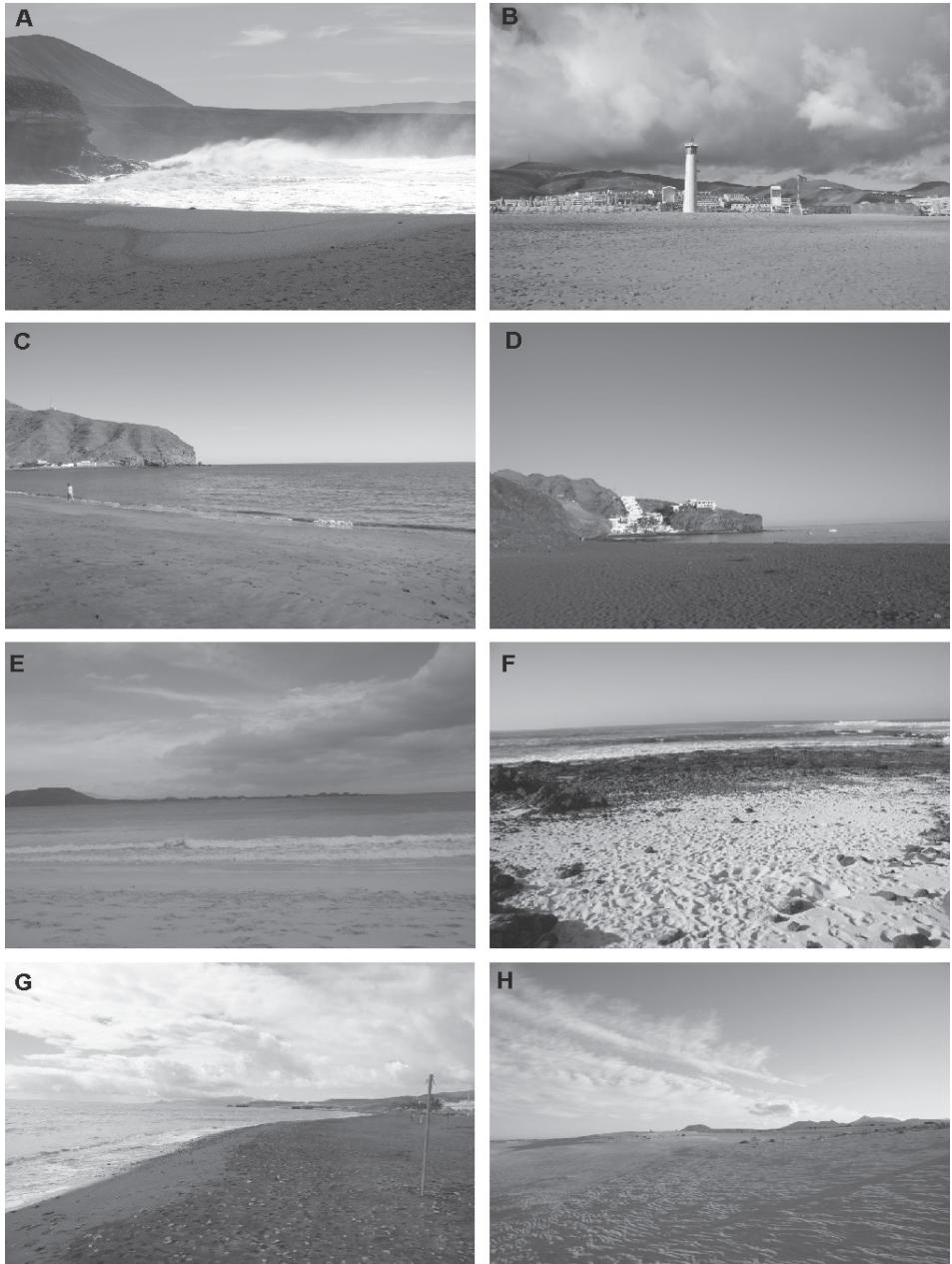
Fuerteventura jest jedną z należących do Hiszpanii Wysp Kanaryjskich, wysuniętych najbardziej na wschód z całego archipelagu. Odległość pomiędzy zachodnimi wybrzeżami Afryki a wyspą wynosi około 100 km. Powierzchni Fuerteventury wynosi 1660 km<sup>2</sup>, co sprawia, że wyspa plasuje się na drugiej pozycji spośród Wysp Kanaryjskich.

Znaczną część wyspy (w szczególności jej centralną i najbardziej wysuniętą na SW część) budują serie porowatych bazaltów wieku neogeńskiego tworzące plateau o przeciętnej wysokości bezwzględnej dochodzącej do 807 m n.p.m. Północną, a także w pewnym stopniu centralną część wyspy budują współczesne serie bazaltowe (Robertson, Stillman 1979). Osady eoliczne, wykształcone najczęściej w postaci wydmy, zlokalizowane są w południowej części wyspy na NE od Morro Jable oraz w części północnej, w pobliżu Corralejo.

## METODYKA BADAŃ

Próbki zostały pobrane z osadów reprezentujących dwa środowiska sedymentacyjne: plażowe i wydmy. W pierwszym przypadku pobierano osady plażowe z linii wody w 7 stanowiskach: Corralejo 1 i 2, Gran Tarajal, Tarajalejo, Las Playas, Morro Jable i Ajuj (ryc. 1A-G). Większość stanowisk ze względu na swoją dostępność leży w obrębie wschodnich i południowych wybrzeży wyspy. Jedynie stanowisko Ajuj położone jest na wybrzeżu północno-zachodnim. Osady eoliczne pobierano w rejonie Corralejo (ryc. 1H) w miejscu występowania największych pól wydmych na wyspie, w trzech częściach wydmy: po stronie dowietrznej, zawietrznej i w części szczytowej. Próbki poddano analizie sitowej na komplecie sit firmy Fritsch o następującej średnicy: 4, 2, 0,5, 0,355, 0,25, 0,125, 0,1, 0,063 i 0,05 mm. Wykreślono krzyw kumulacyjne tzn. G.S. Vishera (1969), które pozwoliły na wskazanie podstawowego typu i charakteru transportu osadów oraz wyliczenie wskaźników uziarnienia według wzorów R.L. Folka i W.C. Warda (1957).

Analizę składu mineralno-petrograficznego osadów plażowych i eolicznych wykonano dla przedziału frakcyjnego 0,5-1,0 mm. Wśród analizowanych próbek wyróżniono następujące grupy: kwarc, skalenie, okruchy skał skrytokrystalicznych (głównie bazalty i szkliwo wulkaniczne) i jawnokrystalicznych (granity) oraz okruchy muszli.



**Ryc. 1.** Stanowiska osadów plażowych (A-G) i wydmy (H) z Fuerteventury (fot. E. Kalińska): A – Ajuj, B – Morro Jable, C – Gran Tarajal, D – Las Playas, E – Corralejo 1, F – Corralejo 2, G – Tarajalejo, H – Corralejo.

**Fig. 1.** Sediment sites of beach (A-G) and dune (H) origin from Fuerteventura (photo by E. Kalińska): A – Ajuj, B – Morro Jable, C – Gran Tarajal, D – Las Playas, E – Corralejo 1, F – Corralejo 2, G – Tarajalejo, H – Corralejo.

Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu została wykonana zgodnie z wytycznymi analizy według A. Cailleux (1942) w modyfikacji Mycielskiej-Dowgiałło i Woronko (1998) dla wybranych losowo 120-140 ziarn frakcji 0,5-1,0 mm. Wydzielono następujące grupy ziarn kwarcu: NU/RM – ziarna nieobrobione o matowej powierzchni, RM – ziarna matowe dobrze obtoczone, EM/RM – ziarna matowe o pośrednim stopniu obtoczenia, EL – ziarna błyszczące dobrze obtoczone, EM/EL – ziarna błyszczące o pośrednim stopniu obtoczenia oraz C – ziarna pęknięte.

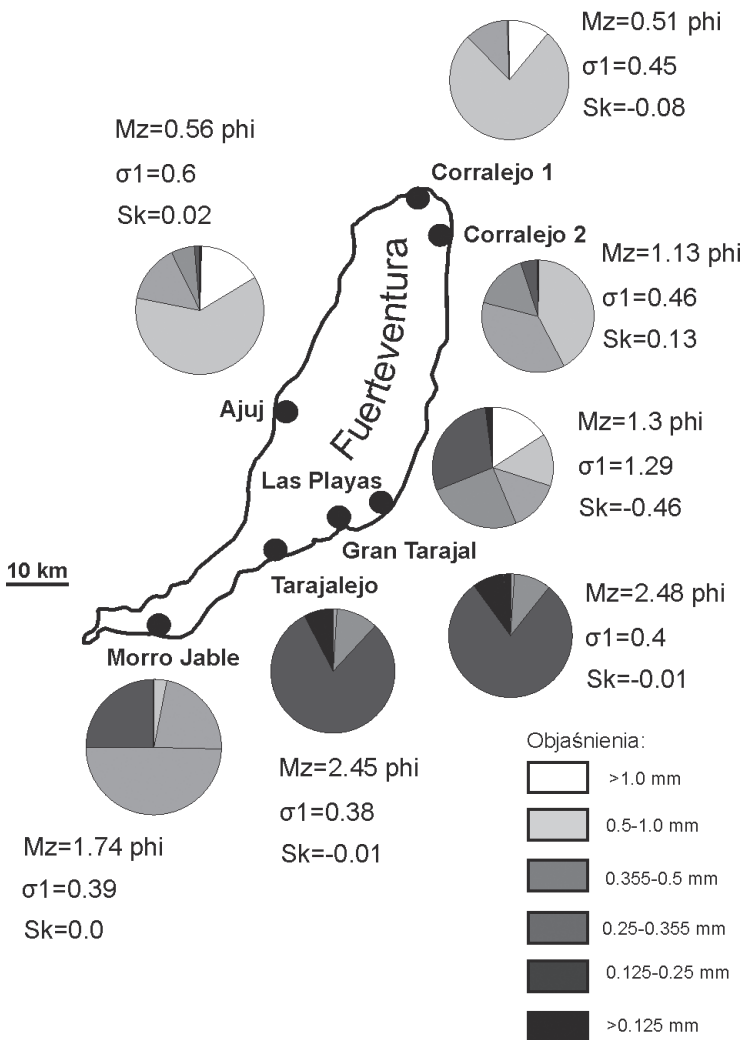
## CHARAKTERYSTYKA TEKSTURALNA OSADÓW

### Osady plażowe

Osady plażowe z Fuerteventury charakteryzują się pod względem uziarnienia znacznym zróżnicowaniem (ryc. 2). Są one wykształcone zarówno jako piaski średnioziarniste, jak i drobno- i gruboziarniste. Wartości średniej średnicy mieszczą się w zakresie od 0,51 (0,7 mm) i 0,56 phi (0,67 mm) (odpowiednio w stanowiskach Corrajejo 1 i Ajuj) do 2,45 (0,18 mm) i 2,48 (0,17 mm) phi w stanowiskach Gran Tarajal i Tarajalejo. W osadach wykształconych jako piaski gruboziarniste przeważa frakcja z przedziału 0,5-1,0 mm (około 60%). W osadach drobnoziarnistych przeważa frakcja z przedziału 0,125-0,25 mm (około 80%). Osady charakteryzują się w większości przypadków dobrym wysortowaniem ( $\sigma_1=0,38-0,6$ ). Jedynie w stanowisku Las Playas wysortowanie jest umiarkowane ( $\sigma_1=1,29$ ). Rozkład skośności uziarnienia dla większości stanowisk jest symetryczny. Ujemną skośnością ( $Sk=-0,46$ ) odznacza się stanowisko Las Playas, podczas, gdy skośność dodatnia ( $Sk=0,13$ ) jest charakterystyczna dla stanowiska Corrajejo 2.

Dla osadów plażowych Fuerteventury typowe są krzywe kumulacyjne z dobrze wykształconymi, stromymi ( $60^\circ$ ) członami reprezentującymi transport saltacyjny oraz krótkimi i połogimi odcinkami transportu w zawieszynie z punktami FT przypadającymi na wartość 3 phi. Odmienny kształt ma krzywa ze stanowiska Las Playas, gdzie zaznacza się połogi odcinek transportu poprzez wleczenie i toczenie, dwuczłonowy odcinek transportu saltacyjnego charakteryzujący się zmiennym nachyleniem oraz krótki, płaski człon transportu w zawieszynie (Kalińska 2010).

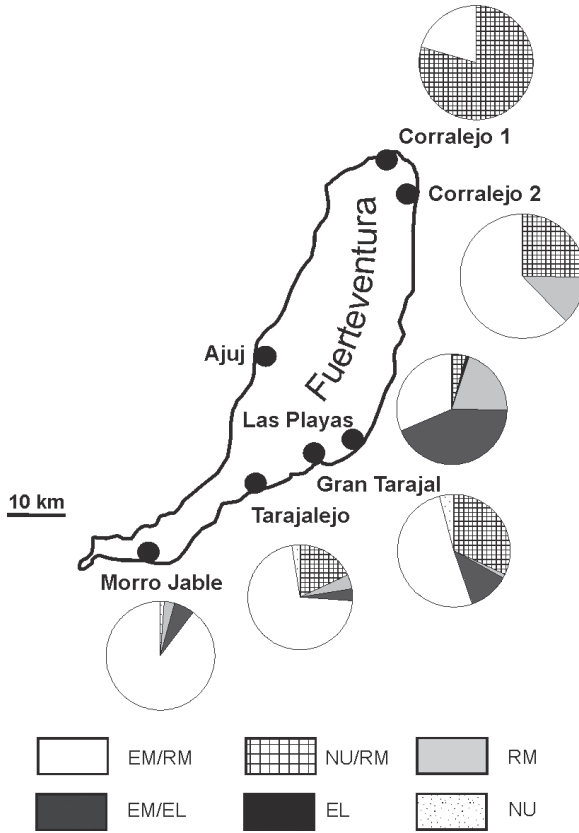
Pod kątem obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu frakcji piaszczystej (0,5-1,0 mm) osady plażowe z Fuerteventury odbiegają wykształceniem od typowych osadów plażowych (ryc. 3). Przejawia się to przede wszystkim w dominującym udziale matowych ziarn kwarcu. Największy udział (70-89%) pośrednio obtoczonych ziarn matowych (EM/RM) został zanotowany



**Ryc. 2.** Uziarnienie i wskaźniki Folka i Warda (1957) dla osadów plażowych Fuerteventury.

**Fig. 2.** Granulometry and Folk and Ward (1957) indices of beach sediments from Fuerteventura.

w stanowiskach Morro Jable i Tarajalejo w SW części wyspy. Stosunkowo duży udział tego typu ziarn (około 60%) widoczny jest także w najbardziej południowej części w stanowisku Corralejo 2, jak również Gran Tarajal (ponad 50%). W pozostałych stanowiskach (Corralejo 1) znaczny udział (prawie 80%) mają ziarn nieobrobione matowe (NU/RM). Jedynie w stanowisku Las Playas udział ziarn pośrednich błyszczących (EM/EL) osiąga ponad 43% przy równoczesnym nieco ponad 30% udziale ziarn matowych (EM/RM).



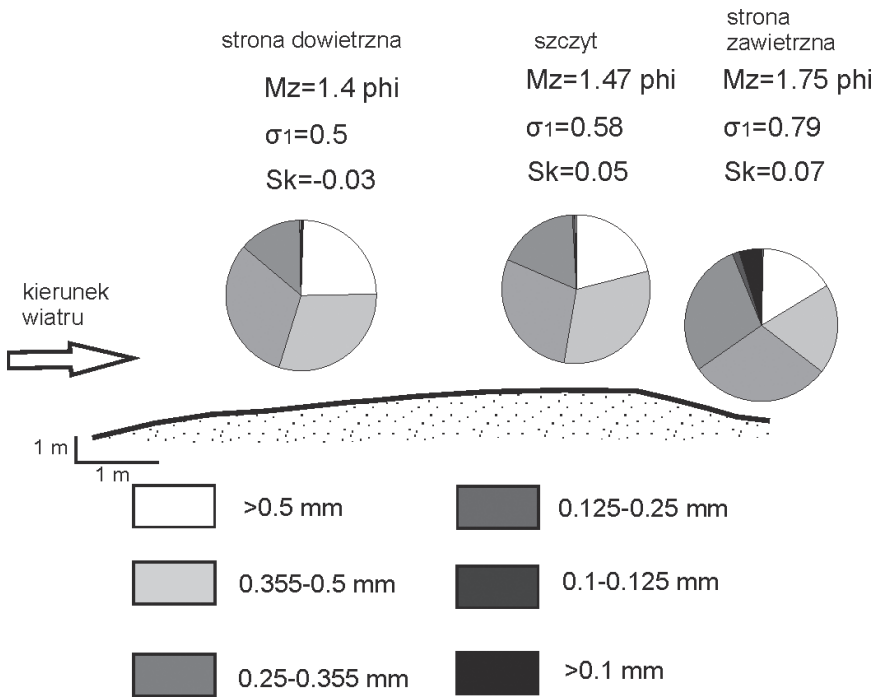
**Ryc. 3.** Obtoczenie i zmatowienie powierzchni ziarn kwarcu dla osadów plażowych Fuerteventury.

**Fig. 3.** Rounding and frosting of quartz grains of beach sediments from Fuerteventura.

Pod względem składu mineralno-petrograficznego w stanowiskach z centralnej części wyspy tj. Ajuj, Las Playas, Gran Tarajal i Tarajalejo dominują okruchy skał krystalicznych: jawno- i skrytokrystalicznych. Udział kwarcu jest nieznaczny: od 5 do 30%. Z kolei w stanowiskach z północnej (Corralejo 1 i 2) i południowej części wyspy (Morro Jable) udział kwarcu jest dominujący i osiąga nieco ponad 90%. Statystykę dopełniają skalenie, okruchy skały krystalicznych i okruchy muszli (Kalińska 2010).

### Osady eoliczne

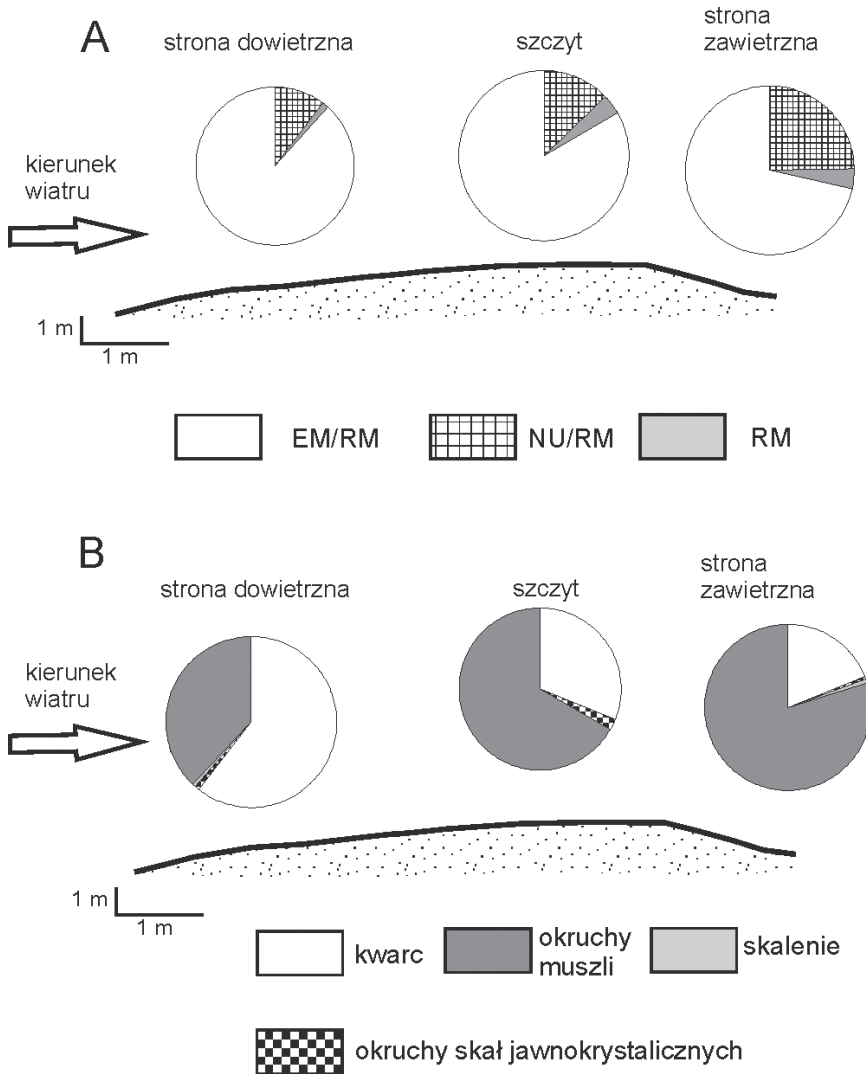
Osady eoliczne ze stanowiska Corralejo charakteryzują się znaczną zmiennością pod względem udziału poszczególnych frakcji (ryc. 4). Dla stoków do-



**Ryc. 4.** Uziarnienie i wskaźniki Folk i Warda (1957) dla osadów eolicznych północnej Fuerteventury.

**Fig. 4.** Granulometry and Folk and Ward (1957) indices of aeolian sediments from northern Fuerteventura.

wietrznych typowy jest udział frakcji z przedziału 0,25-0,355; 0,355-0,5 i powyżej 0,5 mm w prawie równych proporcjach (około 30%). W strefie grzbietowej rośnie udział frakcji 0,125-0,25 mm (do ponad 17 %), przy równych proporcjach frakcji z przedziału 0,25-0,355 i 0,355-0,5 mm (około 30 %). Na stoku zawietrznym z kolei następuje przesunięcie proporcji w kierunku równego udziału frakcji z przedziału 0,25-0,355 i 0,125-0,25 mm oraz wzrost udziału frakcji drobniejszych tj. poniżej 0,125 mm do 14 %. Ma to swoje odzwierciedlenie w wartości średniej średnicy (Mz), która osiąga najmniejsze wartości na stoku zawietrznym (Mz=1,75 phi (0,29 mm)). Krzywe kumulacyjne zarówno dla osadów ze strony zawietrznej, jak i dowietrznej charakteryzują się obecnością części odpowiedzialnych za transport trakcyjny, saltacyjny i zawiesinowy. Wartości punktów CT i FT przypadają odpowiednio na wartości 0 (1,0 mm) i 3 phi (0,125 mm). W próbkach ze szczytowych części wydm zaznaczają się dwa człony transportu: saltacyjny i zawiesinowy. Osady są umiarkowanie wysortowane (ryc. 4), choć podobne wartości odchylenia standardowego typowe są dla części dowietrznej i szczytowej ( $\sigma_1 \sim 0,56$ ), podczas, gdy część zawietrzna od-



**Ryc. 5.** Obtoczenie i zmatowienie powierzchni ziarn kwarcu (A) oraz skład mineralno-petrograficzny (B) dla osadów eolicznych północnej Fuerteventury.

**Fig. 5.** Rounding and frosting of quartz grains (A) and mineral-petrographical composition (B) of aeolian sediments from northern Fuerteventura.

znacza się nieco słabszym wysortowaniem. Rozkład skośności jest symetryczny z niewielkimi przesunięciami ku wartościom dodatnim w osadach ze strony zawietrznej i szczytowej wydm oraz ku wartościom ujemnym po stronie dowietrznej. W osadach eolicznych obecne są trzy typy ziaren kwarcu (ryc. 5A): matowe o pośrednim stopniu obtoczenia (EM/RM), dobrze obtoczone ziarna matowe (RM) oraz nieobrobione ziarna o matowej powierzchni (NU/RM).



Największy udział ziarn pośrednich matowych (EM/RM) dochodzący do ponad 88% notuje się po stronie zawietrznej wydm. Od strony dowietrznej ich zawartość spada do nieco ponad 71%. Rośnie tym samym udział ziarn nieobrobionych o matowej powierzchni (NU/RM) do nieco ponad 24%. Dobrze obtoczone ziarna matowe we wszystkich próbkach stanowią do kilku procent zawartości.

Osady wydymowe są zróźnicowane pod kątem składu mineralno-petrograficznego (ryc. 5B). W próbkach ze strony zawietrznej największy udział mają okruchy muszli (prawie 80%), przy nieco ponad 18% udziale kwarcu. Po stronie dowietrznej udział okruchów muszli maleje (do nieco ponad 38%) na rzecz wzrostu udziału kwarcu do nieco ponad 60%. W części szczytowej dominują muszle (około 66%) przy nieco ponad 30% udziale kwarcu.

## PORÓWNANIE CECH TEKSTURALNYCH BADANYCH OSADÓW

Dominacja (od 60 do 80%) jednego tylko przedziału frakcyjnego, dobre wysortowanie oraz strome krzywe kumulacyjne (por. tab. 1) charakterystyczne dla większości osadów plażowych świadczyć mogą o intensywnej działalności wód oceanicznych. Czas trwania procesów zaliczyć należy prawdopodobnie do średnioterminowych (1-10 tys.) zgodnie z geomorfologicznymi skalami czasowymi (Cullingford i in. 1980), gdyż ostatnia działalność wulkaniczna na Fuerteventurze miała miejsce około 10 tys. lat temu (Robertson, Stillmann 1979). Nieco odmienną charakterystykę reprezentują osady plażowe z Las Playas, gdzie udział frakcji z różnych przedziałów jest zbliżony do siebie, wysortowanie najslabsze ze wszystkich stanowisk, a krzywe kumulacyjne połogie, z długim odinkiem transportu poprzez toczenie i wleczenie. Prawdopodobnie ze względu na położenie w zatoce, a tym samym mniej intensywne falowanie ziarna nie były poddane takiej samej intensywnej obróbce, jak w pozostałych stanowiskach.

Skład mineralno-petrograficzny jest ściśle uwarunkowany budową geologiczną podłoża podlegającego abrazji. W plażach centralnej części wyspy, zbudowanej z neogeńskich i współczesnych serii bazaltowych, zaznacza się dominujący udział okruchów skał skryto- i jawnokrystalicznych. Na południu i północy wyspy, gdzie wychodnie skał wulkanicznych znajdują się pod pokrywą osadów eolicznych, skład osadów plażowych zmienia się poprzez wzbogacenie w kwarc.

Interesujący jest charakter zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu, które w żadnym wypadku nie są reprezentatywne dla typowego środowiska morskiego (tab. 1). W większości stanowisk dominują ziarna matowe (zarówno nieobrobione, jak i pośrednio obtoczone). Przeważający udział w osadach plażowych ziarn kwarcu o matowej powierzchni wiąże się prawdopodobnie z intensywnym oddziaływaniem południowo-wschodnich i wschodnich

wiatrów określanych mianem *Calima* lub *Saharan Air Layer (SAL)*, podczas których znaczne ilości piasku i pyłu są transportowane z regionów północnej Afryki w kierunku Oceanu Atlantyckiego. Obecnie Sahara uznawana jest za jedno z ważniejszych źródeł transportu pyłu mineralnego (Harrison i in. 2001), jak również najważniejsze źródło materiału terygenicznego. Jednakże oprócz dostawy materiału o charakterze eoliczny, także osady o genezie fluwialnym, pochodzące ze stałych lub/i epizodycznych rzek mających swe źródła w górach Atlasu, są znaczącą składową osadów szelfowych w pobliżu Maroka (Holtz i in. 2004, Kuhlmann i in. 2004). Szacuje się, że całkowita dostawa materiału fluwialnego wynosi  $110 \times 10^6$  rocznie (Hillier 1995).

**Tab. 1.** Porównanie wybranych cech teksturalnych osadów plażowych i eolicznych Fuerteventury.

**Table 1.** Comparison of selected textural features beach and eolian deposits of Fuerteventura

środowisko cechy teksturalne	plażowe	eoliczne
1. dominujące frakcje	0,5-1,0 mm i 0,125-0,25 w zależności od lokalizacji stanowiska	0,25-0,5 mm i 0,125 – 0,25 mm w zależności od części wydmy
2. wysortowanie	dobrze i umiarkowane, w pojedynczych przypadkach słabe	umiarkowane
3. skośność	rozkład symetryczny; ujemny lub dodatni dla pojedynczych stanowisk	rozkład symetryczny
4. charakter krzywych kumulacyjnych	z reguły dobrze wykształcona, stroma część krzywej reprezentująca transport poprzez saltację; krótki i połogi odcinek reprezentujący transport w zawieszynie; punkt FT przypadający na wartość 3 phi	krzywe z reguły z trzema członami transportu poprzez trakcję, saltację i w zawieszynie; punkt CT przypadający na wartość 0 phi; punkt FT przypadający na wartość 3 phi
5. skład mineralno – petrograficzny	dominacja okruchów skał jawno- i skrytokrystalicznych oraz kwarcu w zależności od stanowiska	dominacja okruchów muszli i kwarcu w różnych proporcjach w zależności od części wydmy
6. przeważający typ ziarn kwarcu	EM/RM i NU/RM	EM/RM

Uziarnienie osadów budujących wydmy w rejonie Corralejo, ich skład mineralno-petrograficzny oraz obtoczenie i zmatowienie powierzchni ziarn kwarcu wskazują, że w porównaniu z osadami plażowymi zostały one przekształcone w niewielkim stopniu. Pomimo krótkotrwałych procesów eolicznych zdążyły

się rozwinąć formy wydmy o stosunkowo znacznych rozmiarach (do kilku metrów wysokości względnej) z wyraźnie zaznaczającymi się stronami dowietrzną i zawietrzną. Po stronie zawietrznej notuje się zwiększony udział ziarn kwarcu o matowej powierzchni i pośrednim stopniu obtoczenia (EM/RM) oraz okruchów muszli, które jako lżejsze od kwarcu mają dłuższą drogę transportu.

## WNIOSKI

– skład mineralno-petrograficzny osadów obu analizowanych środowisk jest ściśle uwarunkowany budową geologiczną podłoża abradowanego obszaru; stąd też dwa typy wzbogacenia osadów w okruchy skał jawno- i skrytokrystalicznych oraz kwarc;

– osady plażowe Fuerteventury są wzbogacone w ziarna nietypowe dla środowiska morskiego; materiał o charakterze terygenicznym środowiska eolicznego został prawdopodobnie przetransportowany z Sahary przez przeważające w tym regionie wiatry południowo-wschodnie;

– cechy teksturalne osadów eolicznych rejonu Corralejo, budujące wydmy do kilku metrów wysokości względnej, w porównaniu z osadami plażowymi zostały przekształcone w niewielkim stopniu;

– po stronie zawietrznej wydmy następuje proces selektywnego wzbogacenia osadów w matowe i nieobrobione ziarna kwarcu, okruchy muszli oraz frakcje drobnoziarniste.

## Literatura

- Anthony E.J., Héquette A., 2007, The grain-size characterisation of coastal sand from the Somme estuary to Belgium: Sediment sorting processes and mixing in a tide- and storm-dominated setting, *Sed. Geol.* 202, 369-382.
- Bartholomä A., Flemming B., 2004, Progressive grain-size sorting along an intertidal energy gradient, [w:] B.W. Flemming, D. Haertmann, M.T. Delafontaine (red.), *From Particle Size to Sediment Dynamics*, Research Centre Terramare Reports 13, 17-20.
- Flemming B.W., 1988, Process and pattern of sediment mixing in a microtidal coastal lagoon along the west coast of South Africa, [w:] P.L. de Boer, A. van Gelder, S.D. Nio (red.), *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, 275-288
- Folk R.L., Ward W.C., 1957, Brazos River bar: a study of significance of grain size parameters, *J. Sedim. Petrol.* 27, 3-26.
- Harrison S.P., Kohfeld K.E., Roelandt C., Claquin T., 2001. The role of dust in climate changes today, at the last glacial maximum and in the future, *Earth-Science Reviews* 54 (1-3), 43-80.

- Hillier S., 1995, Erosion, sedimentation, and sedimentary origin of clays, [w:] B. Velde. (red.), Origin and mineralogy of clays — Clays and the environment, Springer, Berlin, 162-219.
- Holz C., Stuut J.-B.W., Henrich R., 2004, Terrigenous sedimentation processes along the continental margin off NW-Africa: implications from grain-size analysis of seabed sediments, *Sedimentology* 51 (5), 1145-1154.
- Kalińska E., 2010, Analiza porównawcza cech teksturalnych osadów płażowych różnych stref klimatycznych, *Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego* 65, Geosymposium Młodych Badaczy Silesia 2010 „Współczesne trendy w naukach o Ziemi”, Bytom-Sucha Góra 27-29.10.2010, s. 74-85.
- Kuhlmann H., Meggers H., Freudenthal T., Wefer G., 2004, The transition of the monsoonal and the N Atlantic climate system off NWAfrica during the Holocene, *Geophysical Research Letters* 31, doi:10.1029/2004GL021267.
- Mycielska-Dowgiałło E., Woronko B., 1998, Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i jej wartość interpretacyjna, *Przegląd Geologiczny* 46, 1275-128.
- Robertson A.H.F., Stillman C.J., 1979, Submarine volcanic and associated sedimentary rocks of the Fuerteventura Basal Complex, Canary Island. *Geological Magazine*, 116, 203-214.