

Rekonstrukcja dynamiki procesów eolicznych i czasu ich trwania na podstawie wybranych cech teksturalnych osadów wydmy w Cięciwie

Katarzyna Dzierwa*, Elżbieta Mycielska-Dowgiałło*

Reconstruction of the dynamics of aeolian processes and of their duration on the basis of selected textural features of the deposits within the dune at Cięciwa (eastern Poland). *Prz. Geol.*, 51: 163–167.

S u m m a r y. The investigations of textural features of the deposits of the dune at Cięciwa were grounded on the analysis of heavy minerals, as well as on the grain size distribution of deposits and on the rounding of quartz grains in two fractions, ϕ 8–1.0 mm and 0.4–0.63 mm. Allowing for the composition of heavy minerals and the value of weathering index, the position of the Alleröd fossil soil was established (Table 1), separating two dune series, from older and younger Dryas (Fig. 2). The examination of laminae built of grains of various size enabled to distinguish coarse and fine grain laminae. These laminae were distinguished on the basis of the limiting value of average grain diameter 1.7 phi (0.3 mm) (Fig. 3). Regarding the average grain size and the sorting degree, the dynamics and velocity of wind was defined that prevailed during the older and younger Dryas and the Holocene. During the older Dryas the wind of high variability (5–10 m/sec) prevailed, whereas during the younger Dryas and the Holocene the conditions were more stable (5–6 m/sec). The degree of rounding of quartz grains differed in the fractions 0.8–1.0 mm and 0.4–0.63 mm, in coarse and fine grain laminae (Fig. 4, 5); thus pointing to a different way of their transportation at various wind velocities (Table 2) so that their abrasion was not uniform. For the sake of comparison, analogical examinations were carried out concerning deposits that form aeolian ripplemarks in the region of Kharga, Egypt.

Key words: dune of Cięciwa, textural features of deposits, reconstruction of age, wind velocity and of movement phase of particles

Badania właściwości teksturalnych osadów wydmy w Cięciwie (ryc. 1; okolice Dębe Wielkie) były wykonywane w ramach pracy magisterskiej (Dzierwa, 2001) w latach 1991–1994. Dziewięć lat wcześniej opublikowano wyniki badań prowadzonych w obrębie tej samej wydmy przez Konecką-Betley (1982). Poświęcone były one głównie analizie i datowaniu gleb kopalnych. Autorka wyróżniła słabo wykształconą glebę biellicowaną z Allerödu oraz gleby rdzawe z przełomu okresu preborealnego i borealnego, z nałożoną niekiedy na nie glebą biellicową próchniczną z okresu atlantyckiego. Jednak szybko postępująca eksploatacja piasku wydmy nie pozwoliła w 1991 r. rozpoznać już gleby allerödskiej, wyróżnionej przez Konecką-Betley, a jedynie na podobnym poziomie warstwę z rozproszonymi drobinami węgla drzewnego. Zachowała się jedynie wyraźnie wykształcona gleba holocenska widoczna na fotografii (ryc. 2). Dokumentacja fotograficzna ilustruje też bardzo dużą zmienność uziarnienia (ryc. 3) oraz badane zmarszczki eoliczne na polach wydmy w południowym Egipcie (ryc. 4).

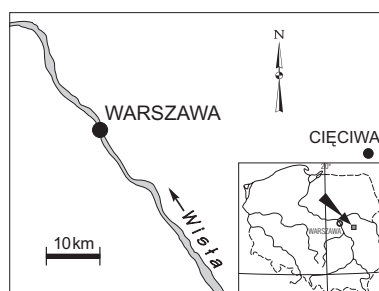
Rozpoznanie poziomów glebowych na podstawie analizy minerałów ciężkich

W cytowanej pracy, dotyczącej gleb kopalnych i reliktowych okolic Warszawy, Konecka-Betley (1982) przedstawiła wyniki analiz minerałów ciężkich z 22 próbek pobranych z 4 stanowisk wydmy (w tym dwóch stanowisk z wydmy w Cięciwie). W stanowiskach tych zostały opróbowane poziomy gleb kopalnych i podścielające je piaski wydmy. Uzyskane wyniki autorka wykorzystała jednak tylko dla określenia źródła osadów wydmy.

Analiza minerałów ciężkich pozwala natomiast obliczyć również współczynnik wietrzeniowy (Raciniowski &

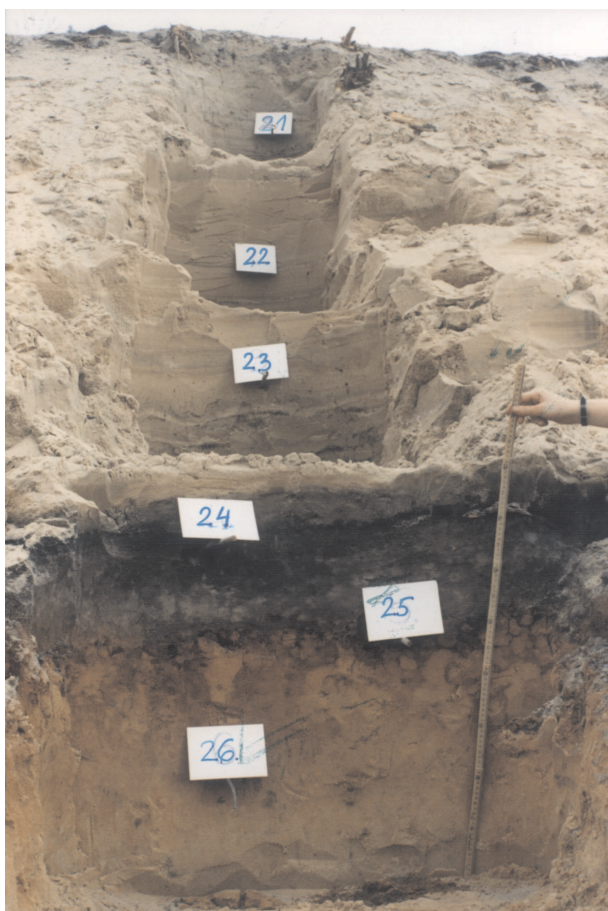
Rzechowski, 1969; Mycielska-Dowgiałło, 1995), na podstawie którego można wyznaczyć poziomy glebowe. Malejąca wartość współczynnika wskazuje na obecność takich poziomów. Wykonane obliczenia współczynnika wietrzeniowego dla 22 próbek przedstawionych w pracy Koneckiej-Betley wykazały, że wszystkie wyróżnione tam poziomy glebowe charakteryzują się wskaźnikami w przedziale 35–80 jednostek, zaś w niżej leżących piaskach wydmy wartości zawsze przekraczają 100.

Jak wspomniano powyżej w badaniach prowadzonych w obrębie wydmy w Cięciwie w 1991 r. nie stwierdzono obecności gleby z Allerödu, a jedynie, na podobnym poziomie, rozproszone okruchy węgla drzewnych. Wykonana przez autorki analiza minerałów ciężkich z osadów nadległych i podścielających poziom z węglem drzewnym wykazała, że na tym poziomie, zaznacza się wyraźne obniżenie wartości współczynnika, czyli zmniejszenie procentowej zawartości minerałów mało i średnio odpornych na wietrzenie chemiczne na korzyść minerałów trwałych (tab. 1). Wydaje się to potwierdzać obecność poziomu glebowego, w znacznej części zniszczonego później procesami deflacji (ryc. 5). Autorki są skłonne łączyć go z okresem Allerödu. Opierając się na dwóch poziomach gleb kopalnych (allerödskim i holocenskim) autorki wyróżniły trzy różnowiekowe poziomy piasku wydmy w wydmy w Cięciwie: ze starszego i młodszego dryasu oraz z holocenu (subborealny; ryc. 5).



Ryc. 1. Lokalizacja wydmy w Cięciwie
Fig. 1. Location of the dune at Cięciwa

*Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa: myc-dow@wgsr.uw.edu.pl



Ryc. 2. Poziom holocenijskiej gleby kopalnej przykrytej piaskami wydmyowymi z sub-boreału

Ryc. 2. Horizon of Holocene fossil soil covered with Sub-boreal dune sand

Cechy uziarnienia osadów eolicznych

Badania teksturalne osadów wydmyowych przeprowadzono w trzech stanowiskach (I, II i III) wydmy w Cięciwie oraz w celach porównawczych pobrano dodatkowo próbki z osadów zmarszczek eolicznych z okolic oazy Kharga w Egipcie (ryc. 4). W stanowisku I z wydmy w Cięciwie (ryc. 5), w obrębie którego rozpoznano poziom z okruchami węgla drzewnego, w niżej leżących osadach wydmyowych (ze starszego dryasu) zaznacza się bardzo duża zmienność w uziarnieniu poszczególnych lamin. Lamin drobnóżwirowe sąsiadują tutaj bezpośrednio z laminami piasku. Do badań uziarnienia osadu i obtoczenia ziarn kwarcowych wybrano 9 par próbek z lamin grubo- i drobnoziarnistych (ryc. 3, 5) oraz dodatkowo 2 próbki z lamin drobnoziarnistych. Osady lamin drobno- i gruboziarnistych rozdzielono opierając się na wartości średniej średnicy ziarna (M_z) (Folk & Ward, 1957). I tak do lamin drobnoziarnistych zaliczono te, których osady charakteryzują się wskaźnikiem M_z , o wartości wyższą niż $1,7 \phi$ ($<0,3$ mm), zaś do osadów lamin gruboziarnistych te, których wskaźnik M_z jest niższy od $1,7 \phi$ czyli $>0,3$ mm (ryc. 6). Pod względem stopnia wysortowania osady lamin drobnoziarnistych są dobrze lub średnio wysortowane, zaś osady lamin gruboziarnistych średnio i słabo wysortowane. Szczególnie słabo wysortowane są drobnóżwirowe laminy ze stanowiska I (akumulowane w starszym dryasie; ryc. 5, 6) i drobnóżwirowe laminy ze zmarszczek eolicznych z okolic oazy Khargi (ryc. 4, 6).



Ryc. 3. Lamina gruboziarnista w obrębie serii pierwszej, ze starszego dryasu

Fig. 3. Coarse grain laminae within the first series, from older Dryas



Ryc. 4. Zmarszczki eoliczne z okolic oazy Kharga w Egipcie

Fig. 4. Aeolian ripple marks from the region of Kharga oasis, Egypt

Tab. 1. Rozkład współczynnika wietrzeniowego obliczonego na podstawie analizy minerałów ciężkich z frakcji 0,16–0,125 mm, z wyróżnieniem minerałów trwałych, średniotrwałych i nietrwałych

Table 1. Distribution of the weathering coefficient calculated basing upon the analysis of heavy minerals in the fraction 0.16–0.125 mm with resistant, moderately resistant and unresistant minerals

Nr próbki	Głębokość pobrania (m)	Frakcja ciężka (ilość ziarn)	Minerały nieprzeznaczyste %	Minerały przeznaczyste (ilość ziarn)	Amfibole	Pyrokseny	Biotyt	Epidot	Granat	Syllimanit	Cyrkon	Turmalin	Rutyl	Dysten	Strauroit	Andaluzyt	Muskowit	Inne	Współczynnik* wietrzeniowy
1	1,50	584	19,69	469	8,10	0,64	0,21	21,32	53,30	0,43	1,07	4,69	0,64	-	5,54	3,20	-	0,64	113,00
2	1,80	512	19,53	412	12,14	1,95	-	17,48	48,54	0,49	-	8,98	-	-	5,10	3,64	-	0,97	113,50
3	2,10	556	26,08	411	13,38	2,92	-	18,25	53,53	0,24	-	4,87	0,24	-	4,14	9,73	-	0,97	245,26
4	2,55	550	19,69	445	10,11	1,80	-	18,65	53,26	0,45	0,67	5,62	0,22	-	4,94	2,47	-	1,12	141,82
5	2,75	531	22,60	411	13,38	1,46	-	16,06	49,88	0,97	1,95	6,33	1,22	-	4,87	2,43	-	0,73	113,27
6	2,95	517	18,36	422	11,85	0,95	-	11,85	59,24	-	1,18	7,92	0,24	-	2,84	1,90	-	0,95	115,73
7	3,05	573	22,69	443	9,03	2,26	-	12,87	56,66	0,45	0,68	7,90	-	-	3,39	4,74	-	1,13	112,25
8	3,35	518	20,27	413	15,98	0,97	-	17,43	49,15	0,97	2,42	6,78	0,24	0,73	2,91	1,69	-	0,73	158,26
10	4,52	543	21,18	428	9,45	1,40	-	18,69	54,21	0,47	0,93	4,67	0,70	0,23	4,67	4,21	-	0,47	133,56
11	5,52	495	26,26	365	9,04	1,37	-	20,55	46,58	0,27	0,55	9,86	0,55	-	4,93	5,48	-	0,82	68,70
12	5,90	479	31,31	329	9,42	0,91	-	21,88	41,64	0,61	-	9,42	-	0,30	8,21	6,38	-	1,22	79,66
15	6,15	458	26,20	338	9,17	0,59	-	16,86	50,30	0,89	0,30	7,69	-	0,59	6,21	5,92	-	1,48	91,43
16	6,50	477	27,25	347	10,66	1,15	0,29	15,56	54,76	-	1,44	8,07	-	0,86	3,17	3,17	-	0,86	92,33
17	7,05	560	23,22	430	12,09	2,09	-	18,84	47,67	1,16	0,93	6,51	0,47	0,47	5,35	3,02	0,23	1,16	174,54
18	7,30	504	23,81	384	9,90	2,60	0,26	17,45	49,48	0,26	0,78	5,73	0,52	0,26	5,21	6,25	-	1,30	131,88
19	7,45	474	24,47	358	8,38	1,12	-	15,36	58,66	0,28	1,12	6,15	-	0,28	4,19	3,63	-	1,12	15,34

■ — minerały nietrwałe ■ — minerały średniotrwałe □ — minerały trwałe, odporne na niszczenia

Badania wykonała Cichosz-Kostecka
* — Racinowski, Rzechowski, 1969

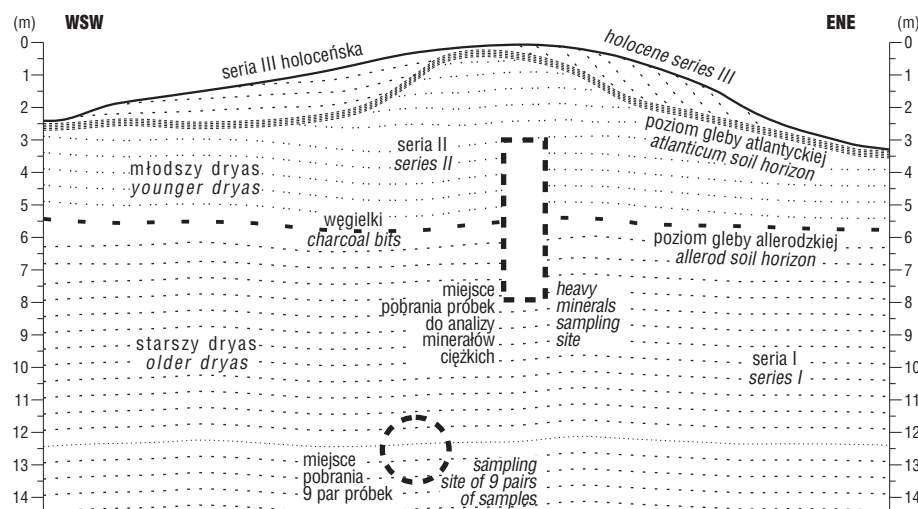
Obtroczenie ziarn kwarcowych

Analizę obtroczenia ziarn wykonano na graniformametrze Krygowskiego (Krygowski, 1964) w dwóch przedziałach wielkości ziarn kwarcowych: 0,8–1,0 mm i 0,4–0,63 mm (ryc. 7). Za miarę obtroczenia ziarn w środowisku eolicznym uznano grupę γ , czyli ziarn staczających się z płytki graniformametry do 8° jej nachylenia (Goździk, 2001). Zestawienie wykazało, że w przypadku lamin gruboziarnistych na 9 pobranych próbek w obrębie stanowiska I, w 6 przeważa wyższy udział procentowy ziarn grupy γ we frakcji 0,8–1,0 mm nad ziarnami tej grupy we frakcji

0,4–0,63 mm, a tylko w trzech rozpoznano wyższy udział procentowy ziarn kwarcowych grupy γ we frakcji 0,4–0,63 mm nad ziarnami tej grupy we frakcji 0,8–1,0 mm.

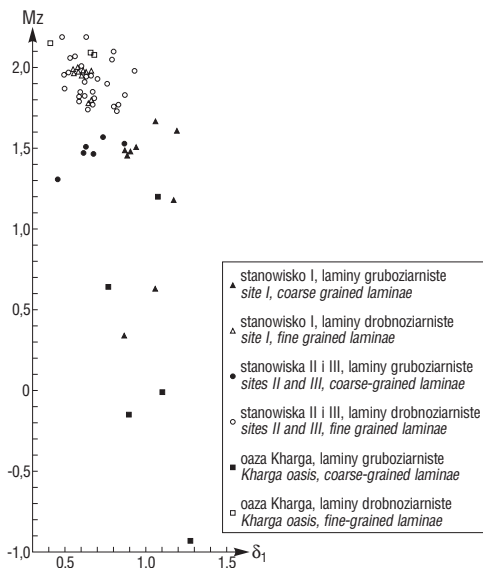
W przypadku lamin drobnoziarnistych na 11 pobranych próbek 6 z nich charakteryzuje się wyższym udziałem procentowym ziarn grupy γ we frakcji 0,4–0,63 mm nad ziarnami tej grupy we frakcji 0,8–1,0 mm (ryc. 7). Trzy próbki przeciwnie charakteryzują się wyższym procentowym udziałem ziarn grupy γ we frakcji 0,8–1,0 mm nad ziarnami tej grupy we frakcji 0,4–0,63 mm, a w przypadku dwóch próbek udział procentowy ziarn grupy γ w obu przedziałach wielkości ziarna jest identyczny (ryc. 7).

Dodatkowo pobrano 4 pary próbek z osadów grubo- i drobnoziarnistych ze współcześnie tworzących się zmarszczek eolicznych na polach wydmych w otoczeniu oazy Kharga w południowym Egipcie (ryc. 4). We wszystkich 4 próbkach pobranych z osadów gruboziarnistych przeważa wyższy udział procentowy ziarn grupy γ we frakcji 0,8–1,0 mm nad udziałem ziarn tej grupy we frakcji 0,4–0,63 mm (ryc. 7). Natomiast w osadach drobnoziarnistych w przypadku 2 próbek przeważa udział procentowy ziarn grupy γ we frakcji 0,4–0,63 mm, zaś w pozostałych 2 próbkach przeciwnie udział procentowy ziarn tej grupy we frakcji 0,8–1,0 mm.



Ryc. 5. Stanowisko I z zaznaczeniem występowania różnowiekowych serii osadowych, gleb kopalnych i miejsc poboru próbek

Fig. 5. Site I with indication of the occurrence of deposit series of various age, of fossil soils and of sampling sites

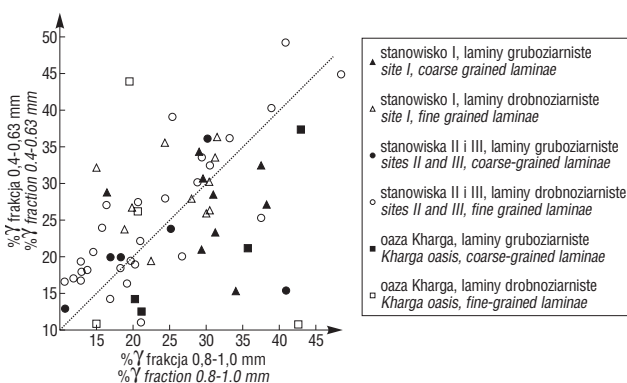


Ryc. 3. Zestawienie wskaźników uziarnienia: średniej średnicy ziarna (Mz) i stopnia wysortowania (δ_1)

Fig. 3. Relationship of granulation indices: average grained diameter (Mz) and sorting degree (δ_1)

W obrębie stanowiska III, obejmującego serię drugą akumulowaną w okresie młodszego dryasu, jak i w obrębie stanowiska II obejmującego serię trzecią akumulowaną w holocenie wyraźnie przeważają laminy składające się z osadów drobnoziarnistych. Na 28 próbek pobranych z tych lamin w przypadku 20 zaznacza się wyższy procentowy udział ziarn grupy γ we frakcji 0,4–0,63 mm nad udziałem tej grupy we frakcji 0,8–1,0 mm (ryc. 7). Jedynie w pozostałych 8 zaznacza się sytuacja odwrotna. W seriach drugiej i trzeciej w pojedynczo występujących laminach gruboziarnistych w 6 pobranych próbkach, jedynie w 2 zaznacza się wyższy procentowy udział ziarn grupy γ we frakcji 0,8–1,0 mm w pozostałych 4 występuje się sytuacja odwrotna.

Rozpatrując stopień obtoczenia ziarn kwarcowych we wszystkich badanych laminach grubo- i drobnoziarnistych należy podkreślić, że w obrębie tych pierwszych (gruboziarnistych), w przedziale wielkości ziarn kwarcowych 0,8–1,0 mm występuje znacząco więcej próbek (71,5%) o wyższej zawartości ziarn grupy γ (powyżej 25% udziału), w stosunku do próbek tej samej frakcji, gdzie zawartość grupy γ jest poniżej 25% udziału i wynosi 28,5% (ryc. 8). Tu należy wyjaśnić, że każdą pojedynczą laminę reprezentuje jedna próbka osadu. Ziarna kwarcowe tej samej frakcji (0,8–1,0 mm) w obrębie lamin drobnoziarnistych odznacza



Ryc. 7. Zestawienie udziału procentowego ziarn grupy γ w dwóch frakcjach: 0,8–1,0 mm i 0,4–0,63 mm

Fig. 7. Relationship of per cent share of grains of the γ group in two fractions: 0.8–1.0 mm and 0.4–0.63 mm

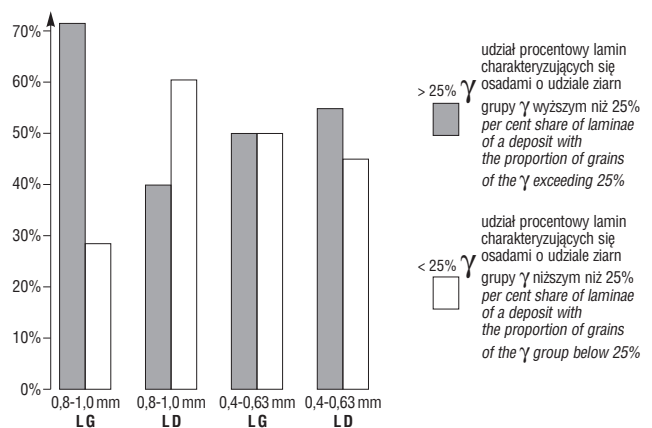
czają się znacznie niższym stopniem obtoczenia. Tylko 40,5% próbek we frakcji 0,8–1,0 mm odznacza się zawartością ziarn grupy γ powyżej 25%, a 60,5% charakteryzuje się zawartościami γ poniżej 25%.

We frakcji 0,4–0,63 mm obraz jest mniej wyrazisty (ryc. 8). Porównując laminy grubo- i drobnoziarniste, w laminach drobnoziarnistych we frakcji 0,4–0,63 mm zaznacza się niewielka przewaga próbek (55%), w których udział ziarn grupy γ przekracza 25%, nad próbkami (45%) o niższej zawartości grupy γ . W przypadku lamin gruboziarnistych udział próbek o zawartości ziarn kwarcowych we frakcji 0,4–0,63 mm, powyżej i poniżej 25% jest zrównoważony.

Wnioski

Nawiązując do pracy Dylikowej (1967) zdolność transportową wiatru można rekonstruować na podstawie wielkości ziarn, które wchodzą w skład osadów eolicznych. W fazie wydymotwórczej starszego dryasu (faza właściwa), na podstawie znacznego udziału ziarn o frakcji większej od 0,4 mm, autorka widzi wyższą zdolność transportową wiatru niż w fazie młodszego dryasu, gdzie przeważają ziarna o frakcji 0,2–0,4 mm.

Badania uziarnienia osadów wydymowych z Cięciwy, wchodzących w skład pierwszej serii ze starszego dryasu (ryc. 5) wykazują znaczną zmienność w wielkości średniej średnicy ziarna i znaczny udział lamin gruboziarnistych, w których średnia średnica ziarna sięga wartości 0,3 phi (0,8 mm; ryc. 6). Przedstawione dane potwierdzają wniosek Dylikowej o znacznej sile transportowej wiatru w czasie starszego dryasu, równocześnie pozwalają na poszerzenie tego wniosku o znaczną zmienność siły wiatru w tym okre-



Ryc. 8. Udział procentowy lamin zawierających ziarna grupy γ we frakcjach 0,8–1,0 mm i 0,4–0,63 mm w obrębie lamin grubo- i drobnoziarnistych; LG — lamina gruboziarnista, LD — lamina drobnoziarnista

Fig. 8. Per cent share of laminae containing grains of the γ group in the fractions 0.8–1.0 mm and 0.4–0.63 mm within the laminae of coarse and fine grain deposit; LG — coarse grain lamina, LD — fine grain lamina

Tab. 2. Zależność między wielkością ziarn, szybkością wiatru, a fazą ruchu (obliczona na podstawie Pernarowskiego 1962)

Table 2. Relationship between grain size, wind velocity and the phase of movement (calculated according to Pernarowski, 1962)

Fazy ruchu Średnia średnica ziarn Mz	bezruch	toczenie	unoszenie
	m/s		
1,7 phi (0,3 mm)	< 4,5	do 6	> 6
0 phi (1 mm)	< 7,5	do 10,5	> 10,5
-1 phi (2 mm)	< 11	do 15	> 15

sie. Świadczy o tym zróżnicowane wysortowanie i znaczne różnice w wartościach średniej średnicy ziarna między laminami grubo- i drobnoziarnistymi. Potwierdzenie tego wniosku przynoszą wyniki badań ze współczesnych obszarów pustyń. Zróżnicowanie osadów w badanych zmarszczkach eolicznych z okolicy oazy Kharga w Egipcie wykazują jeszcze większą zmienność, której związek z siłą wiatru był przez autorki wielokrotnie sprawdzany pomiarami w terenie.

Różny stopień obtoczenia ziarn kwarcowych w obu badanych frakcjach (0,8–1,0 i 0,4–0,63 mm) występujący w laminach grubo- i drobnoziarnistych, wydaje się świadczyć, że osady te mogły być w różny sposób transportowane. Nawiązując do wykresu zależności między wielkością ziarna, szybkością wiatru, a fazą ruchu (Pernarowski, 1962) można przedstawić je dla wybranych przedziałów wielkości ziarna (tab. 2). W czasie akumulacji lamin gruboziarnistych transport ziarn frakcji grubszej (0,8–1,0 mm) mógł się odbywać w przewadze poprzez toczenie i saltację, przy szybkości wiatru między 6–10 m/s. W tej fazie ruchu ziarna kwarcowe frakcji 0,8–1,0 mm zwiększały swoje zaokrąglenie, gdy tymczasem ziarna frakcji drobniejszej (0,4–0,63 mm) mogły być w tym samym czasie przemieszczane w zawieszynie, co nie powodowało przekształcania powierzchni ziarn kwarcowych osadów źródłowych.

Wiatr o mniejszej sile i zmienności, akumulował osad w laminach drobnoziarnistych, przeważających w całej masie badanej wydmy w Cięciwie, a szczególnie w serii drugiej i trzeciej z młodszego dryasu i holocenu. Znaczna zmienność dynamiki wiatru charakterystyczna dla serii eolicznej ze starszego dryasu, została zastąpiona warunkami bardziej ustabilizowanymi, z mniejszymi prędkościami wiatru wydmotwórczego. O charakterze wiatru świadczy lepsze wysortowanie tych osadów w stosunku do osadów lamin gruboziarnistych oraz wyższe wartości średniej średnicy ziarna (Mz) w jednostkach phi. Równocześnie stopień obtoczenia ziarn kwarcowych w laminach drobnoziarnistych wykazuje, że ziarna frakcji grubszej (0,8–1,0 mm) charakteryzują się wyraźnie niższym stopniem obtoczenia w stosunku do ziarn tej samej frakcji w obrębie lamin gruboziarnistych (ryc. 7). Frakcja ta była najprawdopodobniej rzadziej włączana do transportu w czasie akumulacji lamin

drobnoziarnistych, niż w przypadku lamin gruboziarnistych. W czasie akumulacji lamin drobnoziarnistych frakcja drobniejsza (0,4–0,63 mm) stanowiła najprawdopodobniej główną masę przenoszoną w saltacji i poprzez toczenie, przy prędkościach wiatru 5–7 m/s. Ziarna kwarcowe tej frakcji mogły zwiększać zaokrąglenie swej powierzchni. Transport obu badanych frakcji (0,8–1,0 i 0,4–0,63 mm) odbywał się więc w zróżnicowany sposób w czasie akumulacji lamin grubo- i drobnoziarnistych i tym są spowodowane nie tylko różnice w cechach uziarnienia osadów obu typów lamin, lecz również różnice w obtoczeniu ziarn kwarcowych różnej wielkości.

Sądząc po wartości średniej średnicy ziarna 1,7 phi (0,3 mm), która rozdziela osad budujący laminy grubo- i drobnoziarniste można sądzić, że w okresie młodszego dryasu i holocenu prędkość wiatru odpowiedzialnego za tworzenie się wydm wahała się w przewadze w przedziale 5–6 m/s, gdy tymczasem w okresie starszego dryasu 5–10 m/s. W przypadku zmarszczek eolicznych z Kharga w Egipcie zmienność prędkości wiatru jest jeszcze wyższa, w granicach 5–15 m/s.

Drugim czynnikiem, który należy brać pod uwagę, jest morfoselekcja ziarn, uzależniona od ich kształtu. Podobnie jak w przypadku ziarn grupy mik, które w czasie transportu eolicznego w pierwszej kolejności są usuwane (Mycielska-Dowgiałło 1995; Barczuk & Mycielska-Dowgiałło, 2001), tak i słabiej obtoczone ziarna kwarcowe są podatniejsze na deflację eoliczną od ziarn dobrze obtoczonych. Stąd wzrost zawartości ziarn zaokrąglonych frakcji grubszej (0,8–1,0 mm) w gruboziarnistych laminach i ziarn zaokrąglonych frakcji drobniejszej (0,4–0,63 mm) w laminach drobnoziarnistych.

Przedstawione wnioski należy traktować jako wstępne, wymagające wielu dalszych badań zarówno w wymiarze regionalnym, jak i czasowym (plejstocenu i holocenu).

Literatura

- BARCZUK A. & MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. 2001 — Znaczenie składu mineralnego osadów dla rozpoznania procesów eolicznych. [W:] E. Mycielska-Dowgiałło (red.) — Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu. *Prac. Sedyment. WGiSRUW*: 39–42.
- DYLIKOWA A. 1968 — Fazy rozwoju wydm w środkowej Polsce w schyłkowym plejstocenie, *Folia Quater.*, 29: 120–125.
- DZIERWA K. 2001 — Geneza wydmy w Cięciwie na podstawie badań sedymentologicznych (maszynopis). *Prac. Sedyment., WGiSR UW*.
- FOLK R. L. & WARD W. 1957 — Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters, *J. Sed. Petrol.*, 27: 1–176.
- GO DZIK J. 2001 — O zależności między pomiarami graniformalnymi a stopniem zaokrąglenia ziarn. [W:] E. Mycielska-Dowgiałło (red.) — Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu. *Prac. Sedyment., WGiSRUW*: 21–32.
- KONECKA-BETLEY K. 1982 — Gleby kopalne i reliktove wydmy okolic Warszawy. *Rocz. Glebozn.*, 33: 81–109.
- KRYGOWSKI B. 1964 — Graniformalna mechanika — zastosowanie, teoria. *Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, 2, 4: 1–112.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. 1995 — Wybrane cechy teksturalne osadów i ich wartość interpretacyjna. [W:] Mycielska-Dowgiałło E. & Rutykowski J. (red.) — Badania osadów czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna. *WGiSR UW, Warszawa*.
- PERNAROWSKI L. 1962 — O procesach wydmotwórczych, *Czas. Geogr.*, 33: 173–197.
- RACINOWSKI R. & RZECZOWSKI J. 1969 — Minerale ciężkie w glinach zwałowych Polski środkowej. *Kwart. Geol.*, 13: 29–105.