

Bogdana Izmailow, Anna Michno*

KLIMATYCZNE UWARUNKOWANIA WSPÓŁCZESNEGO ROZWOJU RZEŻBY WYSP ZIEŁONEGO PRZYŁĄDKA

Climate conditions of the present-day relief development on Cape Verde Islands

Abstract: Cape Verde Islands are an example of a local diversity of the semi-arid equatorial climate zone. The type and intensity of the present-day morphogenetic processes is determined mostly by total precipitation and vegetation cover. We can distinguish three types of relief development.

In the warm, arid climate conditions throughout the year, volcanic forms are very slowly changed or preserved by the action of episodic water, limited to a material redeposition in the wadi channels and sand dune forming by the wind.

In the semi-arid climate conditions, volcanic forms are transformed into denudation-fluvial relief in the rain period. It is visible mainly on the windward side of islands and at a lower altitude, where the weathering material is washed from slopes and carried away down the wadi channels to the sea after periodic torrential rains.

At the same time on the leeward side, at a higher altitude and in agricultural areas only a small amount of material is transported over short distance.

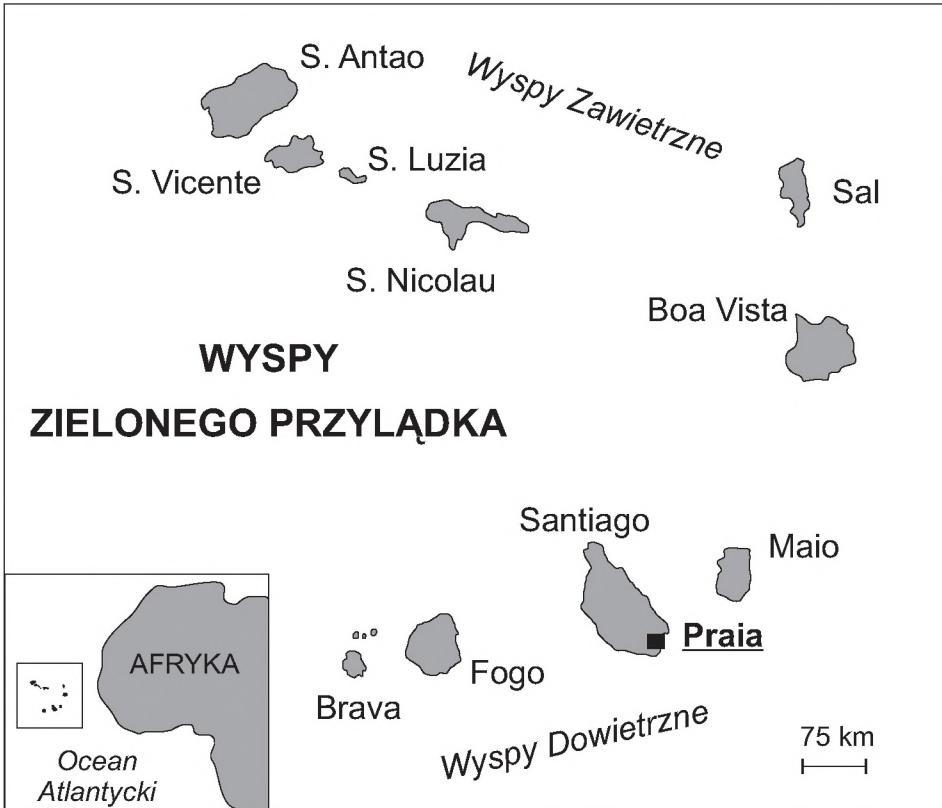
Key words: Cape Verde Islands, semi-arid equatorial climate zone, morphogenetic processes, relief development

Słowa kluczowe: Wyspy Zielonego Przylądka, strefa półsuchego klimatu równikowego, procesy morfogenetyczne, rozwój rzeźby

Klimat jest jednym z podstawowych warunków rozwoju rzeźby. Decyduje o rodzaju, częstości występowania i intensywności procesów morfogenetycznych. Zróżnicowanie wpływu warunków klimatycznych na przebieg modelowania rzeźby można rozpatrywać w skali globalnej, w nawiązaniu do stref i pięter klimatycznych lub lokalnej. Przykładem takiego zróżnicowania mezoklimatycz-

* Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, e-mail: b.izmailow@geo.uj.edu.pl, a.michno@geo.uj.edu.pl

nego są Wyspy Zielonego Przylądka, położone u zachodnich wybrzeży Afryki, w strefie klimatu równikowego, umiarkowanie gorącego i suchego. Wyspy ułożone są w formie łuku, na przestrzeni 300 km z zachodu na wschód i 250 km z północy na południe (ryc. 1).

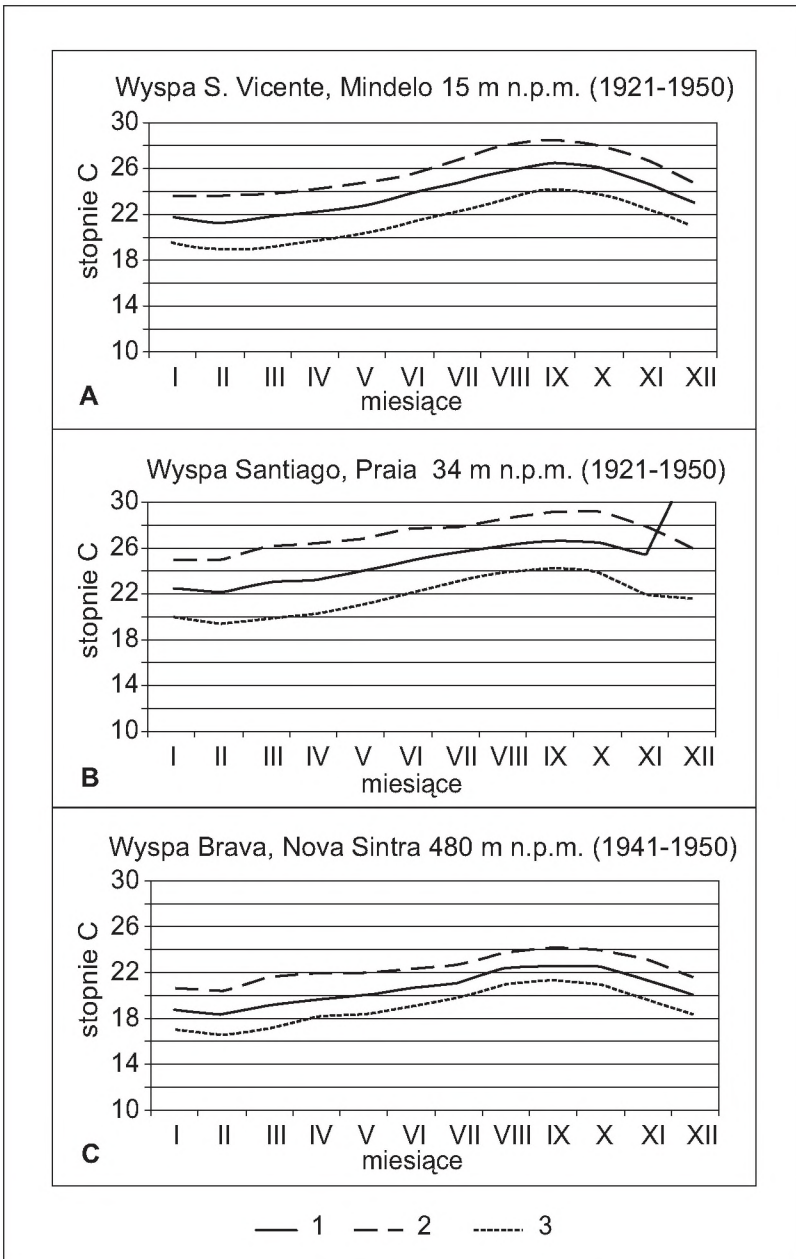


Ryc. 1. Położenie Wysp Zielonego Przylądka

Fig. 1. Location of Cape Verde Islands

Wszystkie wyspy są pochodzenia wulkanicznego, choć różnego wieku (Mitchell-Thome 1976, 1977). Stąd też formy wulkaniczne cechują się różnym stopniem zachowania, co znajduje odzwierciedlenie w ukształtowaniu pionowym wysp. Najstarsze z nich, wschodnie, o rzeźbie nizinnej, osiągają wysokość 400 m n.p.m., młodsze – zachodnie cechują się rzeźbą wyżynną i górską z wysokościami > 1000 m n.p.m.. Do wys. 2889 m n.p.m. wznosi się jedyny czynny do dzisiaj wulkan.

Klimat wysp kształtują dwa rodzaje mas powietrza: zwrotnikowego i związanego z frontem równikowym. Nie wykazuje on istotnych dla procesów morfogenetycznych różnic termicznych w obrębie archipelagu; średnia miesięczna temperatura na wszystkich wyspach oscyluje około 20°C (ryc. 2), ale cechuje się



Ryc. 2. Rozkład temperatury powietrza w ciągu roku na wybranych wyspach (wg H. Kluga 1973)

1 – temperatura średnia, 2 – temperatura maksymalna, 3 – temperatura minimalna.

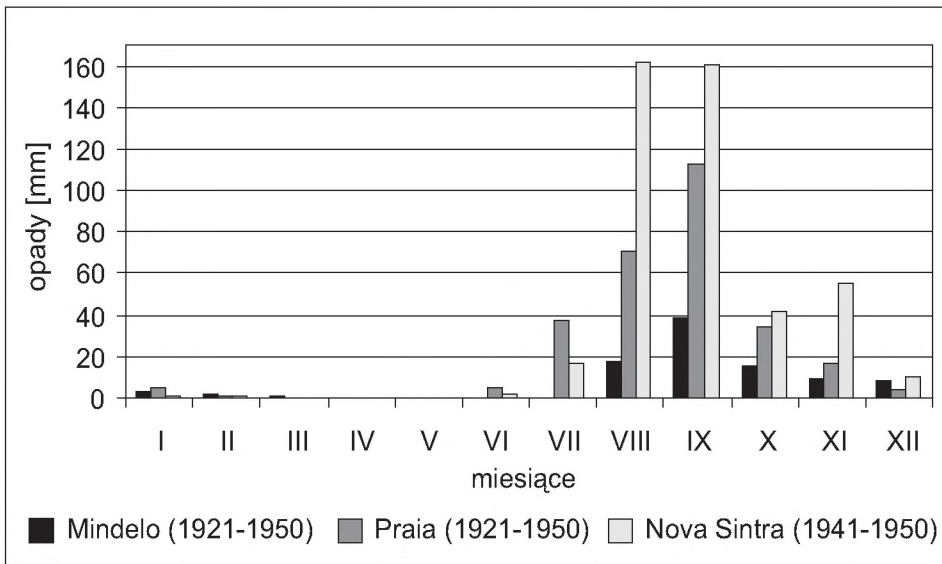
Fig. 2. Distribution of the temperature during the year for some islands (by H. Klug 1973)

1 – mean air temperature, 2 – maximum air temperature, 3 – minimum air temperature.

różną wilgotnością (Klug 1973). Miesięczne sumy opadów są zróżnicowane nie tylko między poszczególnymi wyspami, ale nawet w obrębie jednej wyspy, w zależności od ekspozycji terenu i wysokości bezwzględnych.

Przez większą część roku wyspy znajdują się pod wpływem NE pasatu, osiągnącego duże prędkości 18–30 km/godz. (Costa 1996) i niosącego ciepłe, suche powietrze znad Sahary. Susze potęguje harmatan, wiejący na przełomie roku, po porze deszczowej oraz wpływ zimnego prądu kanaryjskiego, opływającego wyspy od północy.

Większe, choć nieregularne opady występują zimą (XII-II) na najdalej ku północy wysuniętej wyspie S. Antao, nad którą sięgają cyklony tropikalne, a na przełomie lata i jesieni – na wyspach południowych (Brava, Fogo, Santiago), objętych wpływem SW monsunu, związanego z przesuwaniem się na północ frontu równikowego. Opady te nie docierają do wysp położonych na wschodzie (Sal, Boa Vista, Maio) i północy (S.Vicente, S.Lucia, S.Nicolau), które znajdują się wyłącznie pod wpływem E suchego wiatru (ryc. 3).



Ryc. 3. Sumy opadów miesięcznych na wybranych wyspach (wg H. Kluga 1973)

Fig. 3. Sums of monthly precipitation for some islands (based on H. Klug 1973)

Są one w związku z tym najbardziej suchym regionem archipelagu, ze średnimi rocznymi sumami opadów < 150 mm, występujących tylko w ciągu jednego do kilku dni w roku, lub z okresami kilkuletniego braku opadów.

W obrębie wilgotniejszych wysp zachodnich o rzeźbie górskiej lub wyżynnej (S.Antao, Brava, Fogo, Santiago) i centralnym położeniu najwyższych szczytów zaznacza się podział na część dowietrzną wilgotną i zawietrzną o 2-krotnie niższych sumach opadów rocznych.

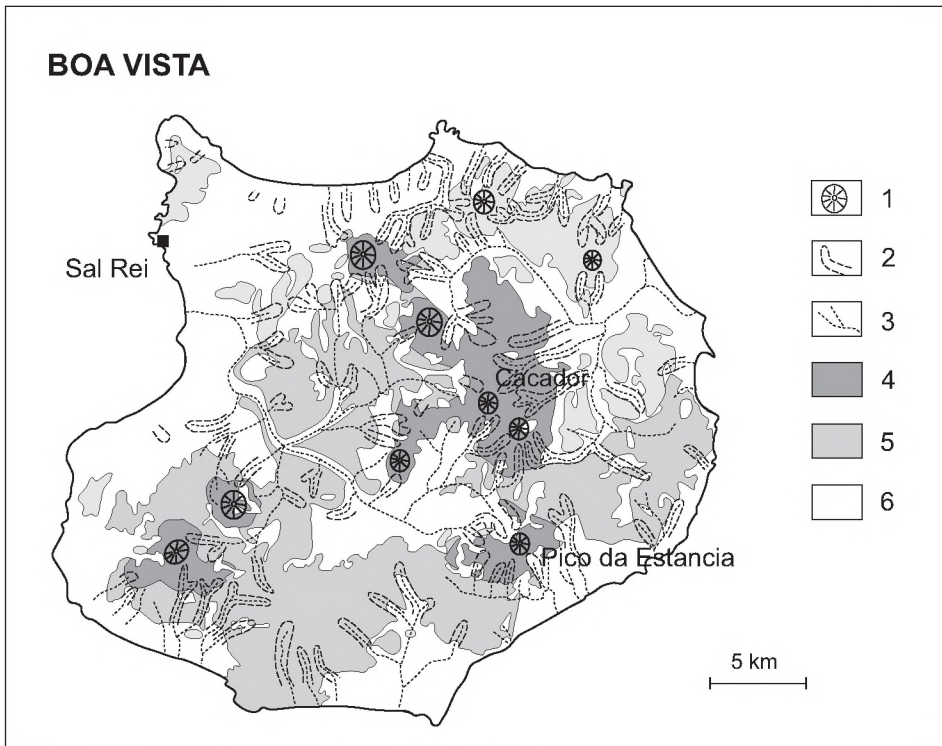
Wzrost sum opadów zaznacza się również z wysokością n.p.m. Wzrastają one od 250–500 mm/rok po stronie dowietrznej i <300 mm po stronie zawietrznej w piętrze pustynnym (<300–400 m n.p.m.), do odpowiednio 500–1100 mm i 250–600 mm w piętrze trawiasto – krzewiastym (300–900 m n.p.m.), 1100–1700 mm i 400–800 mm w piętrze krzewiastym (900–1500 m n.p.m.) i 1500–4000 mm w piętrze leśnym (>1500 m n.p.m.) w północnej części S. Antao (Matzmetter 1960). W tym samym kierunku wzrasta również długość pory wilgotnej, która w piętrze pustynnym nie występuje, a w piętrze leśnym trwa do 10 miesięcy w roku.

Sumy opadów są zróżnicowane również w poszczególnych latach, a ich rozkład w ciągu roku jest nierównomierny. Na większości wysp pora deszczowa występuje od VII do XI, a opady w zależności od położenia i wysokości wysp rozkładają się na 2–10 miesięcy.

Klimat wysp warunkuje procesy fluwialno-denudacyjne i eoliczne, które obok procesów litoralnych biorą udział w transformacji rzeźby wulkanicznej. Ich częstość występowania, intensywność i skutki morfologiczne, uwarunkowane klimatem i rzeźbą są zróżnicowane w obrębie wysp, które można podzielić na trzy grupy: wyspy wschodnie i północne (poza S. Antao) – suche o rzeźbie nizinnej i wyżynnej, wyspy południowe i S. Antao w ich częściach dowietrznych – wilgotne, o rzeźbie górskiej i wyżynnej, oraz wyspy południowe i S. Antao w ich częściach zawietrznych – suche, o rzeźbie górskiej i wyżynnej.

Na wyspach wschodnich najstarsze, mioceńskie formy wulkaniczne tworzą dziś tylko niskie nabrzemia o wklęsłych stokach, okrytych zwietrzeliną. Wznoszą się one w centralnych częściach wysp nad otaczającymi je płaskimi obszarami, zbudowanymi ze skał osadowych (fot. 1). Duży obszar wśród nich zajmują plejstocieńskie i holocieńskie terasy abrazyjne oraz piaszczyste plaże nadmorskie. W ich obrębie usypywane są wydmy (ryc. 4).

Rozcinające obszar wysp doliny są płytkie, o stromych zboczach, szerokich, płaskich dnach i małych, niewyrównanych spadkach. Różnice wysokości dochodzące do 350 m pokonują na odcinku ponad 20 km. Skalno-aluwialne koryta rzek w dolnych odcinkach wyścielone są łachami piaszczysto-żwirowymi i mają przebieg roztokowy. Materiał korytowy pochodzi głównie z erozji wgłębnej i rozmywania osadów terasowych, gdyż zbocza przeważnie okryte są grubofrakcyjną zwietrzeliną i tylko najbardziej strome rozcinane są erozją liniową (Gierszewski, Rodzik 2000, 2003). Doliny są odwadniane epizodycznie, nie dłużej niż przez kilka dni w roku. Mała masa wody związana z niskimi sumami opadów, brakiem koncentracji spływu ze stoków i małymi powierzchniami zlewni oraz niewielką prędkość przepływu przy małych spadkach i infiltracja wody w pokrywach aluwialnych nie powodują dużych zmian morfologicznych w korytach (Michno, Smolska 2000). W większości z nich woda nie dopływa nawet do oceanu. Rozmiary erozji są więc niewielkie, a działalność wód epizodycznych ograna-



Ryc. 4. Mapa głównych elementów rzeźby Boa Visty (wg. A.Serralheiro 1967, zmienioma)

1 – kratery wulkanów, 2 – doliny epizodycznych rzek, 3 – koryta epizodycznych rzek, 4 – stoki wulkanów, 5 – równiny strukturalne, 6 – równiny akumulacji litoralnej, aluwialnej i eolicznej.

Fig. 4. Principal land features in the Boavišta island (based on A. Serralheiro 1967, modified)

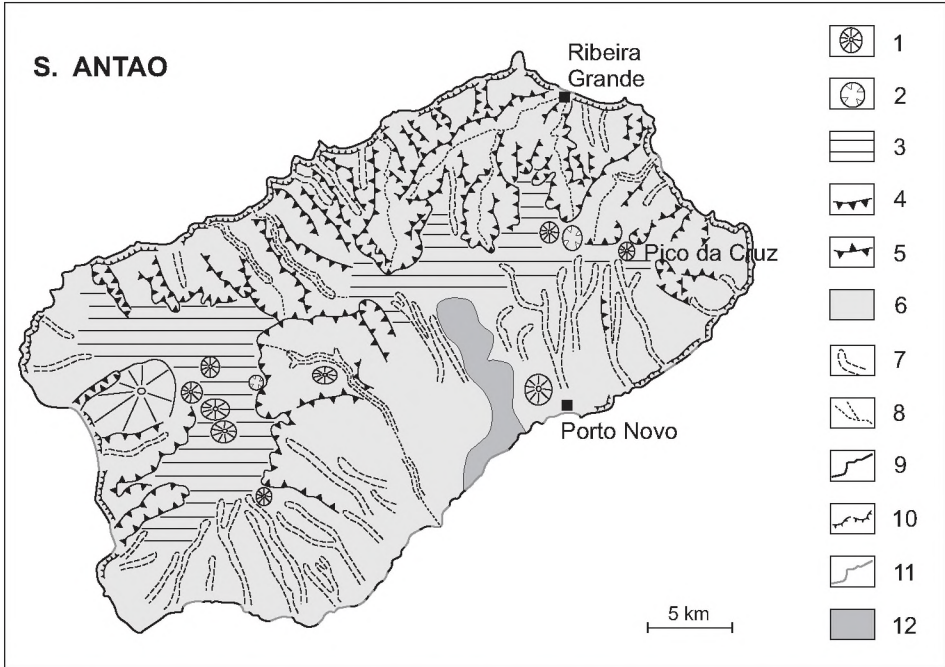
1 – volcanic craters, 2 – valleys of episodic streams, 3 – channels of episodic streams, 4 – volcanic slopes, 5 – structural plains, 6 – plains of litoral, alluvial and aeolian accumulation.

nicza się do redepozycji materiału w dnach dolin (Gierszewski, Michno, Rodzik, Smolska 2001). Mała dostawa materiału z wnętrza wysp i z abrazji morskiej nie sprzyja narastaniu brzegów. W ich obrębie zachodzi proces tworzenie i wędrówki wydym.

Większe efekty morfogenetycznej działalności wód epizodycznych można obserwować na suchych wyspach północnych, o młodszych, lepiej zachowanych formach wulkanicznych, a zatem większych deniwelacjach terenu i większej energii rzeźby.

Na wyspach zachodnich, młodsze, czynne co najmniej do końca neogenu wulkany są zachowane w postaci wyraźnych stożków i kalder, nadających wy-

spom cechy rzeźby górskiej lub wyżynnej. Są one rozczłonkowane i przekształcane przez procesy fluwialno-denudacyjne oraz włączane w system dolin rzecznych i form wybrzeży (ryc. 5).



Ryc. 5. Mapa głównych elementów rzeźby S. Antao (E. Costa 1996, zmieniona)

1 – kratery wulkanów, 2 – kaldery, 3 – fragmenty powierzchni zrównań, 4 – granie, 5 – grzbiety górskie, 6 – stoki, 7 – doliny rzeczne, 8 – koryta rzeczne, 9 – wybrzeża skaliste, 10 – wybrzeża klifowe, 11 – wybrzeża płaskie, piaszczyste, 12 – obszary wydymowe.

Fig. 5. Principal land features of S. Antao (based on E. Costa 1996, modified)

1 – volcanic craters, 2 – calderas, 3 – fragments of planation surface, 4 – sharp and rocky ridges, 5 – ridges, 6 – slopes, 7 – river valleys, 8 – river bed, 9 – rocky shore, 10 – cliff face, 11 – flat sandy shore, 12 – dune area.

Dowietrzne części wilgotnych wysp południowych i S. Antao, podlegające silnej abrazji, rozcina gęsta sieć dolin. Większość z nich to doliny okresowo odwadniane, głębokie, nieckowate o szerokich dnach i spłaszczonych zboczach. Doliny stale odwadniane występują tylko na dwóch najwilgotniejszych wyspach (fot. 2). Są to formy o głębokości >1000 m i dużych spadkach – 1600 m na odcinku 4,5 km. Ich strome, skaliste zbocza podlegają ruchom masowym, a szerokie, płaskie dna są terasowane (Izmailow, Michno 2002). Wypełnienie den dolin osadami zwirowymi nastąpiło w ostatnim stuleciu i było efektem wylesienia górnej części zlewni (Daveau 1988). Koryta rzek rozcinające te grubofrakcyjne osady zwirowe mają przebieg roztkowy. Poziomy terasowe wyklinowują



Fot. 1. Krajobraz wnętrza wyspy Boa Vista (fot. A.Michno)

Photo 1. Landscape of the central part of Boavišta island (photo by A. Michno)



Fot. 2. Widok środkowego odcinka doliny Ribeira Grande po północnej stronie wyspy S. Antao (fot. A. Michno)

Photo 2. View of the central section of the Ribeira Grande valley in the northern part of S. Antao Island (photo by A. Michno)

się w górnych odcinkach dolin, które są tylko okresowo odwadniane. Tworzą one formy kanionów o pionowych zboczach, wąskich dnach, skalnych korytach, wyczyszczonych z materiału i niewyrównanych profilach podłużnych z licznymi progami skalnymi.

Rozwój dolin nawiązuje do zmieniających się w ciągu roku warunków wilgotnościowych (Izmaïłow, Michno 2000). W porze suchej w dnach dolin okresowo odwadnianych gromadzi się materiał pochodzący ze zboczy, podlegających ruchom masowym, a w ujściowych odcinkach nanoszony również przez wiatr z plaży. W porze deszczowej jest on wyprzątany (Ferreira 1987, Costa 1996).

Natomiast w dolinach stale odwadnianych, w związku ze sterasowaniem ich zboczy i den, do koryt dostaje się tylko drobny materiał, który nawet po dużych opadach nie powoduje ich znacznego rozcinania (Izmaïłow, Michno 2005).

Podobnie w piętrze leśnym doliny okresowo odwadniane nie mają dobrze wykształconych koryt, a w dnach zachodzi jedynie lokalne przemieszczanie niewielkich ilości materiału pochodzącego ze zboczy. Zawieszenie ujść dolin okresowo odwadnianych świadczy o nienadążaniu ich rozcinania za pogłębianiem dolin stale odwadnianych.

Znacznie większe tempo współczesnego rozcinania można obserwować na stokach jedyne go na wyspach, czynnego w czasach historycznych wulkanu Pico de Cono. Stożek wulkanu zbudowany jest z law i popiołów nie utrwalonych przez roślinność, po ostatnim wybuchu w 1995 r. Dzięki temu jego stoki podlegają obecnie intensywnej erozji wód okresowych, a powstałe kilkumetrowej głębokości rozcięcia są zasypywane osuwającym się i przenoszonym przez wiatr popiołem.

W suchych zawietrznych częściach zachodnich wysp stoki wulkanów do dużej wysokości okryte są zwietrzeliną i materiałem usypiskowo-napływowym a u ich podnóży rozciąga się platforma strukturalna, zaścielona luźnym materiałem gruzowo-piaszczystym.

Rozcinające obszar głębokie doliny cechuje stromość zboczy i płaskie, szerokie dna, wyścielone grubofrakcyjnym materiałem. Współczesne modelowanie nawiązuje do na przemian występujących pór suchych i wilgotnych. W suchych okresach roku następuje wietrzenie. Ponieważ sumy opadów w porze wilgotnej są znacznie niższe niż po stronie dowietrznej, tylko drobniejsza zwietrzelina jest odprowadzana przez wody okresowe, których działalność wskutek tego nie powoduje większych zmian morfologicznych.

Na podstawie przedstawionego zróżnicowania przebiegu procesów mofogenicznych w obrębie archipelagu można wyciągnąć następujące wnioski:

Najistotniejszymi elementami klimatu wpływającymi na modelowanie Wysp Zielonego Przylądka są opady i wiatr, a główną rolę w przekształcaniu rzeźby odgrywa woda płynąca okresowo i epizodycznie oraz procesy eoliczne. Z dwu

wymienionych elementów klimatu większe znaczenie posiadają opady, których sumy i natężenie decydują o udziale, długości okresu oddziaływania i intensywności głównych procesów modelujących obszar. Rola procesów eolicznych w modelowaniu rzeźby wzrasta w miarę wzrostu suchości klimatu, ale nigdzie nie dorównuje roli procesów fluwialnych. Jest to zgodne z panującymi poglądami na temat współczesnego modelowania obszarów strefy suchej i półsuchej.

Współczesna transformacja rzeźby wulkanicznej w warunkach klimatu okresowo wilgotnego polega głównie na jej degradacji pod wpływem dominującej działalności procesów fluwialno-denudacyjnych, a w warunkach suchych – przebiega z dużym udziałem akumulacji zarówno fluwialno-denudacyjnej, jak i eolicznej. W klimacie okresowo wilgotnym rzeźba wulkaniczna jest przekształcana w rzeźbę fluwialno-denudacyjną, gdy w suchym – formy wulkaniczne są raczej konserwowane, a nawet zasypywane. Na rodzaj i tempo przekształcania, znacznie wolniejsze w warunkach suchych, wpływa również energia rzeźby, która zwiększa lub zmniejsza efektywność procesów uwarunkowanych klimatem. Piętrowość klimatyczna w analizowanym obszarze znajduje odzwierciedlenie nie w rodzaju, a jedynie w intensywności procesów, znacznie osłabionej w najwilgotniejszym piętrze leśnym.

Występowanie form dużych rozmiarów w zestawieniu z powolnym tempem obecnego ich rozwoju sugeruje, że współczesna transformacja rzeźby zachodzi znacznie wolniej niż to miało miejsce w przeszłości w warunkach wilgotniejszych niż obecnie. Na większą wilgotność klimatu w przeszłości wskazują poziomy laterytowe i gleb kopalnych, datowanych na okres subborealny oraz konkreje pni i korzeni roślin zachowane w piaskach wydmowych. Inną przyczyną intensyfikacji procesów morfogenetycznych mogło być również wylesienie wysp, które nastąpiło po ich odkryciu w połowie XV w.

Literatura

- Costa F. E.L., 1996. Processos erosivos actuais na bacia da ribeira Seca (Santiago Oriental – Cabo Verde). *Garcia de Orta, Ser. Geogr.* 15, 1, Lisboa, 79–86.
- Daveau S., 1988. Notula sobre aspectos recentes e actualis da erosao fluvial na ilha de Santo Antao. *Finisterra Revista Portuguesa de Geografia* 23, 46, Lisboa, 287–309.
- Ferreira D., 1987. La crise climatique actuelle dans l'archipel du Cap Vert, Quelques aspects du probleme dans l'ile Santiago. *Finisterra Revista Portuguesa de Geografia* 22, 43, Lisboa, 113–152.
- Gierszewski P., Rodzik J., 2000. Przebieg procesów denudacyjnych w warunkach odpływu epizodycznego strefy półsuchej na Boa Vista (Cabo Verde), [w:] L. Andrzejewski, P. Molewski, W. Wysota (red.), *Dorobek i pozycja polskiej geomorfologii u progu XXI wieku*. IG UMK, Toruń, 169–170.

- Gierszewski P., Michno A., Rodzik J., Smolska E., 2001. Zlewnia Lomba Gregorio (Cabo Verde) jako przykład funkcjonowania systemu stokowo-korytowego w strefie półsuchej, [w:] I., Piotrowska, Z. Zwoliński (red.), *Funkcjonowanie geosystemów w zróżnicowanych warunkach morfoklimatycznych*. UAM, Poznań, 42–43.
- Gierszewski P., Rodzik J., 2003. Water erosion and supply of material for fluvial transport under episodic flow conditions in the semi-arid zone on Boa Vista (Cabo Verde). *Landform Analysis* 4, 49–56.
- Izmałow B., Michno A., 2000. Typy współczesnego przemodelowywania wybranych dolin Wysp Zielonego Przylądka, [w:] K. Klimek, K. Kocel (red.), *Transformacja dolin plejstocenijskich w holocenie. Strefowość i piętrowość zjawiska*. Sosnowiec, 41–43.
- Izmałow B., Michno A., 2002. Charakterystyka i warunki rozwoju górnego odcinka doliny Ribeira da Vinha (Cabo Verde). *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia XXXII*, Nauki Matem.-Przyr. 109, 161–168.
- Izmałow B., Michno A., 2005. Zróżnicowanie antropogenicznych przemian środowiska przyrodniczego Wysp Zielonego Przylądka, [w:] B. Domański, S. Skiba (red.), *Geografia i sacrum*, IGiGP UJ, Kraków, 95–104.
- Klug H., 1973. Die Inselgruppe der Kapverden. *Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel* 39, 169–203.
- Matzmetter J., 1960. Die Kapverdischen Inseln. *Mitt. der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 102, 1–40.
- Michno A., Smolska E., 2000. Morfodynamiczna charakterystyka koryta Lomba Gregorio (Cabo Verde), [w:] L. Andrzejewski, P. Molewski, W. Wysota, (red.), *Dorobek i pozycja polskiej geomorfologii u progu XXI wieku*. IG UMK, Toruń, 235–236.
- Mitchell-Thome R.C., 1972. Outline of the Geology of the Cape Verde Archipelago. *Geologische Rundschau* 61, 3, 1087–1109.
- Serralheiro A., 1967. Sobre as praiasantigas de algas ilhas de Cabo Verde, *Garcia de Orta, Ser. Geogr.* 15 (1), 123–138.