

**Marcin Hojan**

Instytut Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego  
w Bydgoszczy

---

## **Charakterystyka procesów eolicznych na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin**

Characteristic of eolian processes on the cliffed  
coast of Wolin Island

---

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono charakterystykę procesów eolicznych na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin. Na omawianym obszarze piaszczysty klif jest rozwiewany przez wiatry wiejące z kierunków odmorskich. Drobnny piasek jest transportowany przez wiatr na koronę klifu. Proces ten szczególnie często występuje w półroczu letnim oraz podczas ekstremalnych zdarzeń pogodowych (warunków wietrznych). Szacuje się, że transport drobnego piasku na koronę klifu może występować przez około 36 dni w roku.

**Słowa kluczowe:** wyspa Wolin, wybrzeże klifowe, procesy eoliczne, pokrywy eoliczne

**Abstract:** Contemporary eolian processes can be observed on sandy seashores. Wind erosion, transport and accumulation also occur on cliffs exposed to onshore wind. Eolian processes on the southern coast of the Baltic Sea on the Wolin Island cause fine sand and dust to be blown out from the cliff slope. As a result, various microforms are created on the cliff slope and eolian covers are deposited on the cliff crown. Research carried out on the cliff shore of the Wolin Island in 2001 - 2006 enabled determination of eolian cover thickness and spatial variability.

**Keywords:** Wolin Island, cliff coast, aeolian processes, aeolian cover

### **Wprowadzenie**

Na piaszczystych wybrzeżach morskich można współcześnie obserwować intensywne procesy eoliczne. Erozja, transport i akumulacja wietrzna występują również na klifach wyeksponowanych na wiatr wiejący z kierunków odmorskich. Na południowym wybrzeżu Bałtyku, na wyspie Wolin, pro-

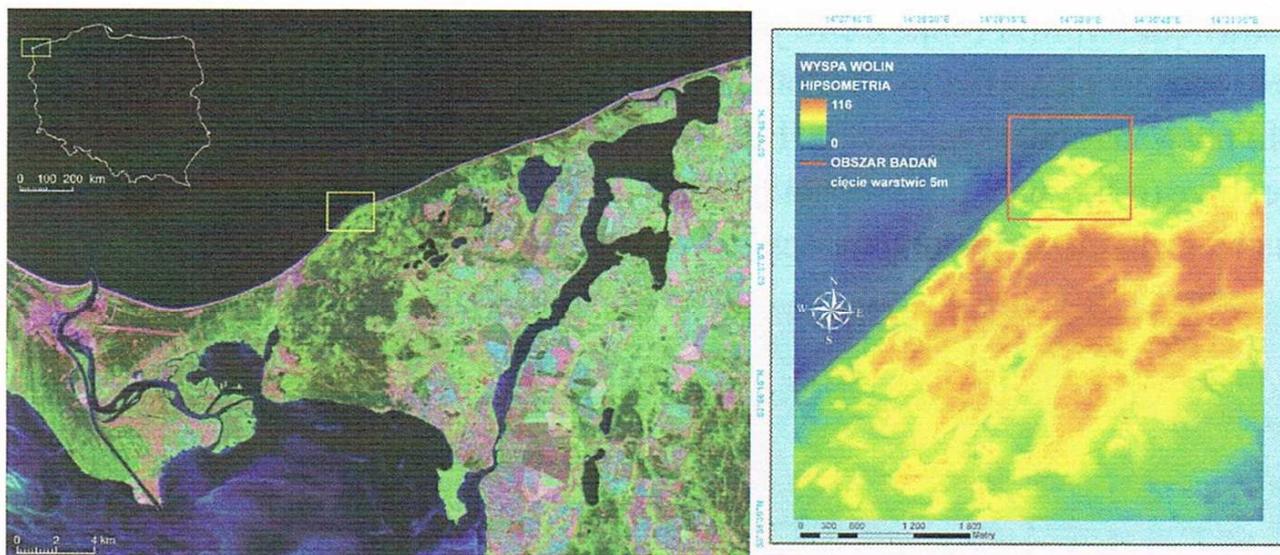
cesy eoliczne powodują wywiewanie ze skłonu klifu drobnego piasku i pyłu, w wyniku czego na skłonie klifu powstają różnego rodzaju mikroformy deflacyjne i akumulacyjne, zaś na koronie klifu deponowane są pokrywy eoliczne. Badania przeprowadzone w latach 2001-2006 na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin umożliwiły określenie miąższości i przestrzennej zmienności pokryw eolicznych.

W literaturze przedmiotu dotyczącej wybrzeża zajmowano się głównie działalnością procesów eolicznych na plaży i na wydmach nadmorskich (Rosa, 1963; Marsz, 1966; Miszański, 1973; Borówka M., 1979a; Borówka M., Rotnicki, 1995, 1999; Borówka R.K., 1980a, 1980b, 2001a; Hildebrandt-Radke, 1999, 2001; Carter R.W.G., 1998; Hesp, Short, 2002; Łabuz, 2004, 2005a, 2005b). Rzadziej przedstawiano działalność wiatru i jej skutki na wybrzeżach klifowych (Reinhard, 1953/54; Jennings 1967; Jackson, Nevin, 1992; Carter, Wilson, 1993; Haslett, Davies, Curr, 2000; Saye, Pye, Clemmensen, 2006). Na polskim wybrzeżu południowego Bałtyku procesy eoliczne modelują rzeźbę klifu i współdziałając z abrazją morską przyczyniają się do cofania klifu. Część wywiewanego materiału akumulowana jest na koronie klifu w postaci pokryw eolicznych (Prusinkiewicz, 1971; Florek, Grabowska-Dzieciatko, Majewski, 2001; Hojan, 2003, 2006, 2007), część pozostaje na skłonie klifu w postaci efemerycznych mikroform eolicznych.

Badania procesów eolicznych na klifach wyspy Wolin były finansowane z Badań Własnych Zakładu Geoekologii IGiG UAM w Poznaniu, a w okresie od kwietnia 2004 do kwietnia 2006 roku były finansowane z grantu KBN: 2 P04E 014 26 pt. „Współczesne procesy eoliczne na koronie wybrzeża klifowego wyspy Wolin”.

## **Obszar badań**

Obszar badań znajduje się w zachodniej części wybrzeża klifowego wyspy Wolin, w obrębie Wolińskiej Moreny Czołowej. Na stosunkowo niedługim odcinku brzegu morskiego (407,58 – 408,68 km UM) zaobserwować można duże zróżnicowanie aktywności, wysokości bezwzględnej oraz morfologii i litologii klifu. Dodatkowo na tym fragmencie wybrzeża linia brzegowa zmienia bieg z SW-NE na WSW-ENE (rys. 1). Zaobserwowano, że zmiana przebiegu linii brzegowej ma dodatkowy wpływ na dynamikę procesów eolicznych.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań

Fig. 1. Location of the study area

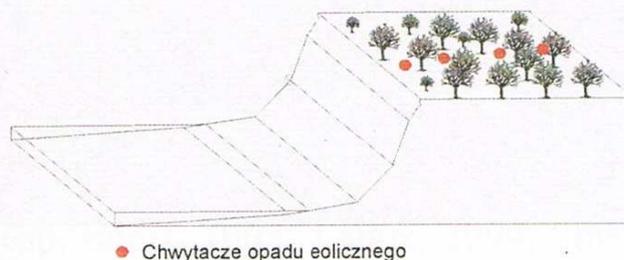
Obszar badań składał się z trzech odcinków: wschodniego (407,58-407,95 km UM), środkowego (407,95-408,20 km UM) i zachodniego (408,20-408,68 km UM). Wysokość odcinków zmienia się od około 30 m n.p.m. na odcinku wschodnim, do około 40-50 m n.p.m. na odcinku zachodnim. Oba wymienione odcinki zbudowane są z gliny brązowej i szarej, na których zalegają piaski fluwioglacjalne i eoliczne piaski pokrywowe. Wysokość odcinka środkowego wynosi 60 m n.p.m. w kulminacji Świdnej Kępy. Odcinek ten zbudowany jest głównie z zaburzonych glacitektonicznie piasków z przewarstwieniami mułkowymi (Borówka, Goslar, Pazdur 1999) i eolicznych piasków pokrywowych.

Dzięki zróżnicowanej litologii i morfologii klifu oraz zmieniającej przebieg linii brzegowej, na obszarze badań obserwowano wpływ różnych uwarunkowań na procesy eoliczne.

## Metody badań

W badaniach ilości materiału mineralnego deponowanego przez wiatr na koronie klifu wykorzystano metodykę wypracowaną przez zespół prof. Andrzeja Kostrzewskiego. Stanowiska pomiarowe (od 3 do 6) z chwytaczami opadu eolicznego umieszczono początkowo w sześciu profilach pomiarowych (rys. 2). W trakcie badań zwiększono ilość profili do 15. Profile były umieszczone prostopadle do krawędzi klifu, a rozmieszczenie stanowisk pomiarowych uwzględniało morfologię i litologię klifu. W profilach pomiarowych zachowano w miarę możliwości podobną odległość stanowisk z chwytaczami

od krawędzi klifu. Próbkę z chwytaczy pobierano raz w miesiącu oraz w trakcie procesów ekstremalnych. Pomiary wielkości opadu eolicznego na koronie klifu prowadzono od marca 2001 do grudnia 2004 roku. Szczegółowe badania terenowe (odkrytki, dokumentacja fotograficzna, pobór próbek ze skłonu klifu) prowadzone były do 2006 roku.



Rys. 2. Chwytacze opadu eolicznego i ich rozmieszczenie w profilu pomiarowym

Fig. 2. Catchers of aeolian fall and their location in the measurement profile

## Warunki meteorologiczne

Na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin, a szczególnie na skłonie klifu, wystąpienie procesów eolicznych zależy głównie od prędkości i kierunku wiatru. Na analizowanym obszarze badań wpływ na rozwiewanie klifu miały wiatry z sektora SW-ENE. Istotną rolę odgrywa tutaj również wielkość opadów atmosferycznych oraz temperatura i wilgotność powietrza. W okresie letnim grunt szybko ulega przesuszeniu po niewielkich opadach deszczu i już kilka godzin po wystąpieniu opadów materiał mineralny może być transportowany przez wiatr na koronę klifu.

Wybrzeże klifowe na wyspie Wolin charakteryzuje się niewielkim udziałem ciszy w ciągu roku. W latach 1996-2005 odnotowano jedynie 0,17% ciszy (na podstawie danych pochodzących z Urzędu Morskiego w Świnoujściu). Cisze notowane są znacznie częściej w Warnowie (położonym w cieniu Wołińskiej Moreny Czołowej), na tym posterunku ich udział wynosi 30%. Średnia prędkość wiatru jest wyższa w sezonie zimowym (październik – marzec  $6,3 \text{ ms}^{-1}$ ) niż w sezonie letnim (kwiecień – wrzesień  $5,7 \text{ ms}^{-1}$ ), jednak nie znajduje to odzwierciedlenia w akumulacji pokryw eolicznych na koronie klifu. W sezonie zimowym powierzchnia klifu wolniej ulega przesuszeniu i jest mniej podatna na deflację.

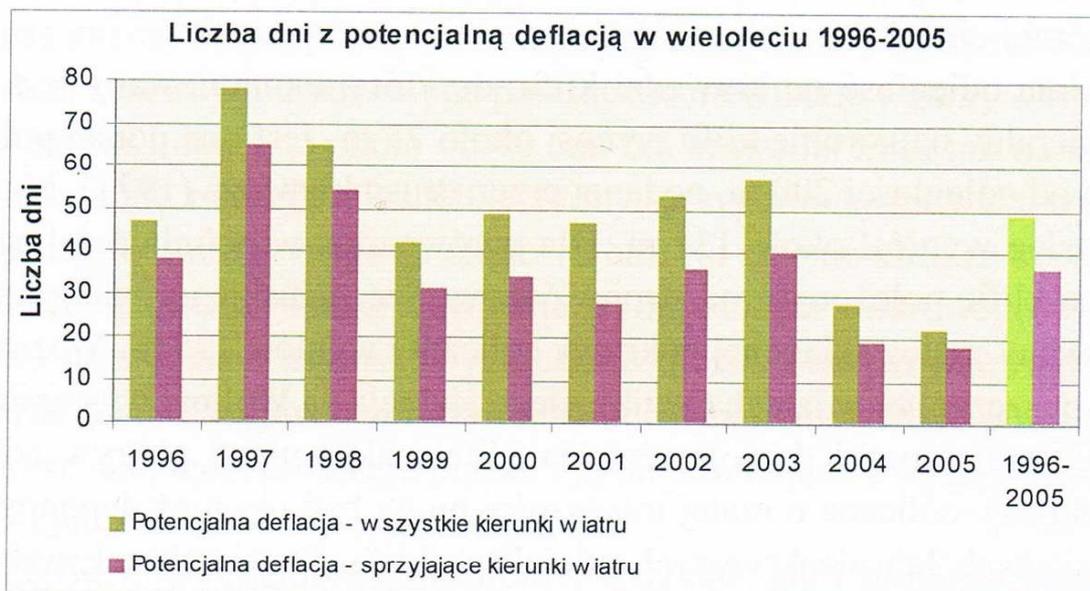
Poszczególne lata pomiarowe były zróżnicowane pod względem ilości opadów i temperatury. Według klasyfikacji termiczno-opadowej (Lorenc, 1998),

procesom eolicznym najbardziej sprzyjał rok 2003, który był normalny pod względem temperatury i suchy pod względem opadów (578,5 mm). Znalazło to odzwierciedlenie w wynikach pomiarów wielkości opadu eolicznego na koronie klifu, które dla roku 2003 były najwyższe.

Obserwacje terenowe wykonane w trakcie badań w połączeniu z analizą danych meteorologicznych umożliwiły określenie warunków termiczno-opadowo-wietrznych, sprzyjających transportowi drobnego piasku i pyłu ze skłonu klifu na jego koronę. Aby taki transport mógł wystąpić, muszą być spełnione następujące warunki (Hojan, 2007):

- suma opadów z 5 dni nie może przekroczyć 6 mm;
- średnia dobowa prędkość wiatru musi przekroczyć  $6 \text{ ms}^{-1}$ ;
- średnia dobowa wilgotność powietrza musi wynosić poniżej 95%;
- średnia dobowa temperatura powietrza musi wynosić powyżej  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  lub być poniżej  $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Dla wielolecia 1996-2005 najwięcej dni z potencjalną deflacją odnotowano w 1997 roku. Ich liczba wyniosła 78, zaś w latach pomiarowych 2001-2004 najwięcej takich dni (57) było w 2003 roku. Po uwzględnieniu kierunków wiatru z sektora SW-ENE liczba dni, w czasie których mogą być deponowane pokrywy eoliczne na koronie klifu, wynosi dla lat 1997 i 2003 odpowiednio 65 i 40. Średnia roczna z wielolecia 1996-2005 wynosi 36 dni. Duże znaczenie w tworzeniu pokryw eolicznych mają suche masy powietrza, napływające z sektora wschodniego w 22 pentadzie roku (16-20 kwietnia). Prawdopodobieństwo transportu materiału mineralnego na koronę klifu wynosi w tych dniach 30%.



Rys. 3. Liczba dni z możliwością powstawania pokryw eolicznych na koronie klifu

Fig. 3. Number of days with possibility of accumulating covers in the crown of the cliff

## Wyniki

Pokrywy eoliczne składane współcześnie na koronie klifu wolińskiego mają zróżnicowany zasięg przestrzenny i różną miąższość w zależności od odległości od źródła deflacji. Pokrywy o największej miąższości, dochodzącej do 80-100 mm, składane są podczas zdarzeń ekstremalnych w odległości kilku-kilkunastu metrów od krawędzi klifu, przy której znajduje się nisza osuwiskowo-deflacyjna. Odległość ta zależy od prędkości wiatru i wielkości wiru wstecznego, powstającego po przejściu wiatru nad górną krawędzią klifu. Odległość maksymalnej akumulacji drobnego piasku i pyłu zmienia się także w trakcie samego zdarzenia ekstremalnego wraz ze wzrostem lub spadkiem prędkości wiatru. Bardzo mały przyrost pokrywy eolicznej lub jego brak występuje na odcinkach klifu ustabilizowanego lub zbudowanego z osadów gliniastych. Skłon klifu gliniastego jest mało podatny na rozwiewanie. Może jedynie ulegać korozji przez transportowane przez wiatr ziarna drobnego piasku. Średnia ważona miąższość pokrywy eolicznej składanej w czasie badań wyniosła 1,7 mm. Wartość ta jest mniejsza od podanej przez Prusinkiewicza (1971) wartości 5 mm oraz przez Kolandra (2002) wartości 4,8 mm. W przypadku drugiego autora na wynik wpłynęła niewątpliwie wyjątkowo duża w 1997 roku liczba dni (65) z warunkami umożliwiającymi akumulację pokryw eolicznych. W pewnych przypadkach źródło materiału wynoszonego przez wiatr poza górną krawędź klifu może znajdować się na plaży. Wywiewany materiał pochodzi wówczas z podlegających korozji oraz niszczeniu antropogenicznemu piaszczysto-mułkowych stożków napływowych, znajdujących się u podnóża klifu. Jednak główne źródło materii mineralnej wynoszonej na koronę klifu znajduje się na piaszczystym skłonie klifu, szczególnie w jego górnej części.

Średnia odległość od krawędzi klifu, do której akumulowany jest materiał mineralny na koronie klifu wynosi około 75 m. Jest ona ponad połowę mniejsza od odległości 200 m, podanej przez Prusinkiewicza (1971). Maksymalny zasięg wyniósł około 131 m. Dla porównania, w południowej części wyspy, na klifie położonym od strony Zalewu Szczecińskiego, maksymalny obserwowany zasięg składanej pokrywy eolicznej wyniósł 125 m. Można zatem przypuszczać, że w latach 60. ubiegłego stulecia na Wolinie występowały korzystniejsze warunki do rozwiewania klifu i akumulacji pokryw eolicznych. Pokrywy eoliczne o małej miąższości mogą być również deponowane przy gliniastych lub nieaktywnych odcinkach klifu. Dzieje się tak wskutek transportu przez wiatr drobnego piasku i pyłu równoległe do krawędzi klifu (w pasie do 50 m od krawędzi klifu) i jego depozycji nawet w odległości do 300 m od źródła deflacji (Hojan, 2007).

Skutki działalności procesów eolicznych widoczne są również w postaci mikroform występujących zarówno na koronie klifu, jak i na jego skłonie. Można je podzielić na mikroformy erozyjne i akumulacyjne. Pierwsze z nich powstają głównie na piaszczystych i gliniasto-piaszczystych fragmentach klifu. Na morfologię form erozyjnych (rys. 4) wpływają, oprócz wiatru, również przewarstwienia mułkowe i wtrącenia żelaziste, znajdujące się w piaskach fluwioglacjalnych. Są one bardziej odporne na deflację i dzięki ich obecności na skłonie klifu powstają jamki, żłobki i nisze deflacyjne. Bezpośrednio pod koroną klifu tworzą się nisze deflacyjne. Natomiast na stożkach usypiskowych u podnóża klifu powstają często bruki deflacyjne. Na koronie klifu nie obserwowano form erozyjnych.

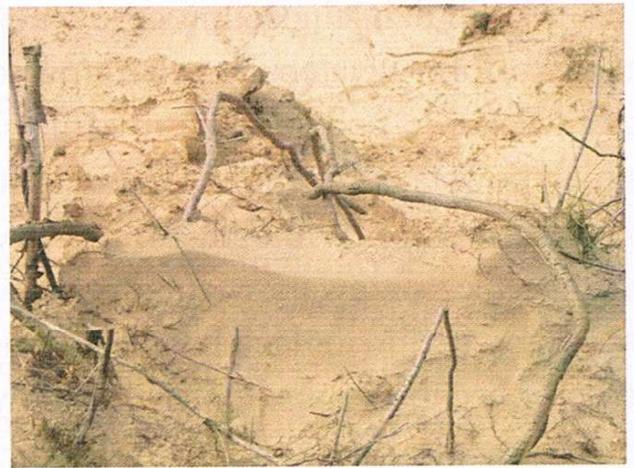


Rys. 4. Erozyjne formy eoliczne na skłonie klifu

Fig. 4. Aeolian erosion forms on the slope of the cliff

Formy akumulacyjne powstają na koronie klifu i na jego skłonie (rys. 5). Podczas intensywnych procesów eolicznych na koronie klifu za przeszkodami w postaci krzewów i drzew mogą powstawać niewielkie wydmy o wysokości do 20-30 cm i długości około 60-70 cm. Na krawędzi klifu lub na krawędzi zerw mogą się tworzyć niewielkie formy, przypominające wały wydmowe o długości do 1 m i wysokości około 10 cm. Na skłonie klifu za kępami osuwających się traw powstają niewielkie wydmy cienia wiatrowego. U podnóża klifu na stożkach usypiskowych często można obserwować ripplemarki. Do form akumulacyjnych zaliczyć można również niewielkie pokrywy oraz punktowe skupienia drobnego piasku i pyłu, powstające z wytopienia pokryw niweo-eolicznych.

Zarówno wymienione mikroformy erozyjne, jak i akumulacyjne są nietrwałe i szybko ulegają przemodelowaniu wskutek ruchów masowych na skłonie klifu oraz opadów. Szczególnie dotyczy to form powstałych z wytopienia z pokryw niweo-eolicznych.



Rys. 5. Mikroformy akumulacyjne na skłonie klifu

Fig. 5. Accumulation microforms on the slope of the cliff

## Wnioski

Współczesne procesy eoliczne na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin cechują się zróżnicowaną dynamiką w ciągu roku. Najintensywniej zachodzą w półroczu letnim, z 30% prawdopodobieństwem wystąpienia w dniach 16-20 kwietnia. W tym okresie często napływają suche masy powietrza z sektora wschodniego. Intensywna deflacja może wystąpić również latem, kiedy powierzchnia klifu szybko ulega przesuszeniu. W okresie zimowym, pomimo wyższych prędkości wiatru, transport materiału na koronę klifu jest znacznie mniejszy, głównie ze względu na większą wilgotność powietrza i przemarznięcie osadów budujących skłony klifu.

Erozji eolicznej ulega głównie klif zbudowany z piasków fluwioglacjalnych i eolicznych piasków pokrywowych. Wskutek tego na skłonie klifu tworzą się efemeryczne mikroformy erozyjne i akumulacyjne.

Duży wpływ na przyrost pokryw eolicznych na koronie klifu mają zdarzenia ekstremalne. Jednak pomimo iż zaobserwowano je w okresie badawczym, średnia ważona miąższość powstałej pokrywy eolicznej była mniejsza od podawanej w literaturze. Mogło to być spowodowane mniej sprzyjającymi warunkami termiczno-opadowo-wietrznymi oraz bardziej ustabilizowanym klifem. W wieloletniu 1996-2005 warunki sprzyjające powstawaniu na koronie klifu pokryw eolicznych występowały przez około 36 dni w roku.

Uzyskane wyniki wskazują, że procesy eoliczne mają wpływ na erozję skłonu klifu i są ważnym czynnikiem, który powinien być uwzględniany przy pomiarach tempa cofania klifu.



## Literatura

- Borówka M., 1979, *Przebieg procesów deflacji i akumulacji na powierzchni nadbrzeżnych wałów wydmowych*, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią 32, Seria A. Geografia Fizyczna. Warszawa-Poznań.
- Borówka R.K., Goslar T., Pazdur A., 1999, *Wiek struktur glacitektonicznych na wyspie Wolin w świetle danych litostratygraficznych oraz datowań radiowęglowych*, [w:] R.K. Borówka (red.), *Problemy geologii, hydrogeologii i ochrony środowiska wybrzeża morskiego Pomorza Zachodniego*, Sesja referatowa i konferencje terenowe, LXX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Szczecin.
- Borówka M., Rotnicki K., 1995, *Balance of the aeolian sand transport on the beach and the problem of sand nourishment of the active dune field on the Łeba Barrier*. [w:] K. Rotnicki (red.), *Polish Coast. Past, Present and Future*, Special Issue No 22, Journal of Coastal Research. An International Forum for the Litoral Sciences, Quaternary Research Institute, A. Mickiewicz University, Poznań.
- Borówka M., Rotnicki K., 1999, *Problem głównych kierunków transportu eolicznego piasku oraz jego budżetu na plaży barier piaszczystych (na przykładzie Mierzei Łebskiej)*, [w:] R.K. Borówka, Z. Młynarczyk, A. Wojciechowski (red.), *Ewolucja geosystemów nadmorskich południowego Bałtyku*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań – Szczecin.
- Borówka R.K., 1980a, *Współczesne procesy transportu i sedymentacji piasków eolicznych oraz ich uwarunkowania i skutki na obszarze wydm nadmorskich*, PTPN Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej 20, Warszawa – Poznań.
- Borówka R.K., 1980b, *Present day dune processes and dune morphology on the Łeba Barrier, Polish coast of the Baltic*, Geografiska Annaler 62A.
- Borówka R.K., 2001, *Natężenie transportu eolicznego i jego uwarunkowania na obszarze wydm nadmorskich Mierzei Łebskiej*, [w:] K. Rotnicki (red.), *Przemiany środowiska geograficznego nizin nadmorskich południowego Bałtyku w vistulianie i holocenie*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Carter R.W.G., 1998, *Coastal Environments*, Academic Press, London.
- Carter R.W.G., Wilson P., 1993, *Aeolian processes and deposits in northwest Ireland*, [w:] K. Pye (ed.), *The Dynamics and Environmental Context of Aeolian Sedimentary Systems*, Geol. Soc. Spec. Publ. 72.
- Florek W., Grabowska-Dzieciatko A., Majewski M., 2001, *Dynamika zmian nadbrzeża morskiego na wschód od Ustki*, Geologia i geomorfologia po-brzeża i południowego Bałtyku, Słupsk.

- Haslett S.K., Davies P., Curr R.H.F., 2000, *Geomorphologic and palaeoenvironmental development of Holocene perched coastal dune systems in Brittany, France*, Geografiska Annaler 82A.
- Hesp P.A., Short A.D., 1999, *Barrier morphodynamics*, [w:] A.D. Short (ed.), *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*, Wiley, London.
- Hildebrandt-Radke I., 1999, *Bilans transportu eolicznego na plaży Mierzei Gardnieńsko-Łebskiej*, [w:] R. K. Borówka, Z. Młynarczyk, A. Wojciechowski (red.), *Ewolucja geosystemów nadmorskich południowego Bałtyku*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań – Szczecin.
- Hojan M., 2003, *Zmienność depozycji eolicznej na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin w latach 2001-02*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, Materiały konferencyjne, Poznań.
- Hojan M., 2006, *Uwarunkowania, przebieg i skutki procesów eolicznych na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin w latach 2001-2004*, VII konferencja geologia i geomorfologia Pobrzeża i południowego Bałtyku, Słupsk - Ustka, 8-10 czerwca 2006.
- Hojan M., 2007, *Uwarunkowania, przebieg i skutki procesów eolicznych na wybrzeżu klifowym wyspy Wolin*, rozprawa doktorska, maszynopis, IGiG UAM Poznań.
- Jackson D.W.T., Nevin G.H., 1992, *Sand transport in a cliff top dune system at Fonte de Telha, Portugal*, [w:] C. Carter, S. Sheeby (eds.), *Coastal dunes*, Rotterdam.
- Jennings J.N., 1967, *Cliff-top dunes*, Australian Geographical Studies 5.
- Kolander R., 2002, *Źródła dostawy i drogi przepływu materii do geoekosystemu zlewni jeziora Gardno*, rozprawa doktorska, maszynopis.
- Lorenc H., 1998, *Ocena stopnia realizacji programu „obserwacje meteorologiczne i badania klimatyczne w systemie zintegrowanego monitoringu środowiska” oraz synteza uzyskanych wyników badań za okres 1994-1997*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geoekosystemów Polski*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Łabuz T.A., 2004, *Coastal dune development under natural and human influence on Świna Gate Barrier (Polish coast of Pomeranian Bay)*, [w:] G. Schernewski, N. Löser (red.), *Managing the Baltic Sea*, Coastline Reports 2, EUCC.
- Łabuz T.A., 2005a, *Present-day dune environment dynamics on coast of Świna Gate Barrier (West Polish coast)*, Estuarine Coastal and Shelf Science 62.

- Łabuz T.A., 2005b, *Brzegi wydmowe polskiego wybrzeża Bałtyku*, Czasopismo Geograficzne 76 (1-2).
- Marsz A., 1966, *Geneza wydm łebskich w świetle współczesnych procesów brzegowych*. PTPN, Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej 4 (6), Poznań.
- Miszalski J., 1973, *Współczesne procesy eoliczne na pobrzeżu słowińskim. Studium fotointerpretacyjne*, Dokumentacja Geograficzna 3, IG PAN Warszawa.
- Prusinkiewicz Z., 1971, *Nasypy przyklifowe – nowy typ gleb morskiego pobrzeża*, Zeszyty Naukowe UMK w Toruniu, Geografia 26 (8), s. 133-157.
- Reinhard H., 1953/54, *Klifftranddünen und Branddungshöhlen der Insel Hiddensee*, Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Greiswald. Jahrgang III, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe Nr 8.
- Rosa B., 1963, *O rozwoju morfologicznym wybrzeża Polski w świetle dawnych form brzegowych*, Studia Societatis Scientiarum Toruniensis, sectio C, nr 6, PWN Warszawa.
- Saye S.E., Pye K., Clemmensen L.B., 2006, *Development of a cliff-top dune indicated by particle size and geochemical characteristics: Rubjerg Knude, Denmark*, Sedimentology 53.