

**Wacław Florek**

Akademia Pomorska  
Słupsk

**Leszek Łęczyński**

Uniwersytet Gdański  
Gdańsk

**Marek Majewski**

Akademia Pomorska  
Słupsk

**MORFOLOGIA PLAŻY PRAIA BAIXO  
(WYSPA SANTIAGO, WYSPY ZIELONEGO PRZYŁĄDKA)  
I CECHY BUDUJĄCYCH JĄ OSADÓW  
JAKO ODZWIERCIEDLENIE WARUNKÓW  
JEJ FORMOWANIA**

**PRAIA BAIXO BEACH MORPHOLOGY  
(SANTIAGO ISLAND, CAPE VERDE ISLANDS)  
AND CHARACTERISTICS OF THEIR SEDIMENTS  
AS FORMING CONDITIONS REFLECTION**

**Zarys treści:** Autorzy przedstawili wyniki badań morfologicznych i strukturalnych plaży Praia Baixo, położonej na wyspie Santiago w archipelagu Wysp Zielonego Przylądka. Jest ona zbudowana ze zróżnicowanego pod względem granulometrycznym i petrograficznym materiału, głównie pochodzącego z abrazji mezozoicznych i trzeciorzędowych wulkanitów. Santiago należy do wysp o najbardziej złożonej budowie, co jest konsekwencją jej wulkaniczno-osadowej genezy. Na funkcjonowanie plaży mają także wpływ: pływy półdobowe, osiągające wysokość 0,5-1,5 m, i stałe wiatry – pasaty, wiejące z kierunku północno-wschodniego. Stwierdzono, że cechy morfologiczne plaży i litologiczne (w tym cechy uziarnienia: średnia średnica uziarnienia i odchylenie standardowe) budujących ją osadów pozwalają na jej zaliczenie do środowisk o dużej energii procesów brzegowych.

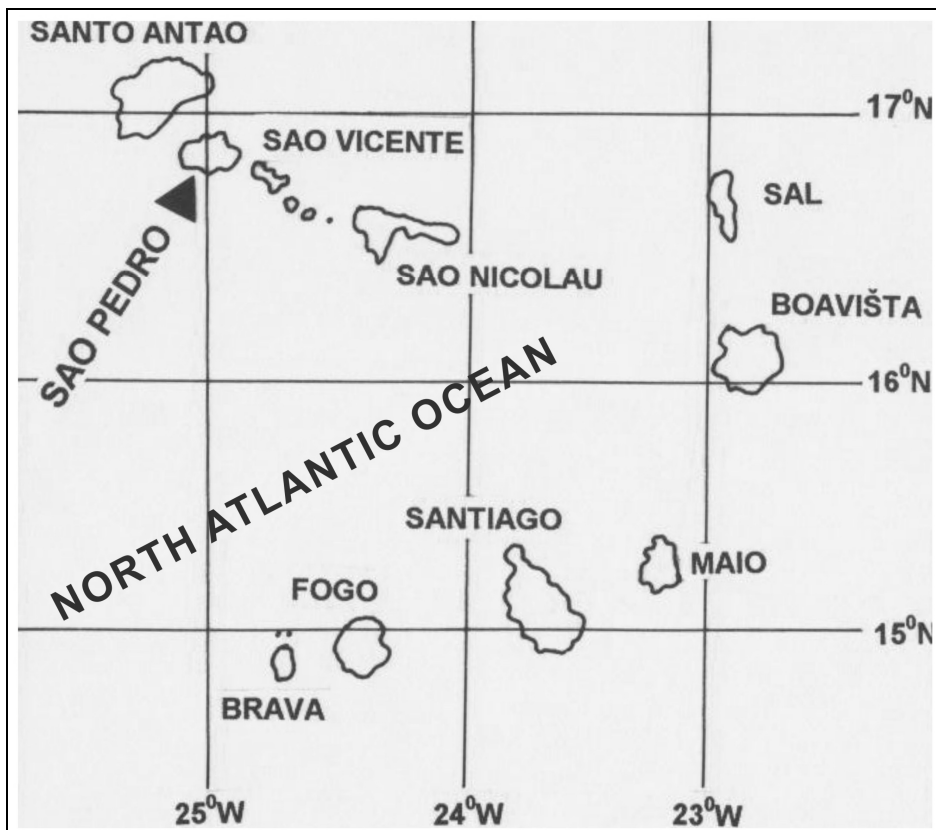
**Słowa kluczowe:** plaża, Wyspy Zielonego Przylądka, wyspa Santiago, plaża Praia Baixo, uziarnienie osadów

**Key words:** beach, Cape Verde Islands, Santiago Island, Praia Baixo beach, granulometry of sediments

## Wprowadzenie

Wybrzeża morskie są zróżnicowane pod względem dynamiki morza, warunków klimatycznych, rzeźby, rozwoju, procesów sedymentacyjnych oraz gromadzonych w strefie brzegowej osadów. Prezentowane w literaturze klasyfikacje brzegów oparte są na rozmaitych kryteriach i mają różny charakter. Niemal w każdej klasyfikacji uwypuklone jest oddziaływanie falowania i pływów na brzeg morski. Rola pływów jest tym większa w danym środowisku, im są one większe na danym odcinku brzegu i im mniejsza jest tam energia falowania.

Zdaniem Kostrzewskiego i Musielaka (2008) warunkami koniecznymi do powstania plaż są: istnienie w strefie brzegowej określonej przestrzeni, na której może nastąpić swobodne rozpraszanie energii nabiegających fal (potoku napływu), obecność okruchowego (najczęściej piaszczystego lub żwirowego) materiału osadowego, określone nachylenie profilu brzegu oraz wahania poziomu wody. Plaża niezwykle szybko reaguje na zmiany warunków hydrodynamicznych na przyległym do niej obszarze.



Ryc. 1. Lokalizacja Praia Baixo na tle Wysp Zielonego Przylądka  
Fig. 1. Location of the Praia Baixo on Cape Verde Islands background

Podczas geograficznej wyprawy na Wyspy Zielonego Przylądka (jej okoliczności zostały przedstawione między innymi w artykule W. Florka i L. Łęczyńskiego, 2001) autorzy przeprowadzili badania i obserwacje dotyczące plaż na wybranych odcinkach zatokowych, w nawiązaniu do oddziaływania falowania wiatrowego, pływów i innych czynników. Wykonano badania plaż wraz z wałami wydm przednich na kilku stanowiskach rozmieszczonych na czterech wyspach (por. Florek, Łęczyński 2009); wśród nich była Praia Baixo, położona na południowo-wschodnim wybrzeżu wyspy Santiago (ryc. 1).

Badania strefy brzegowej Praia Baixo obejmującej plażę i płytkie podbrzeże miały na celu poznanie, jak w warunkach pływowych kształtowany jest profil plaży. Weryfikacji poddane zostały występujące tu formy plaży, np. wały brzegowe czy laguny, znane autorom z wybrzeży południowego Bałtyku, gdzie kształtowane są w warunkach morza bezpływowego. Ze względu na podstawowe różnice w budowie geologicznej, co wpływa na skład mineralny osadów budujących plażę w Praia Baixo, możliwa była korelacja wskaźników uziarnienia tworzących ją osadów ze wskaźnikami dotyczącymi południowego Bałtyku, podawanymi przez takich autorów, jak Rudowski (1962, 1986), Pawluk (1989), Racinowski (1992).

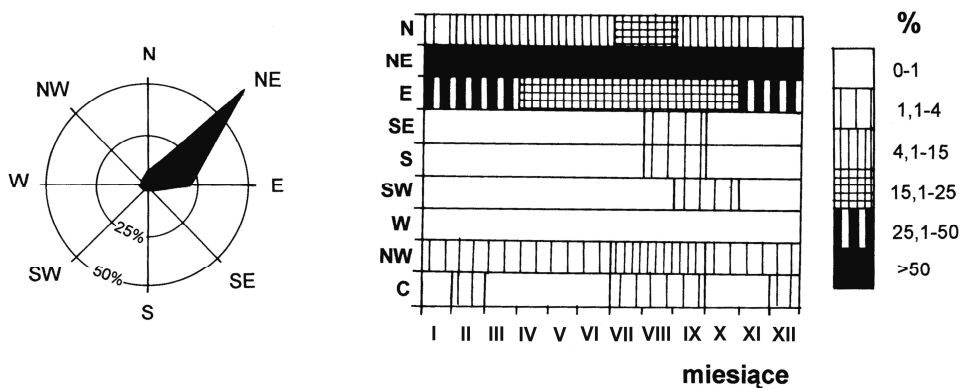
### **Budowa geologiczna i warunki geomorfologiczne**

Na archipelag Wysp Zielonego Przylądka składa się 10 większych i 5 mniejszych wysp o łącznej powierzchni 4003 km<sup>2</sup>, położonych około 500 km na zachód od zachodnich krańców kontynentu afrykańskiego.

Pod względem topografii i rzeźby wyspy tworzące archipelag można podzielić na dwie grupy. Pierwszą tworzą wyspy relatywnie niskie, o łagodnej rzeźbie, urozmaiconej niewysokimi wzniesieniami (Maio, Boavišta, Sal, Santa Luzia), drugą – wyspy z żywą rzeźbą i znacznymi wzniesieniami (Santo Antao, Sao Nicolau, Santiago, Fogo, Brava). Wyspa Sao Vicente ma charakter pośredni, ponieważ strome wzniesienia, o umiarkowanej wysokości, sięgające 435-725 m n.p.m., oddzielone są tu obszernymi, niemal płaskimi obniżeniami.

Cały obszar wysp mieści się w strefie klimatycznej sahelu, zgodnie z kryteriami de Gaussena ( $P > 2T$ ) charakteryzującej się występowaniem od 1 do 3 miesięcy wilgotnych, do których najczęściej zalicza się wrzesień, październik i grudzień (Ferreira 1987). W ujęciu Köppena jest to klimat gorący, suchy (BWh). Wyspy północne, w tym Sao Vicente, przez niemal cały rok poddane są oddziaływaniu podzwrotnikowego pasa wysokiego ciśnienia, czego efektem są pasaty, zaś wyspy leżące bardziej na południu okresowo trafiają pod wpływ wilgotnych mas powietrza, napływających z Zatoki Gwinejskiej.

Na kształt procesów brzegotwórczych w istotny sposób wpływa wiatr. Niestety, autorzy dysponują jedynie danymi z Sal Rei, głównego miasta wyspy Boavišta, których nie można traktować jako w pełni reprezentatywnych dla wszystkich wysp. W ciągu całego roku przeważa tu wiatr północno-wschodni (69,4% czasu obserwacji), którego udział we wszystkich miesiącach roku przekracza 50% (ryc. 2). Ważną rolę, zwłaszcza zimą, odgrywa też wiatr wiejący ze wschodu (21,6%) i północy



Ryc. 2. Róża wiatrów i diagram częstości wiatrów dla Sal Rei (wyspa Boavišta) (wg danych Costa 1996)

Fig. 2. Wind rose and wind frequency diagram for Sal Rei (Boavišta Island) (after Costa's 1996 data)

(8,1%). Przeciętna prędkość wiatru wiejącego z kierunku północno-wschodniego jest największa i wynosi 18,8 km/godz. Z najmniejszą przeciętną prędkością wieje wiatr zachodni (8,3 km/godz.) (Costa 1996).

Wyspy Zielonego Przylądka zbudowane są w przewadze ze skał wulkanicznych (lawy bazaltowej) i piroklastycznych, które stanowią nie tylko fundament wysp, ale także przeważają wśród skał występujących na powierzchni (83%). To wulkaniczne jądro wysp zaczęło powstawać w mezozoiku, prawdopodobnie około 180 mln lat temu, lecz epizody wulkaniczne pojawiały się w dziejach wysp jeszcze wielokrotnie: w neogenie, a także w czwartorzędzie, a na wielu wyspach występują do dziś (Fogo, Sao Vicente). Skały osadowe pokrywają zaledwie 9% powierzchni archipelagu (Mitchell-Thomè 1972). Pod względem cech petrologicznych wulkanity Wysp Zielonego Przylądka należą do tego samego typu, co inne wyspy Atlantyku. Skały osadowe występują najczęściej jedynie w pobliżu wybrzeży. Wyjątek stanowią Maio i Boavišta, gdzie wychodnie skał osadowych zajmują znacznie większe powierzchnie również w głębi lądu. Miąższość skał osadowych jest na ogół niewielka i sięga 1-2 m. Wyjątkiem jest wyspa Maio, gdzie mezozoiczne i zapewne również trzeciorzędowe wapienie osiągają miąższość 435 m. Oprócz wapieni na wyspach spotyka się też konglomeraty, piaskowce węglanowe i tufy, eolianity oraz współczesne osady eoliczne i plażowe. Peryferyjne obszary niektórych wysp, jak Boavišta, Maio czy Santiago, a także płytkowodny obszar położony pomiędzy wyspami Boavišta i Maio stanowią fragmenty teras morskich ukształtowanych w czwartorzędzie. Wiek niektórych spośród nich był przez Lecointre (1963) i Serralheiro (1967) wiązany z transgresjami, które wystąpiły w basenie Morza Śródziemnego.

## Metodyka badań

Badania terenowe na plaży Praia Braixo zostały wykonane w październiku 1999 roku. Metody badań dostosowano do warunków ekspedycji, na którą można było zabrać

tylko podstawowy sprzęt badawczo-pomiarowy. Lokalizacja profili badawczych została ustalona z wykorzystaniem mapy topograficznej w skali 1:25 000. Pomiarów wzdłuż profili, wyznaczenie punktów poboru próbek osadów, określenie nachylenia plaży wykonywane były za pomocą taśmy mierniczej, pionu i busoli geologicznej.

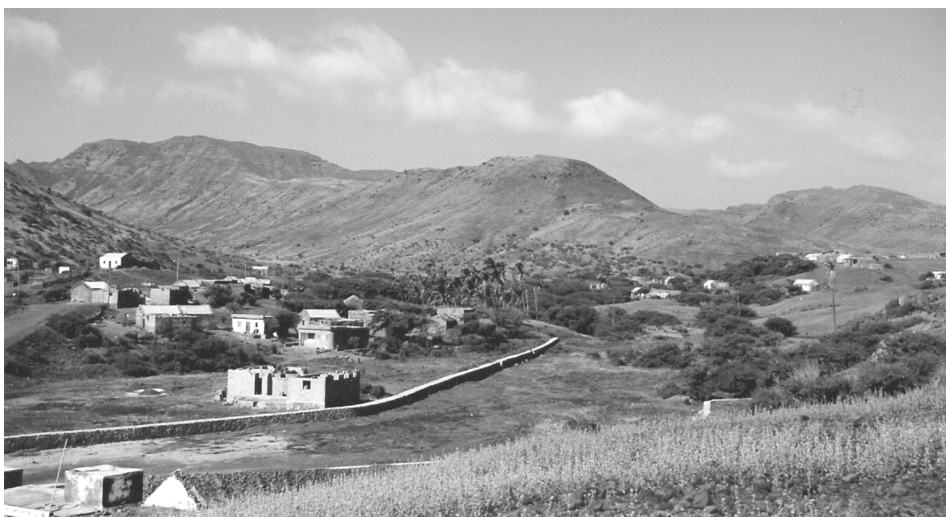
Próbki osadów pobrane w trakcie trwania ekspedycji zostały poddane analizie granulometrycznej w Laboratorium Sedymentologicznym Instytutu Geografii i Studiów Regionalnych Akademii Pomorskiej w Słupsku. Analiza została wykonana na sitach o średnicy zmieniającej się co 0,5  $\phi$  (phi). Wyniki analizy granulometrycznej były podstawą do obliczenia wskaźników granulometrycznych według Folka i Warda (1957) oraz wyselekcjonowania próbek do analizy minerałów ciężkich z frakcji 0,25-0,09 mm.

W Laboratorium Zakładu Geologii Morza Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego materiał o średnicy 0,25-0,09 mm został rozdzielony na frakcję lekką i ciężką według metodyki opisanej między innymi przez Rühlego (*Metodyka badań...* 1973). Zastosowano przy tym poliwolframian sodu ( $3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) o gęstości  $3,10 \text{ g cm}^{-3}$ .

Mikroskopową analizę rozdzielonych grup minerałów wykonał prof. dr hab. Roman Racinowski z Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej.

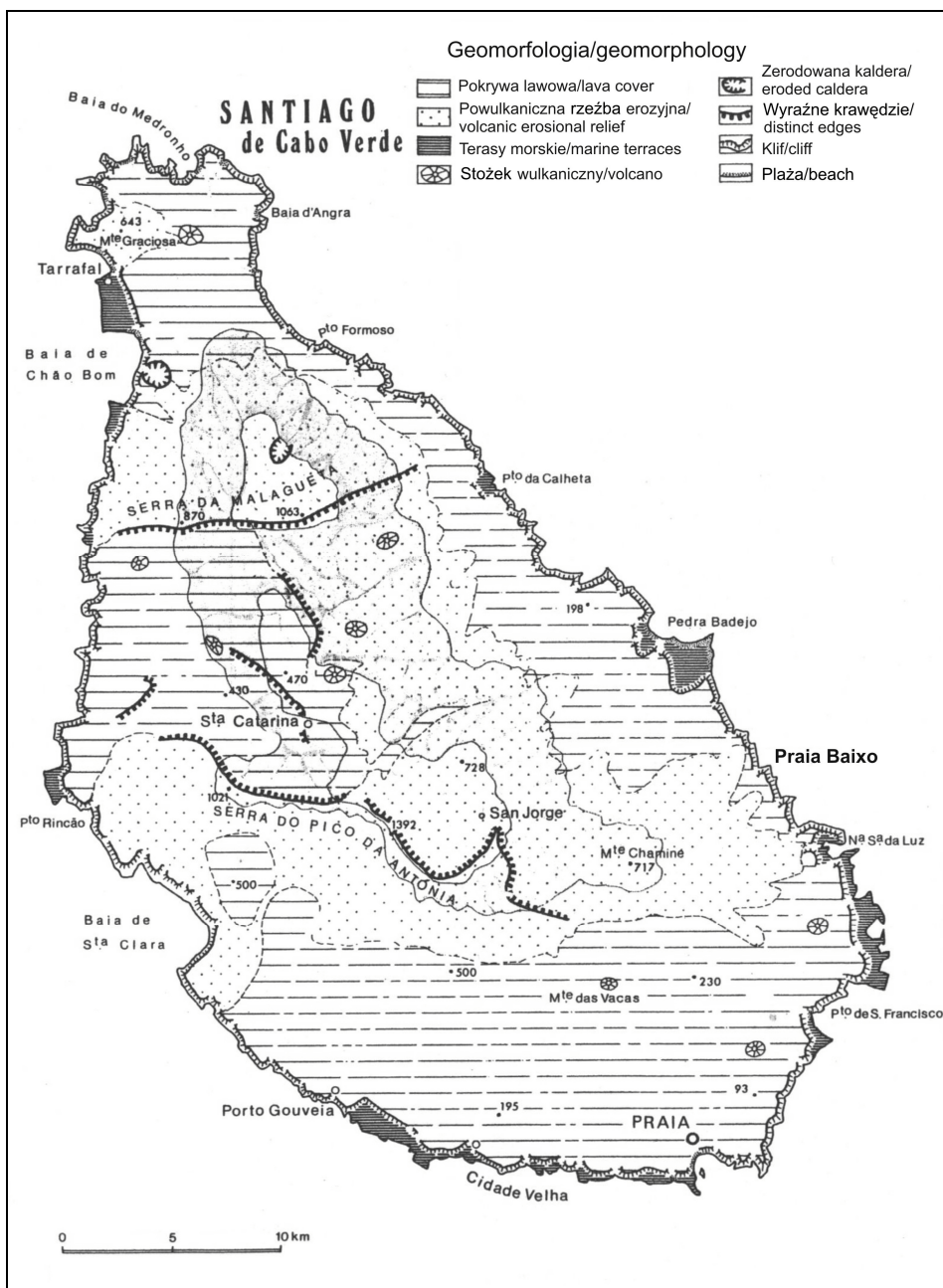
### **Morfologia i cechy litologiczne plaży Praia Baixo**

Otoczenie Praia Baixo tworzą rozległe i dość płaskie pokrywy lawowe (achadas) z kulminacjami w postaci zerodowanych stożków wulkanicznych (fot. 1), które roz-



Fot. 1. Praia Baixo: pokrywy lawowe (achadas) z kulminacjami zerodowanych stożków wulkanicznych i dolinami (fot. W. Florek)

Photo 1. Praia Baixo: lava covers (achadas) with culmination of eroded volcanos and with valleys (photo W. Florek)



Ryc. 3. Rzeźba wyspy Santiago na tle jej budowy geologicznej (Klug 1973)  
 Fig. 3. Relief and geology of the Santiago Island (Klug 1973)

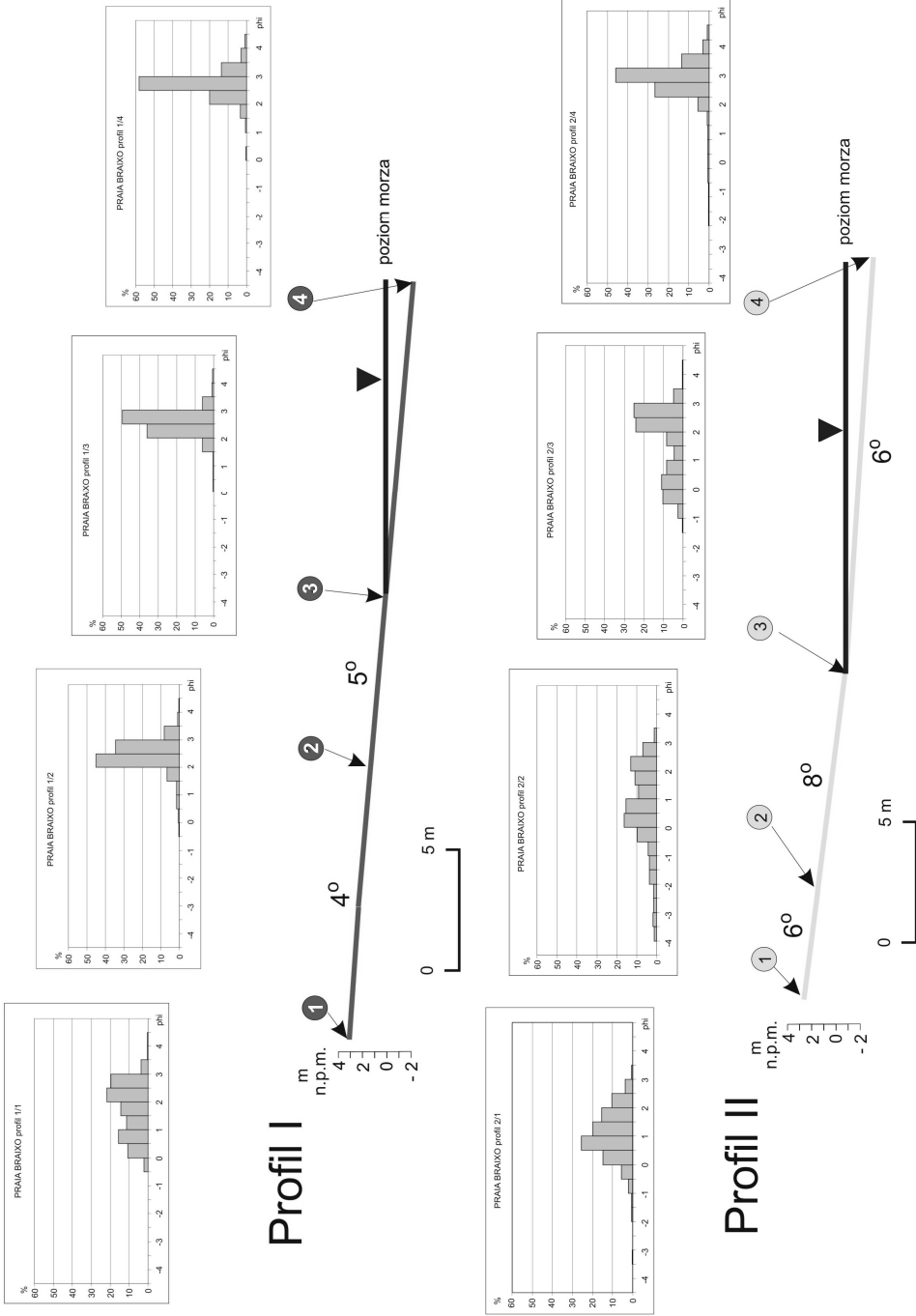


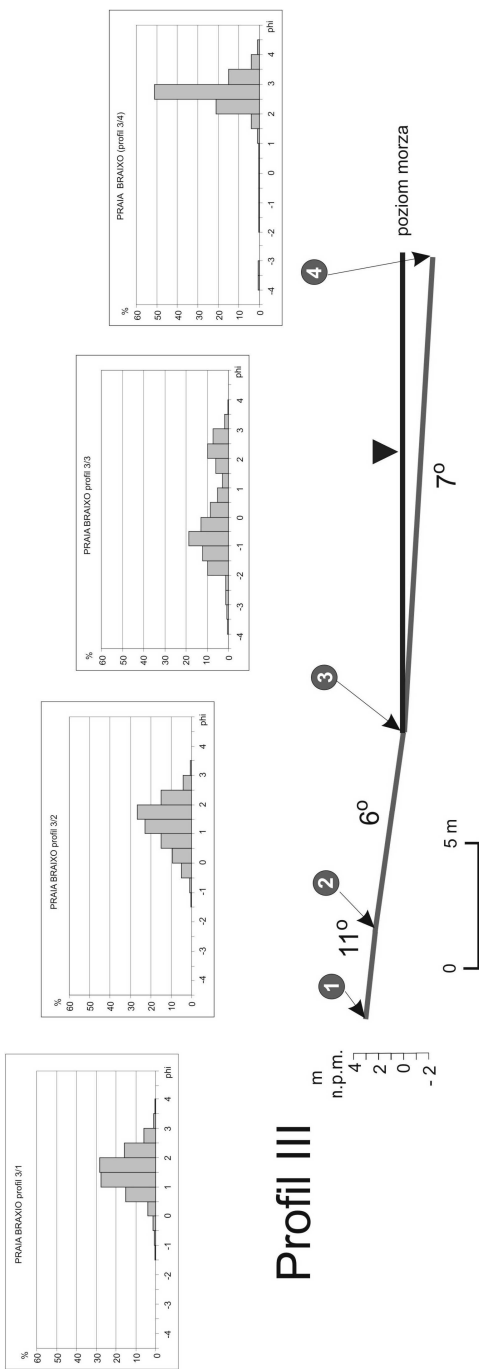
Fot. 2. Praia Baixo: bazaltowy przylądek zamykający od północy zatokę, w której znajduje się Praia Baixo (fot. W. Florek)

Photo 2. Praia Baixo: basalt cape closing of the Praia Braixo bay (photo W. Florek)

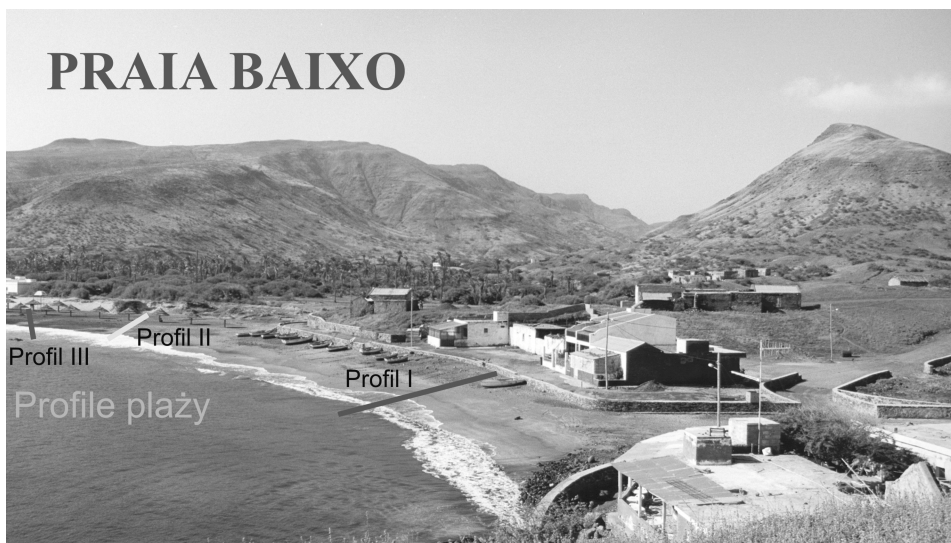
cinają rozmaite formy erozyjne, miejscami tworzące doliny odwadniane okresowo lub w dolnych odcinkach – stale (ryc. 3). Jedna z takich form znajduje swoje ujście na plaży Praia Baixo. Plaża powstała tu w zatoce zamkniętej dwoma przylądkami o bazaltowych trzonach (fot. 2), które nadbudowane są morskimi zlepieńcami wieku miocenijskiego (Costa 1996). W obrębie zatoki strop bazaltów obniża się poniżej linii wody, a w obrębie plaży spod piasku z dużą domieszką okruchów bazaltu sterczą ostańce miocenijskich zlepieńców. Szerokość plaży podczas odpływu wynosi 30-48 m, a w czasie przyływu maleje do 7-11 m. Jej najniższa część, pozostająca w zasięgu napływu, nachylona jest po kątem 5-6°, wyższa, penetrowana przez przyływ, pod kątem 5-8°, zaś najwyższa, zamknięta wałem sztormowym, pod kątem 4-11° (ryc. 4, fot. 3). Wał sztormowy sąsiaduje z wałem wydmy przedniej, jednak na znacznej długości, zwłaszcza w południowej części zatoki, plaża kontaktuje się bezpośrednio z ostańcami morskich zlepieńców (fot. 1). Ze względu na dogodne położenie plaża jest silnie penetrowana przez turystów, głównie ze stolicy – Prai, wskutek czego rozpoznanie powierzchniowych jej struktur jest niemożliwe.

Skład mineralny frakcji drobnopiaszczystej (0,25-0,09 mm) jest bardzo zróżnicowany i odzwierciedla zarówno związek osadów plażowych ze skałami budującymi jej otoczenie, podłoże i zlewnię odwadnianą przez ued uchodzący tu do oceanu, jak i warunki hydrodynamiczne, głównie ekspozycję poszczególnych jej odcinków na nabiegające fale. Wśród minerałów lekkich dominują węglany, stanowiące przeciętnie 50,2% (11,1-80,4%), i skalenie (6,5-57,5%, średnio – 23,2%). Ich zawartość





Ryc. 4. Morfologia i zmienność uziarnienia osadów plaży Praia Baixo na wyspie Santiago (za: Florek, Łęczynski 2009, zmienione)  
 Fig. 4. Morphology and grain size changeability of beach sediments on Praia Baixo (Santiago Island) (after: Florek, Łęczynski 2009, changed)



Fot. 3. Plaża w zatoce Praia Baixo na wyspie Santiago z zaznaczoną lokalizacją profili badawczych (fot. W. Florek)

Photo 3. Beach Praia Baixo on the Santiago Island with location of investigation profiles (photo W. Florek)

Tabela 1

Uproszczony skład minerałów lekkich frakcji drobnopiaszczystej ze stanowisk Praia Baixo (Racinowski, nieopublikowane)

Table 1

Simplified light mineral composition, fine sand fraction from location Praia Baixo (after Racinowski, unpublished)

Numer próbki	Kwarc	Inne	Skalenie	Agregaty	Tuf	Wapnienie
1/1	10,7	4,7	24,0	2,7	6,7	51,3
1/2	13,3	2,7	30,0	5,7	15,0	33,3
1/3	18,3	1,0	50,0	0,8	5,0	25,0
1/4	28,2	1,5	57,5	0,4	1,5	11,1
2/1	4,8	0,4	10,4	2,4	1,6	80,4
2/2	11,1	1,1	15,0	1,4	3,6	67,9
2/3	3,6	0,6	9,4	3,9	4,1	79,4
2/4	13,2	0,8	32,0	2,8	2,8	48,4
3/1	13,9	3,5	6,5	1,7	6,5	67,8
3/2	8,0	2,0	4,0	1,2	14,0	70,8

Tabela 2

Uproszczony skład minerałów ciężkich frakcji drobnopiaszczystej ze stanowisk Praia Baixo (Racinowski, nieopublikowane)

Table 2

Simplified heavy mineral composition, fine sand fraction from Praia Baixo (after Racinowski, unpublished)

Numer próbki	Minerały nieprzezroczyste	Mika	Ampfibolity	Biotyt	Cyrkon	Oliwin	Pirokseny	Rutyl
1/1	28,9	0,0	0,3	0,3	0,0	2,2	66,3	2,0
1/2	27,4	0,0	0,3	0,6	0,6	2,7	66,4	2,1
1/3	46,0	0,1	0,3	0,0	0,0	1,1	50,9	1,6
1/4	37,7	1,3	0,4	2,3	0,0	9,1	39,8	9,4
2/1	30,1	1,5	0,3	0,9	0,6	5,7	54,0	6,9
2/2	30,3	4,0	0,6	0,9	0,9	5,8	51,4	6,3
2/3	47,3	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	48,3	2,4
2/4	29,6	0,0	0,5	0,0	0,0	1,7	64,7	3,5
3/1	21,7	0,0	1,6	0,0	0,0	8,7	64,8	3,2
3/2	9,8	0,0	1,5	1,5	0,0	5,3	75,2	6,8
3/3	35,3	0,0	0,4	0,9	0,0	4,2	51,3	7,9
3/4	21,5	0,0	0,5	0,0	0,0	2,2	70,0	5,8

w osadzie jest wzajemnie ujemnie skorelowana (tab. 1). O związku z magmową genezą wyspy świadczy obecność okruchów tufu (1,5-15,1%, średnio – 5,4%) i kwarcu (3,6-34,2%, średnio – 13,5%), choć jego część pochodzi zapewne z dalekiego transportu, z Sahary (Florek, Łęczyński 2001). Zawartość kwarcu jest przy tym mniejsza w nadbrzeżu aniżeli w podbrzeżu. Warto dodać, że zawartość tufu w drobnopiaszczystych osadach plaży w Fogo (na wyspie Fogo), na jedynej wyspie z czynnym wulkanem, wynosi ok. 80%.

Wśród minerałów ciężkich dominują pirokseny (39,8-75,2%, średnio – 58,6%) i minerały nieprzezroczyste (9,8-47,3%, średnio – 30,5%); znaczny jest też udział rutylu (1,6-7,9%, średnio – 4,8%). Maksymalny stwierdzony w osadach Praia Baixo udział minerałów nieprzezroczystych odpowiada ich zawartości w osadach plaży w Fogo, utworzonej z młodych wulkanitów. Z kolei udział piroksenów w osadach Praia Baixo jest znacznie większy niż w osadach plaży Fogo (58,6% wobec 31,3%; tab. 2). Może to oznaczać, że wielokrotne przerabianie osadów przez falowanie sprzyja zubażaniu osadu w pirokseny. Dokonuje się to wskutek ich odprowadzania do głębszych partii podbrzeża lub jest efektem ich rozdrabniania i przechodzenia z frakcji drobnopiaszczystej do drobniejszych.

Badania uziarnienia osadów plażowych wykazały, że plażę budują osady w przedziale drobno- i średniopiaszczyste (wartości Mz mieszczą się w przedziale 0,73-2,47 phi), o zróżnicowanym stopniu wysortowania – od dobrego do słabego (wartości odchylenia standardowego mieszczą się w przedziale 0,44-1,46). Rozkłady uziarnienia większości próbek pobranych z plaży, powyżej linii wody są w przybliżeniu symetryczne (ryc. 4).

Cechy uziarnienia analizowanych osadów plażowych w zakresie średniej średnicy (Mz) są podobne do cech osadów plaży Trafalgar w hiszpańskim Kadyksie (Ortega-Sánchez i in. 2008), w warunkach morza o niewielkich pływach, oraz Muriwai Beach, położonej na północno-zachodnim wybrzeżu Nowej Zelandii (Bryan i in. 2007), formowanej w warunkach pływowych.

### Profil I (fot. 3)

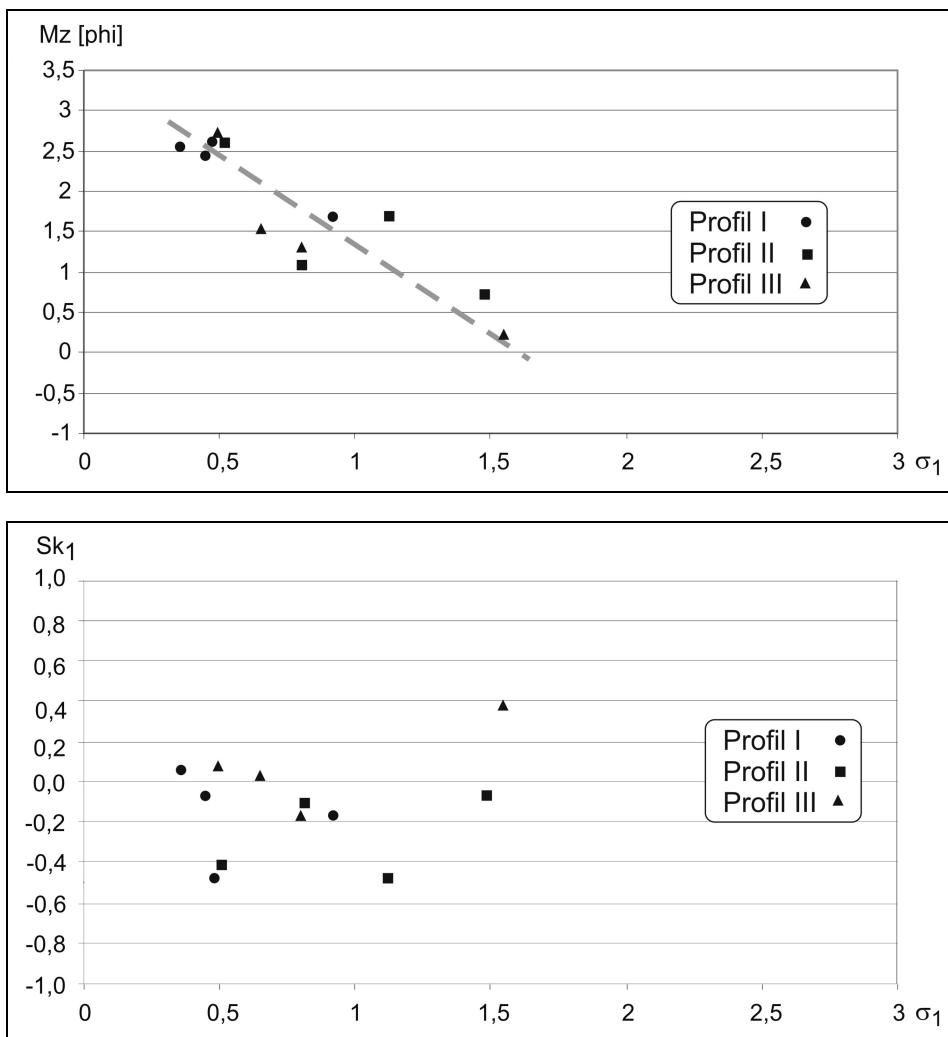
Najgrubszy osad – piasek średni (Mz = 1,67) i najslabiej wysortowany ( $\sigma_1 = 0,92$ ) występuje w kulminacji wału brzegowego. Jest on wzbogacany we frakcje grubsze od przeciętnej (ujemna wartość  $Sk_1$ ). Wielomodalny histogram uziarnienia (profil 1/1) świadczy o zmiennej dynamice środowiska, z którym związany był osad, bądź jest wynikiem przemieszania różnych osadów wyjściowych, z których zbudowana jest kulminacja wału.

Próbki pobrane z obszaru zasięgu przyprływu (1/2) i napływu (1/3) oraz z zasięgu spływu fal (1/4) charakteryzują się materiałem drobniejszym i podobnym do siebie. Występują tu piaski drobne (Mz około 2,5) i lepiej wysortowane ( $\sigma_1$  od 0,36 do 0,49). Różnią się one jedynie wartościami skośności – w obszarze zasięgu przyprływu i napływu występuje rozkład symetryczny, a w strefie zasięgu spływu bardzo ujemnie skośny. Oznacza to, że osad był tu wzbogacany we frakcje grubsze od przeciętnej.

### Profil II (fot. 3)

Rozpoznana tu sytuacja jest inna niż wzdłuż profilu 1. W kulminacji wału występuje piasek średni, z pogranicza piasku grubego ( $Mz = 1,07$ ), umiarkowanie wysortowany ( $\sigma_1 = 0,82$ ), o rozkładzie uziarnienia ujemnie skośnym.

Na wysokości zasięgu przyływu zalega osad wyraźnie grubszy, i jednocześnie najgrubszy w całym profilu, reprezentowany przez piasek grubo ( $Mz = 0,73$ ), najslabiej wysortowany z rozpoznanych w tym profilu osadów ( $\sigma_1 = 1,49$ ).



Ryc. 5. Diagramy zależności pomiędzy wskaźnikami uziarnienia osadów plażowych Praia Baixo na wyspie Santiago

Fig. 5. Relationship between grain size indices of beach sediments on Praia Baixo (Santiago Island)

W miarę przesuwania się w dół profilu, do stanowisk 2/3 i 2/4, osad staje się drobniejszy, przechodząc w piasek średni, a następnie w drobny i lepiej wysortowany – wartość  $\sigma_1$  spada do 0,49. W strefie zasięgu napływu i spływu wartości skośności są bardzo ujemnie skośne, co może być wynikiem wzbogacania materiału we frakcje grubsze od przeciętnych.

### Profil III (fot. 3)

Parametry uziarnienia osadu pobranego z kulminacji wału brzegowego na wysokości profilu 3 są podobne do tych, które uzyskano dla kulminacji pozostałych wałów.

Mamy tu do czynienia z piaskiem średnim ( $Mz = 1,53$ ), umiarkowanie wysortowanym ( $\sigma_1 = 0,67$ ), o symetrycznym rozkładzie uziarnienia. W kierunku brzegu grubość materiału budującego powierzchnię plaży rośnie i osiąga największą wartość w strefie maksymalnego zasięgu napływu ( $Mz = 0,23$ ). W tej strefie osad charakteryzuje się najsłabszym wysortowaniem ( $\sigma_1 = 1,55$ ), co także odzwierciedla się w charakterze histogramu uziarnienia (profil 3/3).

Zasięg spływu to obszar o najsłabszej dynamice środowiska, o czym świadczy występowanie tu wyraźnie drobniejszego materiału – piasku drobnego ( $Mz = 2,63$ ), który jest jednocześnie osadem najlepiej wysortowanym spośród przebadanych ( $\sigma_1 = 0,49$ ). Wyraźnie jednododalny histogram uziarnienia (profil 3/4) wskazuje na mało zróżnicowaną dynamikę środowiska, z którym ów materiał jest związany.

Próbie poddania uzyskanych wyników analizie zmienności graficznych miar uziarnienia w układzie proponowanym przez Mycielską-Dowgiałło (2007) można uznać za udaną jedynie w odniesieniu do relacji: średnia średnica ziaren – odchylenie standardowe. Wynika z niej, iż wraz ze wzrostem średniej średnicy ziaren zmniejsza się stopień wysortowania osadu (ryc. 5). Mamy tu więc do czynienia z układem pierwszym według Mycielskiej-Dowgiałło (2007), charakterystycznym dla środowisk o zróżnicowanej dynamice i dużej zmienności siły transportującej osad. Do takich środowisk niewątpliwie należy środowisko plażowe Praia Baixo, strefy eksponowanej na bezpośrednie oddziaływanie fal oceanicznych.

Relacja: skośność rozkładu uziarnienia – odchylenie standardowe nie wskazuje na istnienie wyraźnej prawidłowości w rozmieszczeniu uzyskanych punktów (ryc. 5). Podobnie jest w przypadku relacji pomiędzy pozostałymi miarami graficznymi, w związku z czym zrezygnowano z ich prezentacji.

## Dyskusja

Zaobserwowane przez autorów znaczne różnice w sposobie wykształcenia różnych części plaży Praia Baixo wskazują, że czynniki hydrodynamiczne, choć niezwykle ważne, nie odgrywają w ich powstawaniu i przemodelowywaniu decydującej, a tym bardziej jedynej roli. Równie ważny okazuje się materiał, z którego plaża powstaje. Praia Baixo zasilana jest materiałem pochodzącym ze świeżej abrazji sąsiadujących z nią wulkanicznych (częściowo bazaltowych) przylądków oraz wy-

chodni mioceńskich zlepieńców morskich, których składniki już w przeszłości zostały poddane obróbce w środowisku morskim. Kolejnym źródłem materiału są fluwialne piaski i muły przynieszone przez wody okresowo spływające z uedu. Niesiony przez nie materiał pochodzi z niszczenia starych pokryw wulkanicznych (achadas) i jest produktem wietrzenia fizycznego i chemicznego, zachodzącego w środowisku stokowym i fluwialnym (także gleb deluwialnych i aluwialnych).

Wśród minerałów lekkich dominują wapienie oraz kwarc ze skaleniami. Zauważyć można prawidłowość w występowaniu wapieni, polegającą na gromadzeniu się znacznych ich ilości na plaży środkowej oraz górnej. Związane jest to oddziaływaniem pływów na plażę, które w warunkach stabilnej dynamiki są w stanie transportować pokruszone muszle wapiennych organizmów bentonicznych w kierunku górnej plaży, gdzie nagromadzenia  $\text{CaCO}_3$  są największe.

Maksymalne ilości kwarcu i skaleni występują w próbkach pobranych w płytkim podbrzeżu i są konsekwencją selekcjonowania minerałów lekkich w tej strefie i transportowania organicznych form węgla wapnia w kierunku górnej plaży.

W grupie minerałów ciężkich dominują pirokseny, co podkreśla wulkaniczną genezę badanej strefy. Znaczna jest ilość minerałów nieprzezroczystych, których udział dochodzi do 47% wagowych. Ogranicza to możliwość wykorzystania metod mikroskopowych do rozpoznawania minerałów ciężkich, a ponadto wskazuje na duży udział okruchów wulkanicznych skał wylewnych w zasilaniu plaży Praia Baixo. W materiale plażowym występują niewielkie ilości minerałów jasnych (np. cyrkonu i łuszczyków), niewielkie są również ilości biotyту, ciemnego minerału występującego w skałach o strukturach jawnokrystalicznych.

Porównanie składu minerałów ciężkich, których obecność stwierdzono w osadach plaży Praia Baixo, z analogicznymi osadami innych plaż jest trudne ze względu na odmienność genetyczną skał budujących ich sąsiedztwo. Na przykład Pujos i in. (2001), badając osady plaży w Gujanie Francuskiej, stwierdzili dominację staurolitu, turmalinu, granatów, których nie oznaczono w osadach plaży Praia Baixo, co potwierdza tezę o odmiennej genezie zwietrzelin stanowiących źródło materiału budującego wspomniane plaże.

Czynnikami hydrodynamicznymi kształtującymi plażę Praia Baixo sterują pływy oraz występujące okresowo wiatry stałe (pasaty). Pływy na całym obszarze Wysp Zielonego Przylądka kształtują się podobnie, dość typowo dla wybrzeży objętych pływami półdobowymi, a ich rozmiary sięgają od 0,5 m do około 1,5 m (Florek, Łęczyński 2001, 2009). Warto zauważyć, że badania przeprowadzono w końcu okresu wyższych pływów. Czynnikiem różnicującym środowiska plażowe na Wyspach Zielonego Przylądka może być wiatr – Santiago należy do Wysp Odwietrznych (Ilhas do Sotavento), ale należy wziąć pod uwagę ekspozycję Praia Baixo na bezpośrednie oddziaływanie fal oceanicznych, czemu sprzyjają też niewielkie rozmiary zatoki, w której się znajduje (ryc. 1, 2).

Najlepiej wysortowane są osady z profilu I, gdzie przeważają monomodalne rozkłady uziarnienia. Obecność rozkładów polimodalnych stwierdzano w próbkach pobranych z linii wody. Choć wskaźniki granulometryczne: średnia średnica ( $M_z$ ), wy-sortowanie ( $\sigma$ ), skośność rozkładu uziarnienia ( $Sk$ ) nie odbiegają w sposób istotny od wartości wskaźników granulometrycznych obliczanych dla osadów strefy plaży

kształtowanej w warunkach południowego Bałtyku (por. Rudowski 1986, Pawluk 1989, Racinowski 1992), to jednak zebrane materiały pozwalają zaliczyć plażę Praia Baixo do środowisk o wysokim poziomie energii środowiska w rozumieniu Reinecka i Singha (1975).

## Literatura

- Bryan K.R., Robinson A., Briggs R.M., 2007, *Spatial and temporal variability of titanomagnetite placer deposits on a predominantly black sand beach*, Marine Geology, 236, s. 45-59
- Costa F.L., 1996, *Notas gerais de Geografia Física das ilhas rasas do arquipélago de Cabo Verde*, Garcia de Orta, sér. Geografia, 15(2), s. 109-118
- Ferreira D.B., 1987, *La crise climatique actuelle dans l'archipel du Cap Vert: quelques aspects du problème dans l'île de Santiago*, Finisterra, 22(43), s. 113-152
- Florek W., Łęczyński L., 2001, *Funkcjonowanie bariery w Zatoce Sao Pedro na wyspie Sao Vicente (Wyspy Zielonego Przylądka) w świetle badań strukturalnych*. W: *Funkcjonowanie geosystemów w zróżnicowanych warunkach morfoklimatycznych. Monitoring, ochrona, edukacja*, red. A. Karczewski, Z. Zwoliński, Poznań, s. 115-128
- Florek W., Łęczyński L., 2009, *Morfologia plaż wybrzeży Wysp Zielonego Przylądka jako odzwierciedlenie ich litologii i warunków hydrodynamicznych*, Prace i Studia Geograficzne, 41, s. 73-87
- Folk R.L., Ward W., 1957, *Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters*, Jour. of Sedim. Petrol., 27
- Klug H., 1973, *Die Inselgruppe der Kapverden*. W: *Beiträge zur Geographie der Mittelatlantischen Inseln*, red. H. Klug, Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel, 39, s. 169-203
- Kostrzewski A., Musielak S., 2008, *Współczesna ewolucja rzeźby wybrzeża Południowego Bałtyku*. W: *Współczesne przemiany rzeźby Polski*, red. L. Starkel i in., Kraków, s. 327-348
- Lecointre G., 1963, *Sur les terrains sédimentaires de l'île de Sal, avec remarques sur les îles de Santiago et de Maio (Archipel de Cap-Vert)*, Garcia de Orta, 11(2), s. 275-289
- Metodyka badań osadów czwartorzędowych*, 1973, red. E. Rühle, Warszawa
- Mitchell-Thomè R.C., 1972, *Outline of the geology of the Cabo Verde Archipelago*, Geologische Rundschau, 61(3), Estugarda, s. 1087-1109
- Mycielska-Dowgiałło E., 2007, *Metody badań cech teksturalnych osadów klastycznych i wartość interpretacyjna wyników*. W: *Badania cech teksturalnych osadów czwartorzędowych i wybrane metody oznaczania ich wieku*, red. E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski, Warszawa, s. 95-180
- Ortega-Sánchez M., Fachin S., Sancho F., Losada M., 2008, *Relation between beachface morphology and wave climate at Trafalgar beach (Cádiz, Spain)*, Geomorphology, 99, s. 171-185
- Pawluk K., 1989, *Segregacja materiału piaszczystego w płytkiej strefie brzegowej*, Studia i Materiały Oceanologiczne, 55, Brzeg Morski, 1, s. 129-146
- Pujos M., Pons J.C., Parra M., 2001, *Les minéraux lourds des sables du littoral de la Guyane française: bilan sur l'origine des dépôts de la plate-forme des Guyanes*, Oceanologica Acta, 24, Supplement, s. 27-35
- Racinowski R., 1992, *Charakterystyka standardowych cech litologicznych rumowiska strefy brzegowej morza Północnego Szczecińskiego. Badania strefy brzegowej Bałtyku*, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 459, Katedra Geotechniki, 2, s. 5-93
- Reineck H.E., Singh I.B., 1975, *Depositional sedimentary environments*, Berlin-Heidelberg-New York

- Rudowski S., 1962, *Mikroformy strefy brzegowej Bałtyku w Polsce*, Acta Geologica Polonica, 4, 12
- Rudowski S., 1986, *Środowisko sedymentacyjne renowego wybrzeża morza bezpływowego na przykładzie Bałtyku*, Studia Geologica Polonica, 8
- Serralheiro A., 1967, *Sobre as praias antigas de algumas ilhas de Cabo Verde*, Garcia de Orta, 15(1), s. 123-138

### Summary

The authors presented the results of morphological and structural researches of Praia Baixo beach, located on Santiago Island, in Cape Verde archipelago. Those island consist of granulometrically and petrographically diversified material, mostly originated from Mesozoic and Tertiary abrasion of vulcanites. The Santiago Island is one of the island with the most complex structure, which is a consequence of its origin. Moreover, there are also two factors which have influence on the beach: there are semidiurnal tides, reaching the altitude of 0.5-1.5 m, the other element are permanent winds – trade winds blowing from north-east direction. The width of the beach during low-tide is about 30-48 m, however during high-tide it decreases to 7-11 m. Its lowest part, which is in the tide area is inclined at 5-6° angle. Higher part, penetrated by high-tide is inclined at 5-8° angle. The highest part, closed with storm bar is inclined at 4-11° angle. Mineral structure of fine grained sand fraction (0.25-0.09 mm) is extremely diversified and shows the connection between beach sediments and rocks building its surrounding, bedrock and catchment area, drained by wadi which has its mouth there. The structure presents also hydrodynamic conditions, mainly the exposition of each part for coming waves. The most common light minerals are carbonates, which reach the amount of 50.2% (11.1-80.4%) and feldspars (6.5-57.5%, average 23.2%). In the group of heavy minerals the main part are pyroxenes (39.8-75.2%, average 58.6%) and opaque minerals (9.8-47.3%, average 30.5%). Also rutile has a significant share (1.6-7.9%, average 4.8%). It was revealed that the beaches in question in terms of their morphological and lithological features can be classified as environments characterized by considerable energy of coastal processes.

