

Józef Wojtanowicz*

WSPÓŁCZESNE PROCESY EOLICZNE W EUROPIE

Contemporary aeolian processes in Europe

Abstract: Aeolian processes nowadays belong to the most important exogenetic processes forming the European landscape. On the one hand, these processes are developing under natural conditions in the areas beyond the extent of forest and compact plant cover, i.e. in the far North (polar countries), in the semi-desert on the Caspian Sea, in the upper parts of mountains, on sea coasts, and on the other hand in anthropogenically transformed areas, i.e. mostly in arable land.

The following types of contemporary aeolian processes in Europe are distinguished and described: 1) dust storms and aeolian dust deposition, 2) wind erosion of soils and dune deflation, 3) aeolian processes in river valleys, 4) aeolian processes in mountains, 5) aeolian processes on sea coasts. The first two processes (dust storms and wind erosion) are the most important. Their significance results from the common occurrence (Fig. 1) and real and potential intensity of these phenomena – including extreme ones. They can cause heavy economic losses.

Key words: contemporary eolian process, dust storms, eolian dust, wind erosion, deflation, gelideflation, coastal dunes, beach

Słowa kluczowe: współczesny proces eoliczny, burze pyłowe, pył eoliczny, erozja wietrzna, deflacja, gelideflacja, wydmy nadbrzeżne, plaża

Procesy eoliczne należą do jednych z głównych procesów egzogenicznych. Ich rola w kształtowaniu rzeźby Europy jest współcześnie i była w całym czwartorzędzie szczególnie duża. O szczególnej roli procesów eolicznych w Europie możemy mówić, mimo że nie ma tu pustyń zwrotnikowych – naturalnych aren działalności eolicznej. Odwrotnie, przeważają średnie szerokości geograficzne z roślinnością leśną, a klimat jest umiarkowany. Jakie więc specjalne, dodatkowe uwarunkowania należałoby w kontekście procesów eolicznych wymienić.

* Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Instytut Nauk o Ziemi, Zakład Geografii Fizycznej i Paleogeografii, e-mail: ewa.sadowska@poczta.umcs.lublin.pl

Po pierwsze, Europa, mimo że jest małym kontynentem, jest bardzo zróżnicowana pod względem warunków przyrodniczych. Krańce północne Europy leżą poza zasięgiem geograficznej granicy lasów. Z kolei w Europie SE występuje południowa granica lasów a na południe od stepów mamy słone półpustynie. Także w wysokich górach Europy występuje górna granica lasu. Dogodną areną działalności eolicznej są także duże doliny rzeczne i wybrzeża morskie o wyjątkowo długiej linii.

Po drugie, w czwartorzędzie zaistniały w Europie warunki niezwykle sprzyjające do rozwoju procesów eolicznych. Europa była wielokrotnie zlodowacona, a po zlodowaceniach tych pozostały miększe pokrywy osadów luźnych, terygenicznych, łatwo podlegających deflacji. Działalność eoliczna szczególnie silnie zaznaczyła się w strefach peryglacialnych, związanych z poszczególnymi zlodowaczeniami, które za każdym razem zajmowały rozległe obszary Europy. W efekcie powstały lessy, pokrywy pylaste i wydmy śródlądowe. W holocenie powstały wydmy nadbrzeżne. Po trzecie wreszcie, Europa ma krajobraz silnie przekształcony w wyniku gospodarczej działalności człowieka. Jest to krajobraz rolniczy, w którym grunty orne przeważają nad obszarami leśnymi. Ten czynnik zdecydowanie wpłynął na zwiększenie zasięgu przestrzennego oddziaływania współczesnych procesów eolicznych. W konsekwencji około 70% powierzchni Europy jest pod wpływem mniej lub bardziej efektywnej działalności eolicznej.

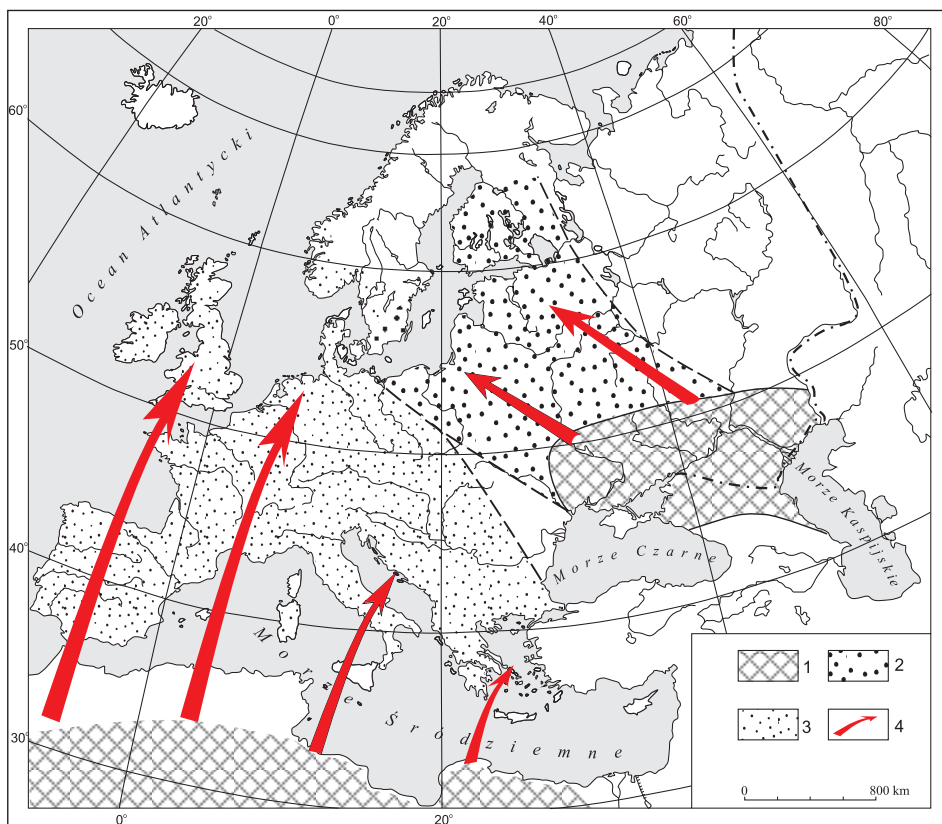
Przedstawione powyżej uwarunkowania, zarówno te naturalne, jak i antropogeniczne, pozwalają wydzielić następujące typy współczesnych procesów eolicznych w Europie:

1. Burze pyłowe i opad pyłu eolicznego
2. Erozja wietrzna gleb i rozwiewanie wydmy
3. Procesy eoliczne w dolinach rzecznych
4. Procesy eoliczne w górach
5. Procesy eoliczne na wybrzeżach morskich

BURZE PYŁOWE I OPAD PYŁU EOLICZNEGO

Burze pyłowe należą do ekstremalnych procesów eolicznych. Powstają przy silnych wiatrach – powyżej 10 m/s i wywołują zjawisko głębokiej masowej deflacji oraz daleki najczęściej transport materii skalnej frakcji pylastej (Nalivkin 1969; Wojtanowicz 1972, 1976, 2007).

Europa w znacznym stopniu objęta jest działaniem burz pyłowych, co dokumentuje przedstawiona mapa (ryc. 1). Wydzielają się dwa różne genetycznie obszary burzowe. Pierwszy z nich wiąże się z burzami występującymi w Europie południowo-wschodniej, na stepach Ukrainy i Rosji. To rodzimy, europejski,



Ryc. 1. Burze pyłowe i opad pyłu eolicznego w Europie

1 – obszar występowania burz pyłowych, 2 – obszar opadu pyłu pochodzenia europejskiego, 3 – obszar opadu pyłu pochodzenia afrykańskiego, 4 – kierunki nawiewania pyłu eolicznego.

Fig. 1. Dust storms and aeolian dust deposition in Europe

1 – area of dust storm occurrence, 2 – deposition area of dust of European origin, 3 – deposition area of dust of African origin, 4 – directions of aeolian dust blowing.

autochtoniczny obszar burz pyłowych. Tu rodzą się burze, a w ich efekcie wynoszone są pyły eoliczne, głównie do Europy środkowej, m.in. do Polski i do Skandynawii. Burze pyłowe tego pierwszego typu mają w jakimś stopniu podłoże antropogeniczne, powstają bowiem na obszarze gruntów ornych. Podobny typ mają burze pyłowe na preiach Ameryki Północnej. Europejskie burze pyłowe występują corocznie, a szczególnie silne burze powtarzają się średnio co 10 lat (Vasiliev i in. 1988).

Drugi typ obszarów burzowych w Europie to obszar opadu pyłu eolicznego pochodzenia afrykańskiego. Obejmuje on głównie Europę Południową i Europę Zachodnią (Rapp, Nihlén 1991; Littmann 1991). Są to pyły związane z burzami pyłowymi, powstającymi na Saharze. Sahara jest współcześnie globalnym cen-

trum dostawy do atmosfery pyłu mineralnego. Główna masa pyłu poprzez pasaty wynoszona jest do Oceanu Atlantyckiego, ale także na wschód do Azji Mniejszej i na północ, właśnie do Europy. Należy podkreślić dużą rolę pyłów z pustyni Sahary w sedymentacji czwartorzędowej – plejstoceńskiej i holocenijskiej. I tak, taką genezę mają perydesertyczne lessy Afryki Północnej, Izraela i południowej Europy. Niektórzy autorzy, na przykład Rapp (1984), wysuwają nawet hipotezę, że czerwono-brunatne gleby terra rossa, na przykład w Hiszpanii, powstały w wyniku sedymentacji eolicznej pyłów afrykańskich.

W obszarach polarnych i subarktycznych – w strefie tundry wschodniej Europy i na wyspach północnych, na przykład na Spitsbergenie, występują tzw. szaro-białe burze pyłowe (w odróżnieniu od czarnych burz nadczarnomorskich i żółto-brunatnych burz afrykańskich), które mają jednak charakter wyłącznie lokalny (Wojtanowicz 1972, 1976). Lokalne burze pyłowe mogą także, przy silnym wietrze wystąpić i w innych obszarach, nawet w zachodniej Europie, jak np. w środkowoniemieckim obszarze lessowym burze w marcu 1953 roku (Grosse 1956).

Wielkość deflacji i akumulacji pyłów związanych z burzami pyłowymi w Europie jest trudna do racjonalnej oceny. Przyjąć można, że tempo akumulacji pyłów eolicznych dalekiego transportu, rzędu setek kilometrów i paru tysięcy kilometrów (1–4 tys. km) wynosi średnio 1–5 g/m²/rok (1–5 t/km²/rok). W obszarach rodzimych burz wartości te mogą być od 50 do 100 razy większe. Stosując inne mierniki wyliczono (Keś, Fedorowicz 1976), że intensywność sedymentacji pyłów w suchym stepie pod Odessą w ciągu ostatnich 2 tys. lat zachodziła z intensywnością 2 mm/rok, a w strefie lasostepu pod Kurskiem 0,2 mm/rok.

EROZJA WIETRZNA GLEB I ROZWIEWANIE WYDM

Erozja wietrzna gleb związana jest z obszarami upraw rolnych. Występuje powszechnie – od południowej Europy (López 1998; Ries, Langer, Rehberg 2000) przez zachodnią (Fullen 1985; Goossens, Gross 2002) po Skandynawię (Vuorela 1983), środkową Europę (Švehlik 2000; Wojtanowicz 1991; Haskevych 2004) po lasostep i step wschodniej Europy (Smirnova 1985). Erozja gleb zachodzi przy mniejszych niż w przypadku burz pyłowych prędkościach wiatrów. Tak zwana progowa prędkość wiatru zależy od rodzaju gleby, rozmiaru cząstek, od stopnia wilgotności i innych. Generalnie można przyjąć, że erozja gleb zachodzi przy szybkościach wiatru ≥ 3 m/s. Erozja powoduje zmianę składu mechanicznego (agregatowego) gleb, ich przesuszenie i straty humusu.

Erozja wietrzna występuje głównie wiosną i jesienią, kiedy gleba nie jest utrwalona pokrywą roślinną. Pewną rolę, głównie w Europie Środkowej, w Skan-

dynamii i w części Europy Wschodniej – tam gdzie występuje pokrywa śnieżna – odgrywa erozja niveo-eoliczna.

Intensywność erozji wietrznej gleb jest przestrzennie – regionalnie i lokalnie bardzo zróżnicowana. Najwyższa jest w stepowej Europie Wschodniej, później w Środkowej, następnie w Zachodniej i Południowej, a najmniejsza w Europie Północnej. Tytułem przykładu można podać, że w Polsce (Europa Środkowa), gdzie zjawisko współczesnych procesów eolicznych jest dobrze rozpoznane, intensywność tych procesów, w tym erozji gleb można ocenić, w wartościach średnich, na 100–500 t/km²/rok (Wojtanowicz 1991; Repelewska-Pękalowa, Pękała 1991; Kostrzewski, Stach, Szpikowski 1994). Natomiast w Europie Południowej, natężenie procesów erozji jest, jak się wydaje mniejsze, chociaż zgodnie z danymi obserwacyjnymi dość rozbieżne – od 10–100 t/km²/rok na Krecie (Pye 1992) do 0,1–1,8 t/km²/rok w basenie Ebro w Aragonii (Ries, Langer, Rehberg 2000).

Drugą przestrzenią geograficzną uwarunkowaną antropogenicznie, na której rozwijają się procesy eoliczne są plejstocenijskie wydmy śródlądowe. Występują głównie na Niżu Europejskim – w Polsce, Niemczech, na Polesiu, na Węgrzech, ale także w Finlandii. Były one w różnych fazach mezolitu i neolitu obiektem osadniczym. Ich obecne wylesianie, także pod budownictwo, ale częściej dla eksploatacji piasku, bądź nawet zajęcia ich pod uprawę powoduje ich rozwiewanie. Niekiedy następstwem tego rozwiewania jest szybkie, wręcz gwałtowne przemieszczanie poszczególnych wydm i powstawanie nowych wydm. Proces ten może powodować straty gospodarcze w uprawach i inne. Przeprowadzono specjalne studia erozji wietrznej w obszarze piasków rozwiewanych na Węgrzech – na międzyrzeczu Dunaju i Cisy i w Nyirşegu, gdzie erozja ta powoduje straty w uprawach winnej latorośli (Borsy 1971).

PROCESY EOLICZNE W DOLINACH RZECZNYCH

Doliny rzeczne, jeśli ograniczymy je tylko do strefy przykorytowej, możemy uważać za naturalną arenę działania współczesnych procesów eolicznych. Zachodzą one w większych rzekach o szerszych łóżyskach, gdzie występują łąchy, wyspy i inne formy korytowe oraz podcięcia erozyjne. Proces eoliczny może zachodzić w ciągu całego roku, także w lecie, ale ze względu na specyficzne warunki hydrologiczne tylko przy silnych wiatrach, o prędkościach $\geq 8\text{--}10$ m/s (Wojtanowicz 1990). Efekty działania tych procesów na lądzie europejskim nie są bliżej rozpoznane, są też tylko sporadycznie badane. Na przykład pomiary przeprowadzone w dolinie Wisły koło Siekierok przez jeden rok w specjalnie zainstalowanych skrzynkach – łapaczach dały wynik 15 000 t/km². To ilość materiału eolicznego dostarczonego do koryta rzeki (Laskowski 1981).

Dostarczanie materiału eolicznego do koryt rzecznych następuje także, i to jak się wydaje, bardzo efektywnie, w procesie niveo-eolicznym. Autor miał możliwość obserwacji tego zjawiska zarówno na dalekiej północy w strefie subarktycznej (na Spitsbergenie), jak i w Europie Środkowej (na Lubelszczyźnie).

W obszarach subarktycznych i arktycznych osady niveo-eoliczne odgrywają w ogóle dużą rolę. W dolinach rzecznych są to laminowane osady pylasto-piaszczyste o genezie fluwialno-eolicznej, lub nawet utwory pylaste – niekiedy raczej mylnie nazywane lessami (Bryant 1982).

PROCESY EOLICZNE W GÓRACH

Góry stwarzają specyficzne, odmienne od obszarów nizinnych warunki rozwoju procesów eolicznych. Ta specyfika środowiska w kontekście działania wiatru wynika z następujących przesłanek:

- najpierw z orografii: góry stanowią naturalną przeszkodę – „barierę” wysokościową na drodze działania wiatru
- następnie z rzeźby: istnienie grzbietów, grani lub płaskich wierzchołków, dolin rzecznych, przełęczy i ukierunkowania form rzeźby
- z piętrowości klimatycznej gór, gdzie powyżej pewnej wysokości panuje klimat zimny o cechach peryglacjalnych
- z piętrowości szaty roślinnej: istnienie górnej granicy lasu

Z tych uwarunkowań środowiskowych wynika specyficzny charakter procesu eolicznego i jego morfogenetyczna efektywność. Generalnie proces ma charakter deflacyjno-korazyjny, a jego efektywność jest zróżnicowana przestrzennie – ma cechy piętrowości i pasmowości (grzbiety, przełęcze, doliny) w pojęciu geomorfologicznym. Dodatkowo możemy mówić o pewnej selektywności geomorfologicznej w procesie eolicznym. Polega ona na tym, że deflacja następuje na stoku dowietrznym a akumulacja na stoku zawietrznym. Produkty deflacji przenoszone są przez wiatr także w górę, wzdłuż stoku, żlebów, dolin.

W wyższych partiach gór, powyżej górnej granicy lasu w zimnym klimacie, gdzie następuje silne wietrzenie mrozowe ma miejsce współdziałanie wiatru z procesami kriogenicznymi. Proces ten nazywany jest gelideflacją, a w efekcie jego działania powstają „wiatrowe grunty strukturalne”, tworzące charakterystyczny mikrorelief współczesnego peryglacjału górskiego Europy. Składają się na niego nisze deflacyjne z rozwiniętym w dnie niszy brukiem deflacyjnym oraz blizny deflacyjne, pasy eoliczne, girlandy i terasetki eoliczne. Opisane zostały z Tatr (Kotarba 1983), z Gór Skandynawskich i ze Szkocji (Rączkowska 2007). W Grampianach w Szkocji na wysoko położonych plateau występuje pokrywa eoliczna, złożona głównie z piasków o miąższości 2–4 m. Utwór ten osadzony został w całości w holocenie, z tym, że górna jego część o miąższości 0,4 m

zaczęła tworzyć się, jak wykazały datowania OSL, w małej epoce lodowej, a główne nasilenie procesu eolicznego przypadło na XX wiek. Średnie tempo tej współczesnej akumulacji wyniosło 3,3–4,9 mm/rok, przy wartości 0,11–0,22 mm/rok dla dolnej części serii – akumulacji holocenińskiej (Morrocco i in. 2007). Badania nad intensywnością współczesnych procesów w polskich górach dały następujące wyniki: za okres 1975–1979 w Tatrach 1–265 t/km² (Izmailów 1984), w Sudetach 500 t/km² w okresie zim 1963–1966 (Jahn 1969), w Bieszczadach (110–900 t/km²) dla trzech zim 1965–1967 (Pękała 1970).

PROCESY EOLICZNE NA WYBRZEŻACH MORSKICH

Procesy eoliczne nad brzegami mórz działają w złożonych warunkach geograficznych, w których stykają się i wzajemnie na siebie oddziałują czynniki geologiczno-geomorfologiczne lądowe i czynniki oceanologiczne. W efekcie współdziałania tych czynników wytwarza się pewna strefa, w której proces eoliczny działa aktywnie i efektywnie. Strefa ta obejmuje pas wydm nadmorskich i pas plaży. Te nadbrzeżne procesy eoliczne, w efekcie, których powstają wydmy nadmorskie (ang. *coastal dunes*) mają globalne rozprzestrzenienie – występują na wszystkich kontynentach i w różnych strefach klimatycznych – od tropików po obszary polarne (Pye 1983). W Europie, pasy wydm nadmorskich występują nad morzami: Czarnym, Północnym, Bałtyckim i Barentsa oraz nad Oceanem Atlantyckim. Występują na różnych typach wybrzeży: mierzejowym, limanowym i na różnych formach rzeźby: kosach, przesypach, barach, terasach. Same wydmy mają formę najczęściej wałów, niekiedy barchanów i wyjątkowo wydm parabolicznych, jak na przykład w Szkocji (Ritchie 1992). Powstały w holocenie, a proces ten w niektórych fragmentach wybrzeży nadal jest żywy. Współcześnie więc następuje tworzenie się wydm, jak również przewiewanie wydm starszych, jeśli pozbawione zostają pokrywy roślinnej. Przykładem żywych procesów wydmotwórczych są wydmy łebskie. Stwierdzono, że tempo przemieszczania się wydm łebskich wynosi średnio kilka metrów rocznie (3–10 m/rok), a maksymalnie kilkanaście metrów rocznie (Miszalski 1973; Borówka 1980). Wydmy na Mierzei Łebskiej należą, obok wydm na wybrzeżu francuskim (tzw. landów) do najwyższych w Europie.

Procesy eoliczne na plaży są mniej zbadane, przynajmniej pod względem ilościowym. Zachodzą przy wietrze > 5 m/s. Transport materiału odbywa się wzdłuż plaży – równoległe do linii brzegowej lub poprzecznie – od morza w kierunku lądu i odwrotnie od lądu do morza.

UWAGI KOŃCOWE

1. Współczesne procesy eoliczne działają w Europie zarówno w warunkach naturalnych, jak i antropogenicznych. Do naturalnych środowisk zaliczyć należy wybrzeża morskie, obszary subarktyczne i pustynne (półpustynne), góry powyżej górnej granicy lasów i doliny rzeczne. Z chwilą powstania krajobrazów rolniczych (neolit) wzrosła rola procesów eolicznych w modelowaniu rzeźby. Warunki, jakie stworzył krajobraz rolniczy można porównać do warunków peryglacjalnych, jakie istniały w okresach glacialnych plejstocenu. Porównywalny wydaje się być charakter i efektywność procesów eolicznych.
2. Największe zróżnicowanie procesów eolicznych i największe ich natężenie występuje właśnie na obszarach rolniczych. Występują tu burze pyłowe, erozja wietrzna gleb, procesy niveo-eoliczne. Prowadzi to do deflacji o natężeniu do 100–500 t/km²/rok, a także w strefie stepów do akumulacji pyłu w tempie 0,2 mm/rok. Podobną intensywność procesu eolicznego obserwujemy także w górach, powyżej górnej granicy lasu. Ma tam miejsce współdziałanie wiatru z procesami kriogenicznymi, co prowadzi do tzw. gelideflacji.
3. Spektakularnym przejawem współczesnych procesów eolicznych działających w warunkach naturalnych są wydmy nadbrzeżne. W klasycznym wykształceniu występują na południowym wybrzeżu Bałtyku (np. wydmy łebskie) i na wybrzeżu O. Atlantyckiego (np. landy).

Literatura

- Borówka R. K., 1980. *Współczesne procesy transportu i sedymentacji piasków eolicznych oraz ich uwarunkowania i skutki na obszarze wydym nadmorskich*. PWN, Warszawa.
- Borsy Z., 1971, Studies on wind erosion in the wind-blown sand areas of Hungary. *Acta Geographica Debrecina* X, 123–132.
- Bryant J. D., 1982. Loess deposits in lower Adventdalen, Spitsbergen. *Polar Research* 2, 93–103.
- Fullen M. A., 1985. Wind erosion of arable soils in East Shropshire (England) during spring 1983. *Catena* 12, 2–3, 111–120.
- Goossens D., Gross J., 2002. Similarities and dissimilarities between the dynamics of sand and dust during wind erosion of loamy sandy soil. *Catena* 47, 4, 269–289.
- Grosse B., 1956. Die Erodierbarkeit von Böden durch Wind. *Geol. Jb* 71, 527–530.
- Haskevych V., 2004. Deflation processes in agrolandscapes of Smal Polissya (in. ukr., sum.), *Fizična geografija ta geomorfologija*, 46, 2, 39–46.
- Izmaïłow B., 1984. Eolian processes in Alpine belts of the high Tatra Mountains, Poland. *Earth Surface Processes and Landforms* 9, 143–151.
- Jahn A., 1969. Niweo-eoliczne procesy w Sudetach i ich działanie na glebę. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich* 5, 18, Kraków, 53–92.

- Keš A. S., Fiedorovič W. B. A., 1976. Procesy formirovania eołovogo miełkoziema v prostranstve i vo vremeni. *Geomorphology and Paleogeography*, sct. 1, INQUA 76, Moskva, 160–164.
- Kostrzewski A., Stach A., Szpikowski J., 1994. Transport i opad eoliczny jako wskaźnik erozji gleb (Pojezierze Drawskie, Równina Wrzesińska). *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* CCLXVI, Poznań, 201–209.
- Kotarba A., 1983. Współczesne procesy eoliczne i stabilizacja zdegradowanych wierzchołw grzbietowych w piętrze halnym Tatr Polskich. *Przegląd Geogr.* 55, 1, 171–182.
- Laskowski K., 1981. Wpływ wydm i procesów eolicznych na kształtowanie się dolin rzek nizinnych u schyłku plejstocenu i holocenu. *Kwart. Geol.* 25, 2, 399–412.
- Littmann T., 1991. Recent African dust deposition in West Germany – sediment characteristics and climatological aspects. *Catena* Supplement 20, 57–73.
- López M. V., 1998. Wind erosion in agricultural soils: an example of limited supply of particles available for erosion. *Catena* 33, 1, 17–28.
- Miszalski J., 1973. Współczesne procesy eoliczne na Pobrzeżu Słowińskim – Studium fotointerpretacyjne. *Dok. Geogr.* 3, Warszawa, 1–150.
- Morrocco S. M., Ballantyne C. K., Spencer J. Q. G., Robinson R. A. J., 2007. Age and significance of aeolian sediment working on high plateaux in the Scottish Highlands. *The Holocene* 17, 3, 349–360.
- Nalivkin D. V., 1969. *Uragany, buri i smerči – Geografičeskije osobienosti i geologičeskaja diejatielnost'*. Nauka, Leningrad.
- Pękala K., 1970. Rumowiska skalne i współczesne procesy morfogenetyczne w Bieszczadach Zachodnich. *Ann. UMCS*, sec. B, 24, Lublin, 47–98.
- Pye K., 1983. Coastal dunes. *Progress in Physical Geography* 7, 4, 531–557.
- Pye K., 1992. Aeolian dust transport and deposition over Crete and adjacent parts of the Mediterranean Sea. *Earth Surface Processes and Landforms* 17, 3, 271–288.
- Rapp A., 1984. Are terra rossa in Europe eolian deposits from Africa? *Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar* 105, 2, 161–168.
- Rapp A., Nihlén T., 1991. Desert dust-storms and loess deposits in North Africa and South Europe. *Catena* Supplement 20, 43–55.
- Rączkowska Z., 2007. Współczesna rzeźba peryglacialna wysokich gór Europy, *Prace Geogr. IG PAN* 212, Warszawa.
- Repelewska-Pękalowa J., Pękala K., 1991. Natężenie erozji eolicznej gleb na Lubelszczyźnie, [w:] *Erozja gleb i jej zapobieganie*, Akademia Rolnicza w Lublinie, Lublin, 293–302.
- Ries J. B., Langer M., Rehberg C., 2000. Experimental investigation on water and wind erosion on abandoned fields and arable land in the Ebro Basin, Aragón/Spain, *Zeitschrift f. Geomorph.* N. F., Suppl.-Bd 121, 91–108.
- Ritchie W., 1992. Coastal parabolic dunes of the Sands of Forvie. *Scottish Geogr. Magazine* 108, 1, 39–44.
- Smirnova L. E., 1985. *Vetrovaja erozija počv*. Izd. Mosk, Un-ta, Moskva.
- Švehlik R., 2000. Influence of anthropogenous activities on the spread of wind erosion, [w:] A. T. Jankowski, I. I. Pirozhik (red.), *Nature use in the different conditions of human impact*, Minsk-Sosnowiec, 85–90.
- Vasiliev J. I., Sazhin A. N., Dołgilevitsch M. I., Florova L. S., 1988. Pylnye buri na jugie Russkoj ravniny, *Izv. AN SSSR, Ser. Geogr.* 1988/3, 95–101.

- Vuorela I., 1983. Field erosion by wind as indicated by fluctuations in the ash content of Sphagnum peat. *Bull. Geol. Soc. Finland* 55, 1, 25–33.
- Wojtanowicz J., 1972. Burze pyłowe i ich znaczenie geomorfologiczne w świetle dotychczasowych badań. *Czas. Geogr.* 43, 3, 265–294.
- Wojtanowicz J., 1976. Występowanie i intensywność współczesnych procesów wywiewania i akumulacja pyłu eolicznego. *Biul. Inst. Geol* 297, Z badań czwartorzędu w Polsce 18, 93–102.
- Wojtanowicz J., 1990. Procesy eoliczne, [w:] M. Bogacki (red.), Współczesne przemiany rzeźby Polski Południowo-Wschodniej, *Prace Geogr.* 153, 99–107.
- Wojtanowicz J., 1991. Procesy eoliczne, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa, 427–430.
- Wojtanowicz J., 2007. Zjawiska ekstremalne w procesie eolicznym – ich rola morfogenetyczna, [w:] E. Smolska, D. Giriat (red.), *Rekonstrukcja dynamiki procesów geomorfologicznych – formy rzeźby i osady*, Warszawa, 439–443.