

# Osady polodowcowe w żwirowni w Paplinie (Wysoczyzna Rawska) w świetle badań teksturalnych

The post-glacial deposits of gravel pit in Paplin (Rawa Upland) on the basis of textural analyses

Anna Lejzerowicz<sup>1\*</sup>, Anna Wysocka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, Warszawa; \*a.lejzerowicz@il.pw.edu.pl

<sup>2</sup> Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

Zarys treści: Teren badań znajduje się około 60 km na południowy zachód od Warszawy. Żwirownia w Paplinie zlokalizowana jest na Wysoczyźnie Rawskiej w strefie wysoczyzny polodowcowej zlodowacenia środkowopolskiego. Badaniom sedimentologicznym poddano osady polodowcowe odsłaniające się wzdłuż południowo-wschodniej ściany wyrobiska. Przeprowadzono analizy: uziarnienia, charakteru obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcu frakcji 0,5–1,0 mm według Krumbeina (1941) w modyfikacji Goździka (1980) oraz Mycielskiej-Dowgiałło i Woronko (1998), a także analizę mineralno-petrograficzną frakcji 0,5–1,0 mm według Kenig (1999). Wskaźniki teksturalne, tj.: średnia średnica ( $M_z$ ), wysortowanie ( $\sigma_1$ ), skośność ( $Sk_1$ ) oraz spłaszczenie ( $K_G$ ) obliczono metodą Folka i Warda (1957) z wykorzystaniem programu Gradistat. Uzyskane wyniki pozwoliły na ilościową charakterystykę cech osadu. Zaobserwowano stosunkowo duże zróżnicowanie badanych osadów: od dominujących osadów drobnodziarnistych deponowanych w niskoenergetycznym środowisku, charakteryzujących się warstwowaniami przekątnymi i rynnowymi, do osadów gruboziarnistych deponowanych w środowisku intensywnego przepływu wód z topniejącego lądolodu. Większość osadów była transportowana w zawieszynie. Zaobserwowana została duża jednorodność osadów ze względu na charakter obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcu oraz skład mineralno-petrograficzny.

Słowa kluczowe: analizy teksturalne, parametry uziarnienia, osady polodowcowe, Wysoczyzna Rawska

Abstract: The study area is located approximately 60 km south-west of Warsaw. Gravel pit in Paplin is located on the Rawa Upland in the glacial upland area of Middle-Poland glaciation. Post-glacial sediments exposing along the south-east wall of the excavation were subjected to sedimentological research. Following analyses were performed: the granulometric composition of deposits, the frosting and rounding analyses of sand quartz grains (1.0–0.5 mm) according to Krumbein (1941) and refined by Goździk (1980) and Mycielska-Dowgiałło and Woronko (1998) and mineralogical studies of sand fraction. Textual indicators i.e. mean grain size ( $M_z$ ), standard deviation ( $\sigma_1$ ), skewness ( $Sk_1$ ) and kurtosis ( $K_G$ ) were calculated according Folk and Ward formulas (1957) using the Gradistat program. The obtained results allowed the quantitative characteristics of the sediment features. Relatively high diversity of investigated sediments was observed: from dominating fine-grained sediments deposited in the low-energy environment, characterized by cross-stratification, to coarse-grained sediments deposited in the environment of intense flow of water from the melting glacier. Most of deposits was transported in suspension. High uniformity of deposits was observed regarding the rounding and frosting of quartz grains and mineral-petrographic composition.

Key words: textural analyses, grain-size parameters, post-glacial deposits, Rawa Upland

## Wprowadzenie

Dzięki zastosowaniu analizy teksturalnej w badaniach osadów polodowcowych otrzymuje się szereg wskaźników i parametrów liczbowych, które pozwalają na ilościowe opisanie cech osadów oraz

dynamiki środowiska (Mycielska-Dowgiałło 2001, 2007, Mycielska-Dowgiałło, Ludwikowska-Kędzia 2011). Użyte metody pozwalają prześledzić zmienność osadów w poszczególnych punktach badawczych. Wykorzystanie różnych metod analizy osadów (uziarnienia, charakteru powierzchni ziaren

kwarcu, składu mineralogicznego) umożliwia otrzymanie wiarygodnych informacji o osadzie.

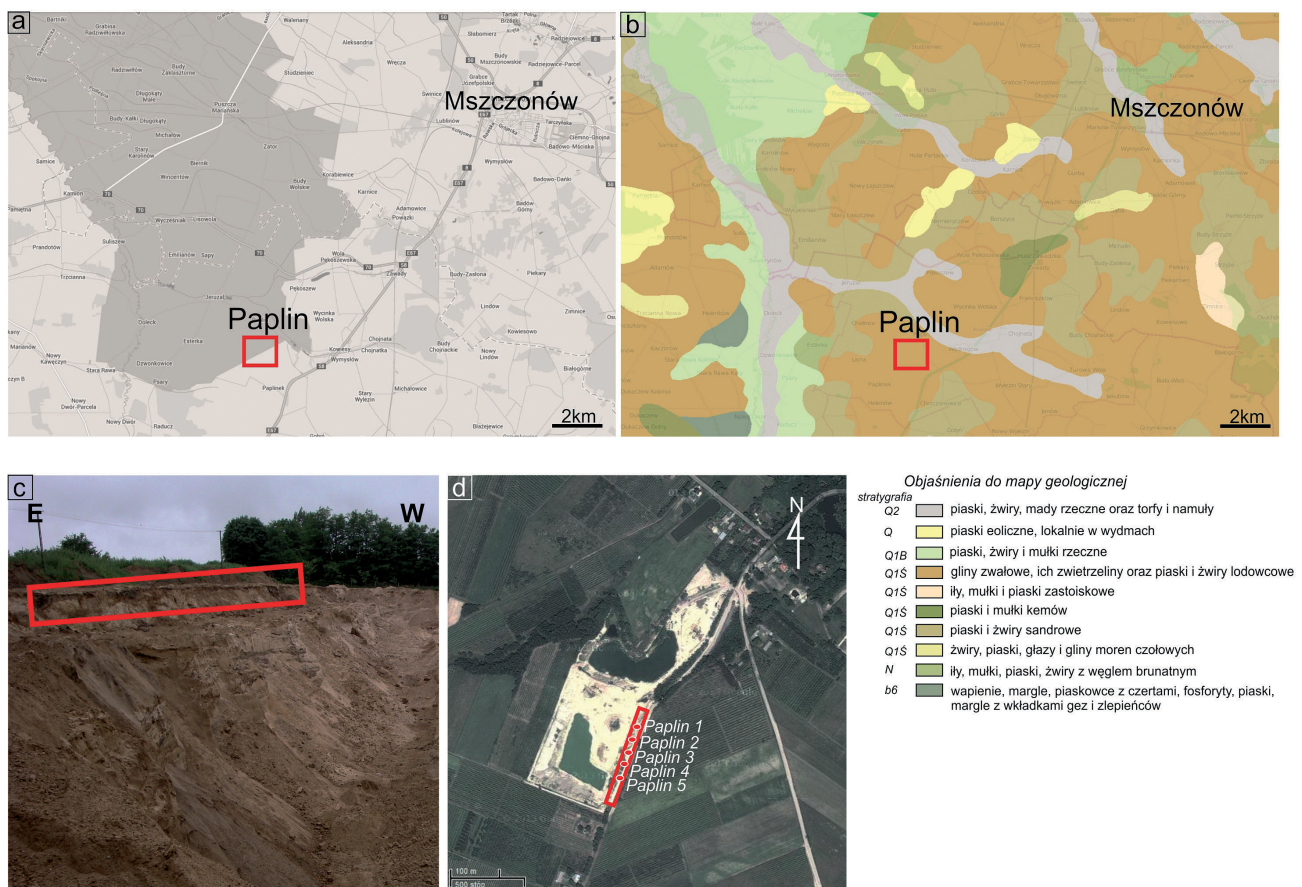
Celem badań jest poznanie cech teksturalnych osadów występujących w żwirowni w Paplinie na Wysoczyźnie Rawskiej, aby odtworzyć warunki depozycji osadów. Szczególną uwagę zwrócono na relacje pomiędzy najczęściej stosowanymi wskaźnikami uziarnienia (średnia średnica, wysortowanie, skośność, spłaszczenie), pozwalającymi na pośrednie wnioskowanie o dynamice środowiska.

## Położenie terenu badań

Żwirownia w Paplinie (województwo łódzkie, powiat skierniewicki, gmina Kowiesy; ryc. 1a) znajduje się w strefie wysoczyzny lodowcowej z pokrywą sandrową nadbudowaną gliną zwałową i produktami jej

wietrzenia. Obszar żwirowni położony jest w otulinie Bolimowskiego Parku Krajobrazowego (Janicki 2007, Glińska i in. 2010). Eksploatowano tutaj piaski do budowy szosy Warszawa–Katowice, obecnie materiał skalny pozyskiwany jest jedynie dla budownictwa lokalnego. Wydobycie kruszywa odsłoniło przekrój przez Wysoczyznę Rawską (ryc. 1c) i dało możliwość podziwiania różnorodności litologicznej osadów (ryc. 2), z których jest ona zbudowana (Glińska i in. 2006).

Miąższość osadów czwartorzędowych w rejonie żwirowni w Paplinie wynosi do 50 m. Na tym obszarze występują dwa poziomy wodonośne. Pierwszy charakteryzuje się swobodnym zwierciadłem i znajduje się na głębokości 5,6–16,7 m. Drugi poziom występuje na głębokości około 30–35 m i jest izolowany od pierwszego poziomu wodonośnego ciągłym poziomem glin zwałowych zlodowacenia odry (Janicki 2007).

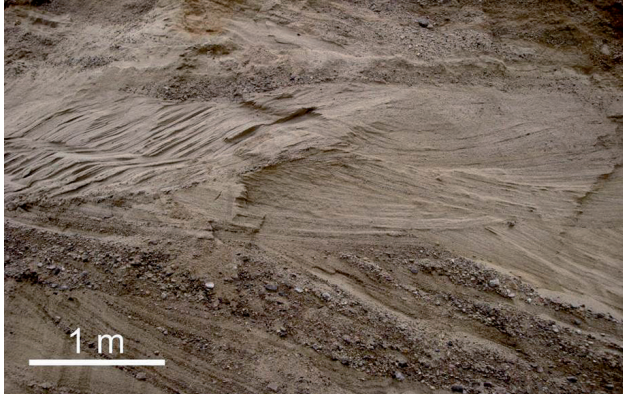


Ryc. 1. Teren badań

- a) lokalizacja terenu badań (czerwony kwadrat) na mapie topograficznej ([www.maps.google.pl](http://www.maps.google.pl); zmienione), b) lokalizacja terenu badań (czerwony kwadrat) na mapie geologicznej (<http://m.bazagis.pgi.gov.pl>; zmienione) wraz z objaśnieniami, c) zdjęcie żwirowni z widokiem (czerwony prostokąt) na południowo-wschodnią ścianę wyrobiska (fot. A. Lejzerowicz, 2011), d) zdjęcie satelitarne rejonu żwirowni w Paplinie z zaznaczonym (czerwony prostokąt) obszarem badań oraz punktami badawczymi: Paplin 1, 2, 3, 4, 5 ([www.maps.google.pl](http://www.maps.google.pl) 2014; zmienione)

Fig. 1. Study area

- a) location of study area (red square) on the background of topographic map ([www.maps.google.pl](http://www.maps.google.pl); adapted), b) location of study area (red square) on the background of geological map (<http://m.bazagis.pgi.gov.pl>; adapted) with legend, c) photo of gravel pit with a view (red rectangle) on south-eastern wall of an excavation (photo A. Lejzerowicz, 2011), d) satellite image of Paplin gravel pit area with marked (red rectangle) study area and research points: Paplin 1, 2, 3, 4, 5 ([www.maps.google.pl](http://www.maps.google.pl) 2014; adapted)



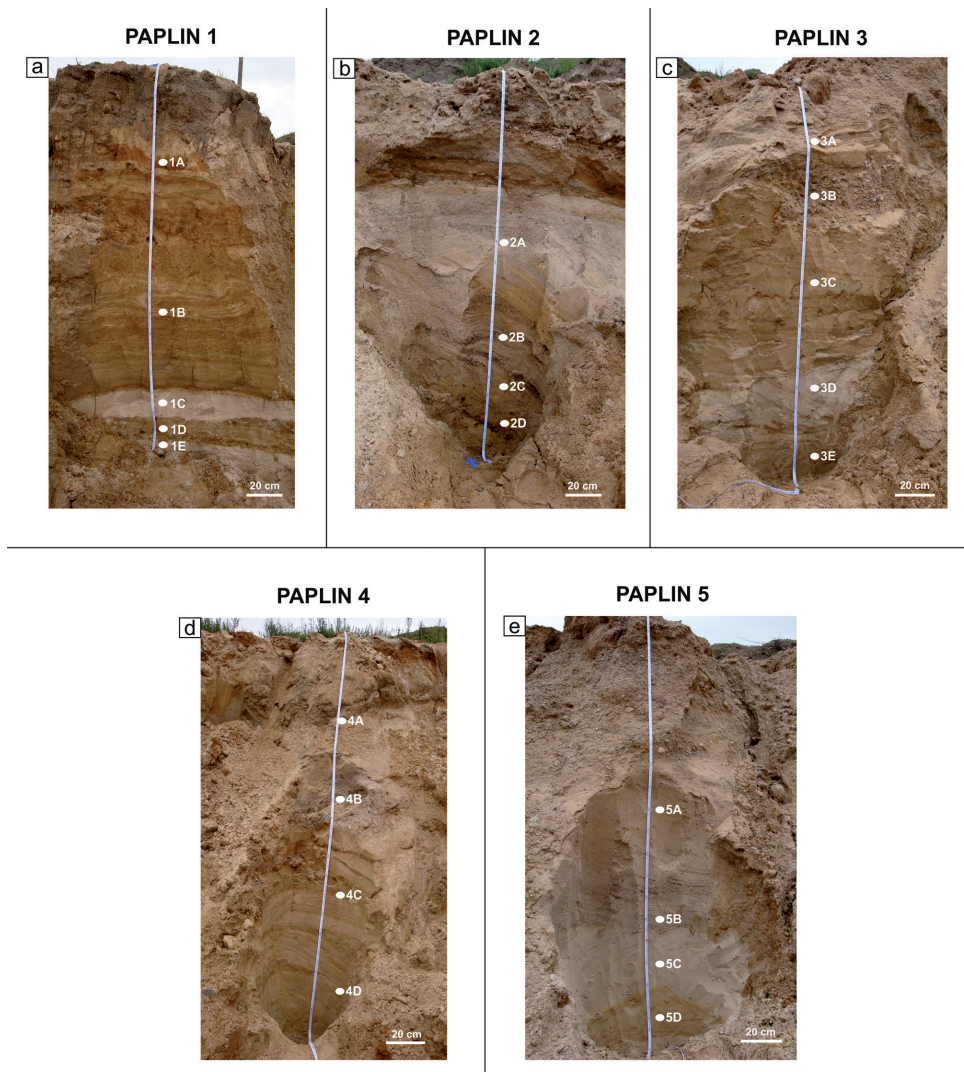
Ryc. 2. Widok fragmentu południowo-wschodniej ściany żwirowni w Paplinie (fot. A. Lejzerowicz, 2011)

Fig. 2. A view of the fragment of the south-eastern wall of the gravel pit in Paplin (photo A. Lejzerowicz, 2011)

W ścianach wyrobiska odsłaniają się osady zlodowacenia warty reprezentowane przez gliny zwalowe, piaski, żwiry (ryc. 2) oraz mułkowate osady zastoiskowe. Wyżej zalegają piaski i żwiry wodnolodowcowe, które charakteryzują się: różnorodnością uziarnienia, zmiennym wysortowaniem materiału, urozmaiconym składem litologicznym oraz przekątnymi czy rynnowymi warstwowaniami. W najwyższej części profilu występuje warstwa osadów mułkowych reprezentująca osady jeziora zastoiskowego (Markowiak 2010).

### Metody badań

Wytypowano 5 punktów badawczych (ryc. 1c, d) wzdłuż południowo-wschodniej ściany wyrobiska



Ryc. 3. Zdjęcia poszczególnych punktów badawczych (fot. A. Lejzerowicz, 2011) z zaznaczonymi miejscami poboru próbek do badań laboratoryjnych

a) profil Paplin 1, b) profil Paplin 2, c) profil Paplin 3, d) profil Paplin 4, e) profil Paplin 5

Fig. 3. Photos of individual research points (photo A. Lejzerowicz, 2011) with marked locations of sampling for laboratory tests

a) profile Paplin 1, b) profile Paplin 2, c) profile Paplin 3, d) profile Paplin 4, e) profile Paplin 5

i pobrano z nich próbki (ryc. 3) do badań laboratoryjnych (Paplin 1, 2, 3, 4, 5). Przeprowadzono analizy: uziarnienia, charakteru obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcu frakcji 0,5–1,0 mm według Krumbeina (1941) w modyfikacji Goździka (1980) oraz Mycielskiej-Dowgiałło i Woronko (1998), a także analizę mineralogiczno-petrograficzną frakcji 0,5–1,0 mm według Kenig (1999).

Ze względu na zły stan odsłonięcia brak jest możliwości pełnej korelacji poszczególnych profili. W każdym z punktów badawczych (ryc. 3) od 35 do 120 cm górnej części profilu to skarpa osuwiskowa lub osady antropogeniczne.

Analizy uziarnienia pobranych w terenie próbek wykonano metodą sitową, wykorzystując zestaw sit o średnicach oczek: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm oraz 0,1 mm. Poszczególnym sitom przypisano następujące wartości w skali phi [ $\phi$ ] (odpowiednio):  $-2 \phi$ ,  $-1 \phi$ ,  $0 \phi$ ,  $1 \phi$ ,  $2 \phi$  oraz  $3 \phi$ , gdyż dalsze obliczenia (wyznaczenie statystycznych parametrów uziarnienia) wymagały wykorzystania tej jednostki.

Parametry uziarnienia: średnią średnicę ( $M_z$ ), wysortowanie ( $\sigma_1$ ), skośność ( $Sk_1$ ) oraz spłaszczenie ( $K_G$ ) obliczono metodą Folka i Warda (1957), używając programu Gradistat. Przy ich interpretacji uwzględniono uwagi Mycielskiej-Dowgiałło (1995, 2007).

Badania zmatowienia i obtoczenia ziaren kwarcu wykonane zostały przez dr. inż. Bogusława Marcinkowskiego z PIG-PIB. Analizę ziaren kwarcu w liczbie nieznacznie poniżej 200 sztuk (200 sztuk minus inne, poza jasnym kwarcem, minerały wchodzące w skład badanych próbek) wykonano za pomocą mikroskopu stereoskopowego (lupa binokularna), wykorzystując powiększenie ziaren 16–25 razy. Podobnego powiększenia użyto dla określenia składu

mineralno-petrograficznego badanych próbek. Dla ustalenia stopnia zmatowienia i obtoczenia posłużono się metodą Krumbeina (1941), udoskonalaną następnie przez Goździka (1980, 1995) oraz Mycielską-Dowgiałło i Woronko (1998).

Badania mineralogiczno-petrograficzne wykonano mikroskopem stereoskopowym, wykorzystując światło odbite. Badania zostały przeprowadzone dla klas wielkości ziaren 0,5–1,0 mm. Z analizowanych próbek wybierano losowo 200 ziaren, wśród których wyróżniono: kwarc, granit czerwony, granit szary, wapień, kwarcyt, tlenki żelaza oraz inne minerały (niezaklasyfikowane do żadnej z grup).

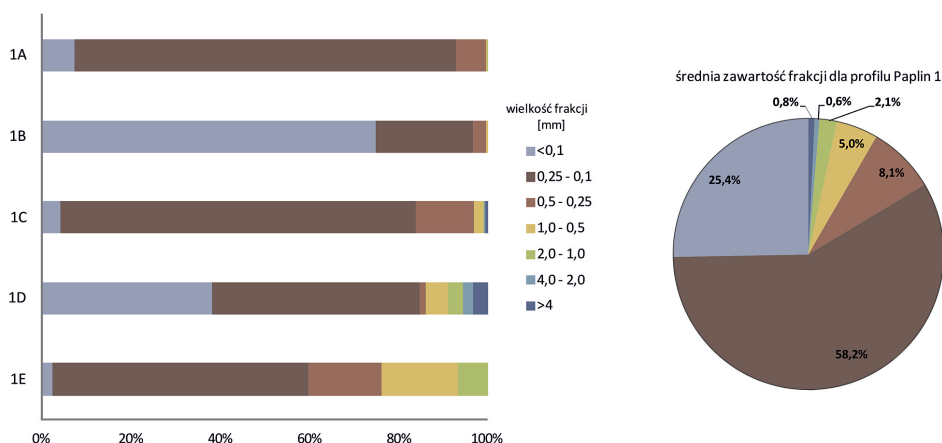
## Wyniki

### Analizy uziarnienia

Wykonane analizy granulometryczne pozwoliły na porównanie klas wielkości ziaren (frakcji) w osadach w poszczególnych punktach badawczych. Miejsca pobrania próbek do badań laboratoryjnych zostały zaznaczone na rycinie 3.

#### Paplin 1

W osadach z tego profilu (ryc. 1, 3a) dominuje frakcja 0,25–0,1 mm (próbki 1A, 1C, 1E) oraz frakcja <0,1 mm (próbki 1B, 1D). W próbce 1E (ryc. 4) znaczący jest również udział frakcji >0,25 mm, a w próbce 1D pojawia się frakcja żwirowa (> 2 mm). Osady występujące w tym profilu można więc zaklasyfikować jako piaski drobnoziarniste (1A, 1C, 1D, 1E) oraz w jednym przypadku (próbka 1B) jako mułki piaszczyste. Wykres kołowy przedstawiający średnie

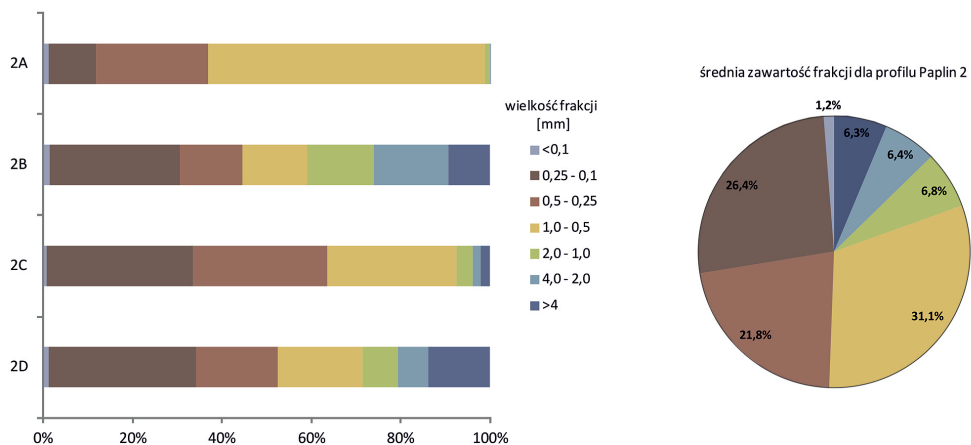


Ryc. 4. Udział poszczególnych frakcji [%] w osadach żwirowni w Paplinie dla profilu Paplin 1

Przedziały frakcji i typy osadów: >4 mm – żwir średnioziarnisty i frakcje większe, 4,0–2,0 mm – żwir drobnoziarnisty, 2,0–1,0 mm – piasek bardzo gruboziarnisty, 1,0–0,5 mm – piasek gruboziarnisty, 0,5–0,25 mm – piasek średnioziarnisty, 0,25–0,1 mm – piasek drobnoziarnisty, <0,1 mm – piasek bardzo drobnoziarnisty i frakcje drobniejsze

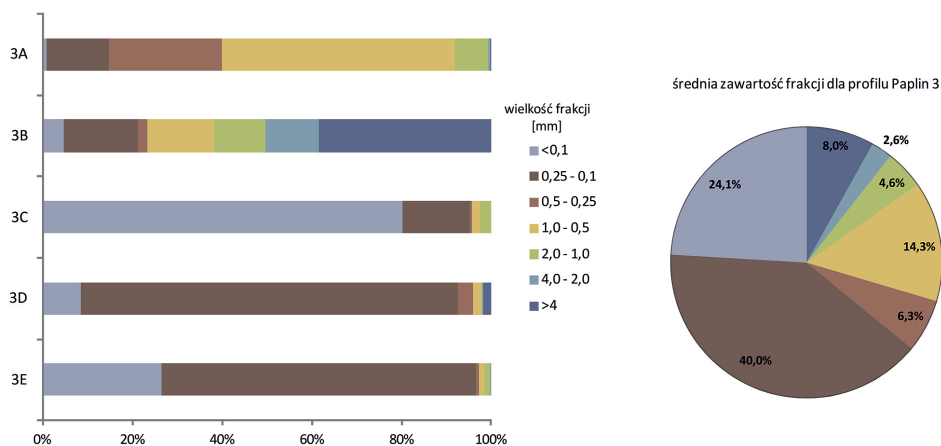
Fig. 4. The share of individual fractions [%] in sediments in Paplin gravel pit for the profile Paplin 1

Ranges of factions and types of deposits: > 4 mm – medium gravel and larger fractions, 4.0–2.0 mm – fine gravel, 2.0–1.0 mm – very coarse sand, 1.0–0.5 mm – coarse sand, 0.5–0.25 mm – medium sand, 0.25–0.1 mm – fine sand, <0.1 mm – very fine sand and finer fractions



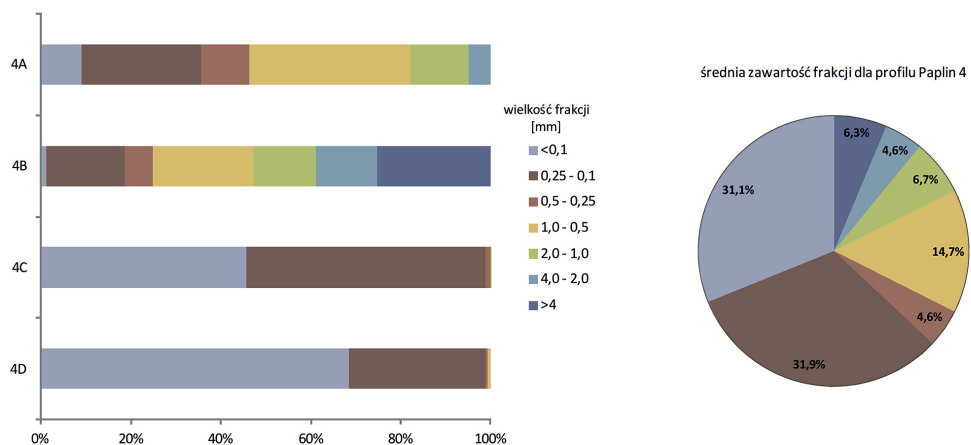
Ryc. 5. Udział poszczególnych frakcji [%] w osadach żwirowni w Paplinie dla profilu Paplin 2  
Przedziały frakcji i typy osadów jak w opisie ryc. 4

Fig. 5. The share of individual fractions [%] in sediments in Paplin gravel pit for the profile Paplin 2  
Ranges of factions and types of deposits as in the description of Fig. 4



Ryc. 6. Udział poszczególnych frakcji [%] w osadach żwirowni w Paplinie dla profilu Paplin 3  
Przedziały frakcji i typy osadów jak w opisie ryc. 4

Fig. 6. The share of individual fractions [%] in sediments in Paplin gravel pit for the profile Paplin 3  
Ranges of factions and types of deposits as in the description of Fig. 4



Ryc. 7. Udział poszczególnych frakcji [%] w osadach żwirowni w Paplinie dla profilu Paplin 4  
Przedziały frakcji i typy osadów jak w opisie ryc. 4

Fig. 7. The share of individual fractions [%] in sediments in Paplin gravel pit for the profile Paplin 4  
Ranges of factions and types of deposits as in the description of Fig. 4

zawartości frakcji dla profilu Paplin 1 obrazuje dominację frakcji 0,25–0,1 mm (58,2%), czyli piasków drobnoziarnistych.

#### Paplin 2

Profil Paplin 2 (ryc. 1, 3b) charakteryzuje się dominacją frakcji 1,0–0,5 mm, co zauważalne jest zwłaszcza w punkcie 2A (ryc. 5). W kolejnych punktach (2B, 2C, 2D) dominują frakcje w przedziałach 0,25–0,1, 0,5–0,25 oraz 1,0–0,5 mm. Obecność frakcji żwirowej (4–2 mm oraz >4 mm) wyraźnie zaznacza się w punkcie 2B oraz 2D. Charakterystyczną cechą dla tego profilu jest obecność w zbliżonych proporcjach (od 20 do 30%) frakcji w przedziale 0,25–0,1 mm (piasek drobnoziarnisty), 0,5–0,25 mm (piasek średnioziarnisty) oraz 1,0–0,5 mm (piasek gruboziarnisty). Dominuje frakcja 1,0–0,5 mm (31,1%), dlatego też osady w profilu Paplin 2 można zaklasyfikować jako piaski gruboziarniste.

#### Paplin 3

Osady profilu Paplin 3 (ryc. 1, 3c), ze względu na uziarnienie, można podzielić na dwie grupy (ryc. 6): osady z dominującymi drobniejszymi frakcjami <0,1 mm oraz 0,25–0,1 mm (próbki 3C, 3D, 3E) i osady, w których przeważają frakcje grubsze 1,0–0,5 mm (3A) oraz >4 mm (3B). Osady drobniejsze (próbki 3C, 3D, 3E) można zaklasyfikować jako piaski drobnoziarniste, natomiast osady o większych średnicach jako piaski gruboziarniste (3A, 3B). Profil Paplin 3 charakteryzuje się wyraźną dwudzielnością: dolna część profilu (próbki 3C, 3D, 3E) cechuje się obecnością osadów drobnoziarnistych, zaś górna część profilu (do głębokości ok. 80 cm; próbki 3A, 3B) reprezentowana jest przez osady o większych średnicach. Diagram kołowy (ryc. 6) średniej zawartości [%] poszczególnych frakcji dla całego profilu Paplin 3 obrazuje dominację piasku drobnoziarnistego (40%), frakcji bardzo drobnoziarnistej <0,1 mm (24,1%). Wyraźnie zaznacza się też obecność frakcji żwirowej >4 mm (8%).

#### Paplin 4

W osadach z tego profilu (ryc. 1, 3d) można również zaobserwować wyraźny podział ze względu na uziarnienie na dwie grupy osadów (ryc. 7): dolna część profilu (od głębokości ok. 170 cm; próbki 4C, 4D) z przeważającą obecnością osadów drobnoziarnistych frakcji <0,1 mm i 0,25–0,1 mm oraz górna część profilu (próbki 4A, 4B), gdzie przeważają osady gruboziarniste frakcji >0,5 mm. Osady z punktów 4A oraz 4B można określić jako piaski żwirowe lub żwiry piaszczyste (zwłaszcza w przypadku próbki 4B), natomiast osady z punktów 4C oraz 4D można zaklasyfikować jako piaski mułkowe/mułki piaszczyste. Na diagramie kołowym (ryc. 7) ze średnią zawartością frakcji dla całego profilu, widać dominację

frakcji 0,25–0,1 mm (31,9%) oraz <0,1 mm (31,1%). Wyraźnie zaznacza się również obecność piasków gruboziarnistych 1,0–0,5 mm (14,7%) oraz frakcji żwirowej >4 mm (6,3%).

#### Paplin 5

Profil Paplin 5 (ryc. 1, 3e) jest kolejnym profilem, w którym można zaobserwować podział ze względu na uziarnienie na dwie grupy osadów i dwudzielność profilu (ryc. 8): niższa część profilu (próbki 5C, 5D) z osadami drobnoziarnistymi frakcji <0,25 mm oraz wyższa część profilu (do głębokości około 190 cm; próbki 5A, 5B) z osadami gruboziarnistymi frakcji >0,25 mm. Osady z punktów 5A i 5B można zaklasyfikować jako drobno- i średnioziarniste piaski z niewielką domieszką frakcji żwirowej, natomiast osady z punktów 5C oraz 5D – jako drobnoziarniste piaski/gruboziarniste mułki. Analizując diagram kołowy (ryc. 8) ze średnią zawartością frakcji dla całego profilu, zauważyć można dominację (48,3%) frakcji 0,25–0,1 mm. Wyraźnie zaznacza się również obecność frakcji najdrobniejszych <0,1 mm (23,1%).

### Parametry uziarnienia

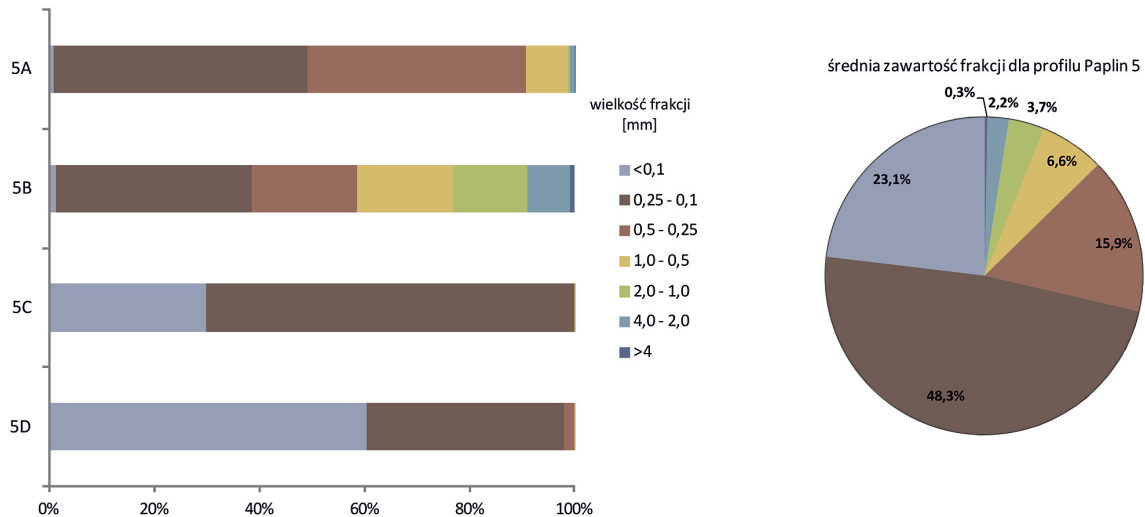
Parametry uziarnienia: średnia średnica, wysortowanie, skośność oraz spłaszczenie, zostały obliczone (przy użyciu programu Gradistat) i opisane metodą zaproponowaną przez Folka i Warda (1957). Wyniki zaprezentowano w tabeli 1 oraz na rycinie 9 (średnia średnica i wysortowanie).

#### Średnia średnica – mediana ( $M_z$ )

Przyjmuje się, że wskaźnik charakteryzujący przeciętną wielkość ziaren w osadzie pozwala na pośrednią interpretację dynamiki środowiska sedymentacyjnego (Racimowski i in. 2001). Interpretacja rodzaju transportu oparta została na klasyfikacji Allena i in. (1972), który zaproponował podział frakcyjny osadów na cztery grupy podlegające depozycji z czterech rodzajów ruchu: (1) trakcyjnego – ziarna o średnicy w zakresie do 0,6 phi, (2) saltacyjnego – 0,6–2,0 phi, (3) zawiesiny gradacyjnej – 2–3 phi, (4) zawiesiny jednorodnej – ziarna drobniejsze od 3 phi.

W profilu Paplin 1 (tab. 1) wartość średniej średnicy ziaren waha się od 1,93 do 4,88  $\phi$  (średnio 3,14  $\phi$ ). Średnia wartość mediany wskazuje na dominację piasków drobnoziarnistych, co zauważalne jest również w całym profilu Paplin 1 (ryc. 9a). Średnia wartość tego parametru oznacza, że osady były transportowane w zawiesinie (por. Allen i in. 1972). Wartości  $M_z$  (tab. 1) świadczą o tym, że osady z próbek 1A, 1B, 1C oraz 1D były transportowane w zawiesinie, natomiast osady z próbki 1E poprzez saltację.

W profilu Paplin 2 (tab. 1) wartość średniej średnicy ziarna waha się od 0,56 do 1,49  $\phi$  (średnio 0,93  $\phi$ ). Średnia wartość mediany wskazuje na dominację pia-



Ryc. 8. Udział poszczególnych frakcji [%] w osadach żwirowni w Paplinie dla profilu Paplin 5  
Przedziały frakcji i typy osadów jak w opisie ryc. 4

Fig. 8. The share of individual fractions [%] in sediments in Paplin gravel pit for the profile Paplin 5  
Ranges of factions and types of deposits as in the description of Fig. 4

sków gruboziarnistych, co zauważalne jest również w całym profilu Paplin 2 (ryc. 9a). Średnie wartości tego parametru oznaczają, że osady były transportowane poprzez saltację (próbki 2A, 2C, 2D). Tylko dla jednej próbki (2B) wartości  $M_z$  (tab. 1) wskazują na transport poprzez trakcję (por. Allen i in. 1972).

W profilu Paplin 3 (tab. 1) wartość średniej średnicy ziarna waha się od 0,18 do 5,04  $\phi$  (średnio 2,46  $\phi$ ). Średnia wartość mediany wskazuje na dominację piasków drobnoziarnistych, jednak wartości te znacznie różnią się w poszczególnych próbkach. Patrząc od dołu profilu (ryc. 9a), można zauważyć stopniowe przejście od piasków bardzo drobnoziarnistych (próbka 3E) i piasków drobnoziarnistych (próbka 3D), poprzez piaski średnio- i drobnoziarniste do mułków gruboziarnistych (próbka 3C) i piasków gruboziarnistych (próbki 3A, 3B). Mediana wynosi 2,67, 3,43 i 5,04  $\phi$  odpowiednio dla próbek 3D, 3E i 3C, co oznacza, że osady te były transportowane w zawieszynie (por. Allen i in. 1972). Osady z próbki 3D ( $M_z = 2,67 \phi$ ) mogły być transportowane saltacyjnie, zaś z próbki 3B ( $M_z = 0,18 \phi$ ) najprawdopodobniej trakcyjnie (por. Allen i in. 1972).

W profilu Paplin 4 (tab. 1, ryc. 9a) wartość średniej średnicy ziarna waha się od 0,25 do 4,71  $\phi$  (średnio 2,55  $\phi$ ). Średnia wartość mediany wskazuje na dominację piasków drobnoziarnistych, jednak, podobnie jak w przypadku profilu Paplin 3, wartości te znacznie różnią się w poszczególnych próbkach. Patrząc od dołu profilu (ryc. 9a), można zauważyć, że profil rozpoczyna się mułkami bardzo gruboziarnistymi (próbka 4D), a następnie można zaobserwować stopniowe przejście od piasków średnioziarnistych, poprzez piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste (próbka 4C) do piasków gruboziarnistych (próbka 4B) oraz piasków średnioziarnistych (próbka 4A).

stych (próbka 4A). Mediana wynosi 3,98 i 4,71  $\phi$  odpowiednio dla próbek 4C i 4D, co wskazuje, że osady te były transportowane w zawieszynie (por. Allen i in. 1972). Osady z próbki 4A ( $M_z = 1,24 \phi$ ) mogły być transportowane saltacyjnie, natomiast z próbki 4B ( $M_z = 0,25 \phi$ ) najprawdopodobniej trakcyjnie (por. Allen i in. 1972).

W profilu Paplin 5 (tab. 1, ryc. 9a) wartość średniej średnicy ziarna waha się od 1,24 do 4,46  $\phi$  (średnio 2,82  $\phi$ ). Średnia wartość mediany wskazuje na dominację piasków drobnoziarnistych. Patrząc od dołu profilu (ryc. 9a) można zauważyć, że rozpoczyna się on mułkami bardzo gruboziarnistymi (próbka 5D), a potem przechodzi poprzez piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste (próbka 5C) do piasków średnioziarnistych (próbka 5B) i piasków drobnoziarnistych (próbka 5A). Wartości mediany (tab. 1) wskazują, że osady były transportowane w zawieszynie (por. Allen i in. 1972) w przypadku próbek 5A, 5C i 5D lub poprzez saltację ( $M_z = 1,24 \phi$ ) w przypadku próbki 5B.

#### Wysortowanie ( $\sigma_1$ )

Wartość tego wskaźnika identyfikowana jest z liczbowym wyrażeniem wysortowania osadu – im lepsze wysortowanie, tym mniejsze zróżnicowanie energetyczne środowiska (Folk, Ward 1957).

Profil Paplin 1 (ryc. 1, 3a) charakteryzuje się wartościami wysortowania (tab. 1, ryc. 9b) w przedziale od 0,61 do 2,32 (średnio 1,34), co wskazuje na umiarkowane, słabe oraz bardzo słabe wysortowanie, które mogło być spowodowane częściowym rozmywaniem osadu i jego redepozycją (por. Racinowski i in. 2001).

Profil Paplin 2 (ryc. 1, 3b) charakteryzuje się wartościami wysortowania (tab. 1, ryc. 9b) w przedziale od 0,82 do 1,71 (średnio 1,35), co oznacza słabe wysortowanie osadu i zmienną dynamikę środowiska.

Tabela 1. Wskaźniki uziarnienia dla profilu Paplin 1 (1A–E), Paplin 2 (2A–D), Paplin 3 (3A–E), Paplin 4 (4A–D) and Paplin 5 (5A–D)

Table 1. Grain-size parameters for profile Paplin 1 (1A–E), Paplin 2 (2A–D), Paplin 3 (3A–E), Paplin 4 (4A–D) and Paplin 5 (5A–D)

Profil	Numer próbki	Średnia średnica $M_z$		Wysortowanie $\sigma_1$		Skośność $Sk_1$		Spłaszczenie $K_G$	
		[ $\phi$ ]	typ osadu	[–]	typ wysortowania	[–]	typ rozkładu	[–]	typ rozkładu
Paplin 1	1A	2,66	drobnoziarnisty piasek	0,73	umiarkowane	0,19	dodatnio skośny	1,65	bardzo leptokurtyczny
	1B	4,88	bardzo gruboziarnisty mułek	1,91	słabe	0,01	symetryczny	0,73	platykurtyczny
	1C	2,56	drobnoziarnisty piasek	0,61	umiarkowane	–0,16	ujemnie skośny	1,07	mezokurtyczny
	1D	3,68	bardzo drobnoziarnisty piasek	2,32	bardzo słabe	0,27	dodatnio skośny	1,33	leptokurtyczny
	1E	1,93	średnioziarnisty piasek	1,15	słabe	–0,39	bardzo ujemnie skośny	0,83	platykurtyczny
Paplin 2	2A	0,96	gruboziarnisty piasek	0,82	umiarkowane	0,40	bardzo dodatnio skośny	1,05	mezokurtyczny
	2B	0,56	gruboziarnisty piasek	1,71	słabe	0,08	symetryczny	0,52	bardzo platykurtyczny
	2C	1,49	średnioziarnisty piasek	1,19	słabe	–0,04	symetryczny	0,91	mezokurtyczny
	2D	0,73	gruboziarnisty piasek	1,69	słabe	–0,12	ujemnie skośny	0,57	bardzo platykurtyczny
Paplin 3	3A	0,97	gruboziarnisty piasek	0,96	umiarkowane	0,27	dodatnio skośny	1,08	mezokurtyczny
	3B	0,18	gruboziarnisty piasek	1,35	słabe	1,28	bardzo dodatnio skośny	0,66	bardzo platykurtyczny
	3C	5,04	gruboziarnisty mułek	1,88	słabe	–0,05	symetryczny	0,80	platykurtyczny
	3D	2,67	drobnoziarnisty piasek	0,86	umiarkowane	0,15	dodatnio skośny	2,06	bardzo leptokurtyczny
	3E	3,43	bardzo drobnoziarnisty piasek	1,50	słabe	0,62	bardzo dodatnio skośny	1,78	bardzo leptokurtyczny
Paplin 4	4A	1,24	średnioziarnisty piasek	1,75	słabe	0,37	bardzo dodatnio skośny	1,13	leptokurtyczny
	4B	0,25	gruboziarnisty piasek	1,39	słabe	0,63	bardzo dodatnio skośny	0,47	bardzo platykurtyczny
	4C	3,98	bardzo drobnoziarnisty piasek	1,81	słabe	0,58	bardzo dodatnio skośny	0,78	platykurtyczny
	4D	4,71	bardzo gruboziarnisty mułek	1,90	słabe	0,11	dodatnio skośny	0,69	platykurtyczny
Paplin 5	5A	2,02	drobnoziarnisty piasek	0,85	umiarkowane	–0,03	symetryczny	0,88	platykurtyczny
	5B	1,24	średnioziarnisty piasek	1,54	słabe	–0,21	ujemnie skośny	0,81	platykurtyczny
	5C	3,58	bardzo drobnoziarnisty piasek	1,58	słabe	0,63	bardzo dodatnio skośny	1,30	leptokurtyczny
	5D	4,46	bardzo gruboziarnisty mułek	1,90	słabe	0,25	dodatnio skośny	0,69	platykurtyczny

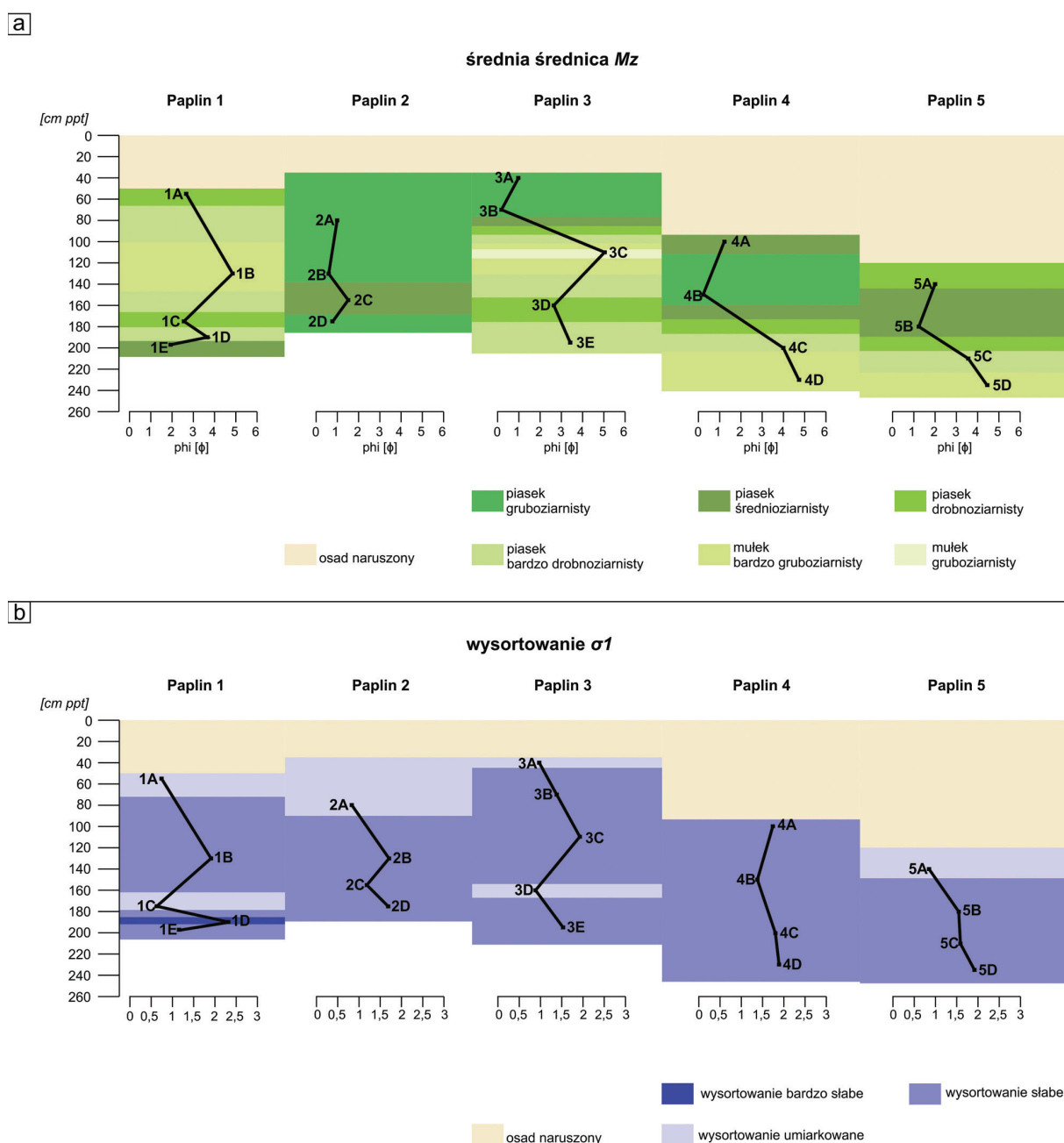


Tylko jedna próbka (2A) cechuje się wysortowaniem umiarkowanym, typowym dla niewielkich zmian w prędkości przepływu (Racinowski i in. 2001).

Profil Paplin 3 (ryc. 1, 3c) odznacza się wartościami wysortowania (tab. 1, ryc. 9b) w przedziale od 0,86 do 1,88 (średnio 1,31), co wskazuje na słabe wysortowanie osadu (próbki 3B, 3C, 3E) i zmienną dynamikę środowiska (Kenig 2009). Dwie próbki osadów (3A, 3D) charakteryzują się wysortowaniem umiarkowanym.

Profil Paplin 4 (ryc. 1, 3d) cechuje się wartościami wysortowania (tab. 1, ryc. 9b) w przedziale od 1,39 do 1,90 (średnio 1,71). Wszystkie próbki z tego profilu są słabo wysortowane, co wskazuje na zmienną dynamikę środowiska (Kenig 2009).

Profil Paplin 5 (ryc. 1, 3e) charakteryzuje się wartościami wysortowania (tab. 1, ryc. 9b) w przedziale od 0,85 do 1,90 (średnio 1,47). Trzy próbki (5B, 5C, 5D) z tego profilu odznaczają się słabym wysortowaniem, a tylko jedna (5A) umiarkowanym. Może to



Ryc. 9. Parametry uziarnienia

a) średnia średnica ( $M_z$ ), b) wysortowanie ( $\sigma_1$ ), punkty badawcze: profile Paplin – 1, 2, 3, 4 i 5

Fig. 9. Grain-size parameters

a) mean grain-size ( $M_z$ ), b) standard deviation ( $\sigma_1$ ), research points: profiles Paplin – 1, 2, 3, 4, and 5

wskazywać na zmienną dynamikę środowiska (Raciniowski i in. 2001).

W większości próbek z analizowanych profili wysortowanie jest słabe, co jest typowe dla wielofrakcyjnych osadów, gdzie zmiennej dynamice środowiska odpowiada właśnie słabe wysortowanie (Kenig 2009).

#### Skośność ( $Sk_1$ )

Wskaźnik ten informuje o zróżnicowaniu dynamiki prądowego środowiska sedymentacyjnego (Tucker 1988, Szmańda 2010).

W profilu Paplin 1 wartości skośności (tab. 1) wahają się w przedziale od  $-0,39$  do  $0,29$  (średnio  $-0,02$ ). Ujemne wartości wskaźnika  $Sk_1$  wskazują na wzbogacenie osadu we frakcje grubsze, co może być interpretowane jako przewaga prędkości większych od przeciętnych w danym środowisku. Może istnieć również tendencja do redepozycji materiału dennego (Raciniowski i in. 2001).

Profile Paplin 2, 3, 4 i 5 charakteryzują się (średnia wartość) dodatnimi wartościami wskaźnika  $Sk_1$  (tab. 1). Wartości te wynoszą w poszczególnych profilach: od  $-0,12$  do  $0,40$  (średnio  $0,08$ ) dla profilu Paplin 2, od  $-0,05$  do  $1,28$   $\varphi$  (średnio  $0,45$   $\varphi$ ) dla profilu Paplin 3, od  $0,11$  do  $0,63$  (średnio  $0,42$ ) dla profilu Paplin 4 oraz od  $-0,21$  do  $0,63$  (średnio  $0,16$ ) dla profilu Paplin 5. Dodatkowo wartości wskaźnika  $Sk_1$  świadczą o doprowadzaniu frakcji drobnych i spadku prędkości przepływu (Tucker 1988, Raciniowski i in. 2001). Następuje koniec transportu materiału poprzez saltację i początek wytrącania z zawiesiny (Visher 1969).

#### Splaszczanie ( $K_G$ )

Wskaźnik splaszczania rozkładów uziarnienia informuje o stabilności dynamiki środowiska prądowego, jak również wskazuje na istnienie jednego, przeważającego, czy kilku źródeł materiału zasilającego dany obszar (Kenig 2009).

W profilu Paplin 1 wartość wskaźnika  $K_G$  (tab. 1) waha się od  $0,73$  do  $1,65$  (średnio  $1,12$ ). Średnia wartość splaszczania (oraz wartości dla próbek 1A, 1D) wskazuje na rozkład leptokurtyczny (splaszczony), co może świadczyć o deficycie osadu w danym środowisku prądowym (Szmańda 2010). Jednak wartości tego wskaźnika różnią się w poszczególnych próbkach. Wartość splaszczania dla próbek 1B, 1E wskazuje na rozkład platykurtyczny (smukły), natomiast w przypadku próbki 1C rozkład jest mezokurtyczny (normalny). Takie zróżnicowanie wartości wskaźnika  $K_G$  może świadczyć o zmiennej dynamice środowiska (Kenig 2009).

W profilu Paplin 2 wartość wskaźnika  $K_G$  (tab. 1) waha się od  $0,52$  do  $1,05$  (średnio  $0,76$ ). Średnia wartość splaszczania (w tym wartości dla próbek 2B, 2D) wskazuje na rozkład platykurtyczny, co może

świadczyć o obecności dużej ilości osadu w środowisku sedymentacyjnym (Raciniowski i in. 2001). Wartości splaszczania dla próbek 2A oraz 2C oznaczają rozkład mezokurtyczny.

W profilu Paplin 3 wartość wskaźnika  $K_G$  (tab. 1) waha się od  $0,66$  do  $2,06$  (średnio  $1,28$ ). Średnia wartość splaszczania (w tym wartości dla próbek 3D, 3E) wskazuje na rozkład leptokurtyczny (splaszczony), co może świadczyć o deficycie osadu w danym środowisku prądowym (Raciniowski i in. 2001). Wartości splaszczania dla próbek 3B oraz 3C oznaczają rozkład platykurtyczny, natomiast wartości  $K_G$  dla próbki 3A – rozkład mezokurtyczny. Takie zróżnicowanie wartości wskaźnika  $K_G$  może świadczyć o zmiennej dynamice środowiska (Kenig 2009).

W profilu Paplin 4 wartość wskaźnika  $K_G$  (tab. 1) waha się od  $0,47$  do  $1,13$  (średnio  $0,77$ ). Średnia wartość splaszczania wskazuje na rozkład platykurtyczny, co może świadczyć o obecności dużej ilości osadu w środowisku (Tucker 1988). Jedynie dla próbki 4A wartości splaszczania oznaczają rozkład leptokurtyczny, co może wskazywać na czasowy brak dostawy materiału (Raciniowski i in. 2001).

W profilu Paplin 5 wartość wskaźnika  $K_G$  (tab. 1) waha się od  $0,69$  do  $1,30$  (średnio  $0,92$ ). Średnia wartość splaszczania, podobnie jak w przypadku profilu Paplin 4, wskazuje na rozkład platykurtyczny. Jedynie dla próbki 5C wartości splaszczania oznaczają rozkład leptokurtyczny.

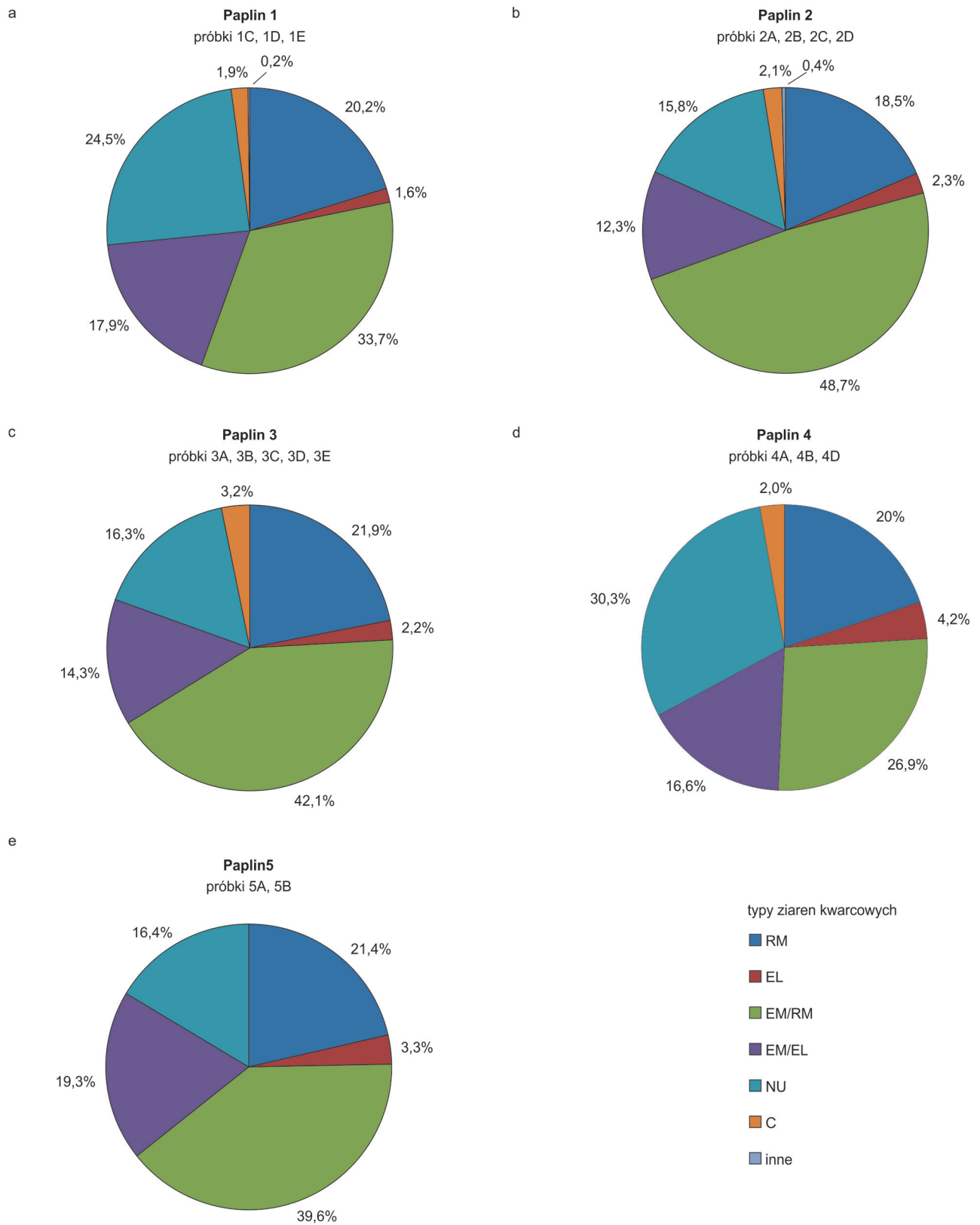
### Obtroczenie i zmatowienie powierzchni ziaren kwarcowych

Analizę obtroczenia i zmatowienia ziaren kwarcowych wykonano na frakcji piaszczystej  $0,5-1,0$  mm. Ponieważ część próbek (1A, 1B, 4C, 5C, 5D) nie miała tej frakcji, nie mogły one zostać wykorzystane do badań.

Podczas analizy zmatowienia i obtroczenia wyróżniono siedem typów ziaren kwarcowych (Goździk 1995, Mycielska-Dowgiałło, Woronko 1998): NU – nieobrobione, RM – okrągłe matowe, EL – obtroczone błyszczące, EM/RM – pośrednie matowe, EM/EL – pośrednie błyszczące, C – pęknięte oraz inne.

Profil Paplin 1 charakteryzuje się przeważającą obecnością ziaren pośrednich matowych EM/RM (33,7%) (ryc. 10a). Licznie występują również ziarna nieobrobione NU (24,5%), okrągłe matowe RM (20,2%) oraz pośrednie błyszczące EM/EL (17,9%). Ziarna pęknięte C (1,9%), obtroczone błyszczące EL (1,6%) oraz inne (0,2%) mają znikomy udział w badanych osadach. Taki charakter powierzchni ziaren kwarcowych może świadczyć o trwaniu procesów eolicznych na tym obszarze (Mycielska-Dowgiałło, Woronko 1998, Kenig 2009).

Podobnie jest w profilu Paplin 2, który charakteryzuje się przeważającą obecnością ziaren pośrednich matowych EM/RM (48,7%) (ryc. 10b). Licznie wy-

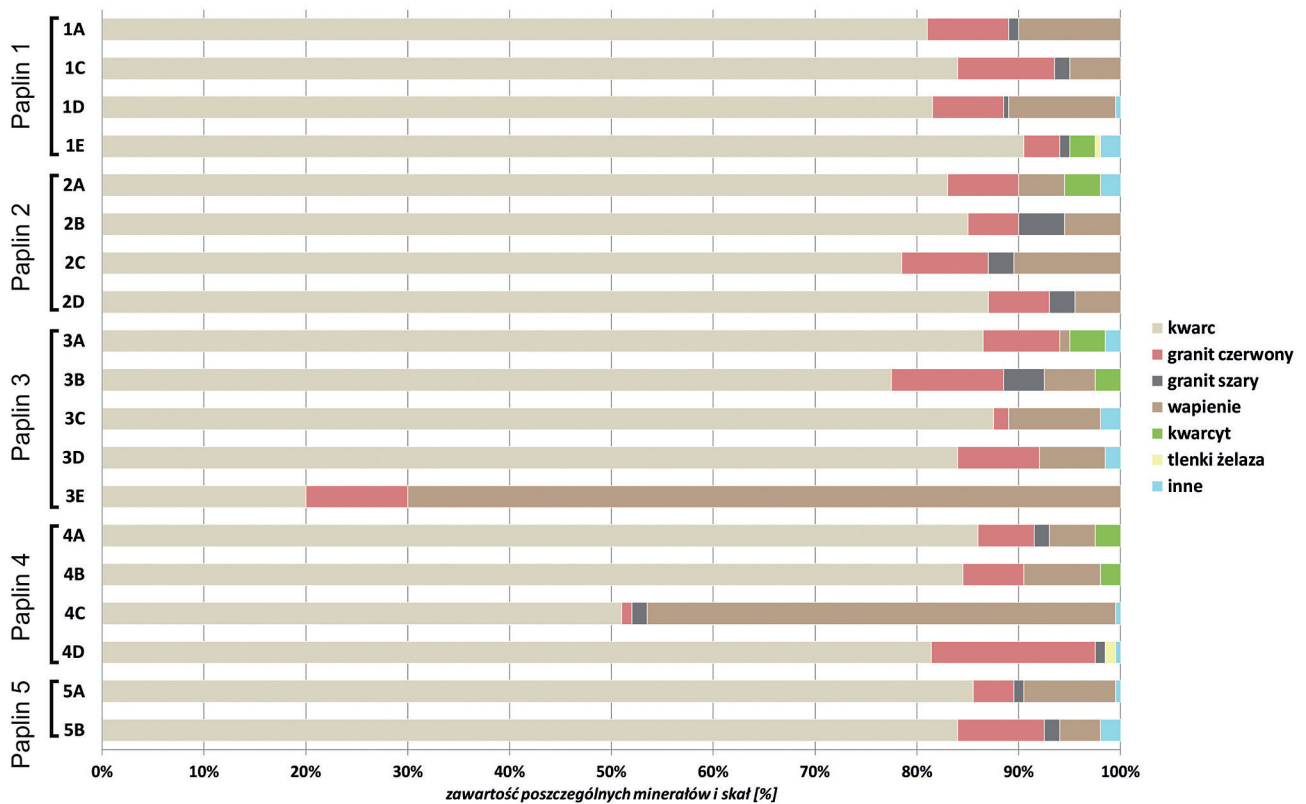


Ryc. 10. Obtoczenie i zmatowienie ziaren kwarcowych

a) profil Paplin 1, b) profil Paplin 2, c) profil Paplin 3, d) profil Paplin 4, e) profil Paplin 5; objaśnienia użytych symboli w tekście

Fig. 10. Rounding and frosting of quartz grains

a) profile Paplin 1, b) profile Paplin 2, c) profile Paplin 3, d) profile Paplin 4, e) profile Paplin 5; explanations of used symbols in the text



Ryc. 11. Skład mineralno-petrograficzny próbek ze żwirowni w Paplinie (profile Paplin 1, 2, 3, 4 i 5)

Fig. 11. The mineral-petrographic composition of samples from Paplin gravel pit (profiles Paplin 1, 2, 3, 4, and 5)

stępują również okrągłe matowe RM (18,5%), ziarna nieobrobione NU (15,8%) oraz pośrednie błyszczące EM/EL (12,3%). Ziarna obtoczone błyszczące EL (2,3%), pęknięte C (2,1%) oraz inne (0,4%) mają znikomy udział w badanych osadach.

Profil Paplin 3 cechuje się przeważającą obecnością ziaren pośrednich matowych EM/RM (42,1%) (ryc. 10c). Licznie występują również ziarna okrągłe matowe RM (21,9%), nieobrobione NU (16,3%) oraz pośrednie błyszczące EM/EL (14,3%). Ziarna pęknięte C (3,2%) oraz obtoczone błyszczące EL (2,2%) mają znikomy udział w badanych osadach.

W profilu Paplin 4 przeważają ziarna nieobrobione NU (30,3%) (ryc. 10 d), jak również licznie występujące ziarna pośrednie matowe EM/RM (26,9%). Ziarna okrągłe matowe RM oraz pośrednie błyszczące EM/EL stanowią odpowiednio 20% i 16,6% badanych ziaren. Ziarna obtoczone błyszczące EL (4,2%) oraz pęknięte C (2%) mają znikomy udział w badanych osadach.

W profilu Paplin 5 brak ziaren pękniętych C oraz innych (ryc. 10 e). Przeważają tutaj ziarna pośrednie matowe EM/RM (39,6%). Licznie występują również ziarna okrągłe matowe RM (21,4%), pośrednie błyszczące EM/EL (19,3%) oraz nieobrobione NU (16,4%). Ziarna obtoczone błyszczące EL (3,3%) mają znikomy udział w badanych osadach. Taki charakter powierzchni ziaren kwarcowych może świad-

czyć, podobnie jak w przypadku pozostałych profili, o transformacji osadów w środowisku eolicznym (Mycielska-Dowgiałło, Woronko 1998).

### Skład mineralno-petrograficzny

W badanych osadach wyróżniono składniki mineralne (kwarc, tlenki żelaza) i składniki lityczne, czyli litoklasty (granit czerwony, granit szary, wapienie, kwarcyt), oraz grupę pojedynczych innych minerałów, nierozpoznanych pod mikroskopem. Część ziaren występowała w postaci zlepów węglanowo-kwarcowych.

We wszystkich próbkach, z wyjątkiem próbek 3E i 4C (ryc. 11), w składzie mineralogicznym dominują ziarna kwarcu. Ziarna kwarcu są bardzo odporne na proces wietrzenia fizycznego, a jego udział procentowy wzrasta z czasem np. w miarę trwania procesu eolicznego. Kwarc może być transportowany na bardzo duże odległości, przez co jest bardzo dobrym wskaźnikiem tzw. dojrzałości mineralogicznej osadów, a wzrost jego udziału w osadzie następuje wskutek eliminacji składników mniej odpornych na wietrzenie fizyczne i chemiczne (Barczuk, Dłużewski 2006, Kenig 2009).

W badanych próbkach licznie występują również wapienie oraz granity czerwone, a granity szare, kwarcyty oraz tlenki żelaza – jedynie lokalnie.

## Podsumowanie

Podstawową frakcją (ryc. 4–8) w badanych osadach stanowi frakcja o średnicy 0,25–0,1 mm (41,7%) i średnicy poniżej 0,1 mm (21,3%). Z pozostałych frakcji na uwagę zasługuje ziarno o średnicy 1,0–0,5 mm (13,9%) oraz 0,5–0,25 mm (11%). Ziarno grubsze, o średnicy 2,0–1,0 mm stanowi 4,6% badanego osadu. Natomiast frakcje drobnożwirowa (4,0–2,0 mm) i średnio- i grubożwirowa (>4,0 mm) mają łączny 7,5-procentowy udział w budowie wysoczyzny polodowcowej. Jest to więc środowisko charakteryzujące się materiałem drobno- i bardzo drobnoziarnistym, o średnio zróżnicowanym składzie, co może wskazywać na niezbyt dynamiczne środowisko depozycji osadu.

Średnia wartość mediany (średniej średnicy)  $M_z$  we wszystkich badanych próbkach wynosi 2,42  $\phi$ , co oznacza, że dominującym typem osadu na terenie żwirowni jest piasek drobnoziarnisty deponowany przede wszystkim z zawiesiny. Dodatnia średnia wartość dla całej żwirowni w Paplinie wskaźnika  $\sigma_1$  (1,43  $\phi$ ) oznacza dużą dynamikę środowiska oraz występowanie strefy rozmywania osadu. Dodatnie wartości wskaźnika  $Sk_1$  (średnio dla całej żwirowni 0,22  $\phi$ ) świadczą o doprowadzaniu frakcji drobnych i spadku prędkości przepływu (Racynowski i in. 2001, Kenig 2009, Szmańda 2010). W końcowym etapie transportu materiał jest przenoszony poprzez saltację, po czym następuje jego wytrącanie z zawiesiny. Jeśli chodzi o wartość spłaszczenia, to profile Paplin 2, 4 i 5 charakteryzują się rozkładem platykurtycznym (spłaszczonym), co może świadczyć o dużym nasyceniu środowiska sedimentacyjnego osadem i depozycji osadu z zawiesiny. Natomiast profile Paplin 1 i 3 charakteryzują się rozkładem leptokurtycznym (smukłym), co wskazuje na deficyt osadu w środowisku.

Podczas analizy zmatowienia i obtoczenia (ryc. 10) wyróżniono siedem typów ziaren kwarcowych (Goździk 1995, Mycielska-Dowgiałło, Woronko 1998): NU – nieobrobione, RM – okrągłe matowe, EL – obtoczone błyszczące, EM/RM – pośrednie matowe, EM/EL – pośrednie błyszczące, C – pęknięte oraz inne. W osadach wysoczyzny polodowcowej zaobserwowano wyraźną dominację ziaren matowych pośrednich, słabo obtoczonych EM/RM (38%) nad ziarnami nieobrobionymi NU (21%) i matowymi okrągłymi (RM) (20,3%). Ziarna błyszczące pośrednie EM/EL stanowiły 15,9% badanych ziaren, natomiast ziarna błyszczące zaokrąglone EL – 2,7%. Stwierdzono równocześnie obecność jedynie 2% typowych ziaren pękniętych C, które mogły uzyskać swój kształt w środowisku glacialnym na skutek istniejących w nim silnych napięć ścinających (w osadach południowo-wschodniej ściany wyrobiska widoczne są zaburzenia glacictoniczne osadów) oraz podczas transportu glacialnego.

Dominacja ziaren typu EM/RM może wskazywać na wzrost aktywności procesów eolicznych w czasie akumulacji badanych osadów (Mycielska-Dowgiałło, Woronko 1998, Kenig 2009).

W analizowanych próbkach (ryc. 11) dominują ziarna kwarcu (78,9% wszystkich badanych ziaren). Okruchy wapieni i fragmenty czerwonego granitu stanowią odpowiednio 11,2% i 7% badanych ziaren. W badanych próbkach znaleźć można również szare granity (1,3%) oraz kwarcyty (0,9%). Pozostałe ziarna mineralne stanowią mniej niż 1% ziaren poddanych analizie mineralogicznej.

Wyniki badań terenowych i laboratoryjnych wskazują na duże zróżnicowanie badanych osadów: od dominujących osadów drobnoziarnistych deponowanych w niskoenergetycznym środowisku, charakteryzujących się warstwowaniami przekątnymi i rynnowymi, do osadów gruboziarnistych deponowanych w środowisku intensywnego przepływu wód z topniejącego łądolodu. Większość osadów była transportowana w zawieszynie.

## Podziękowania

Autorki dziękują dr. inż. Bogusławowi Marcinkowskiemu z Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB za wykonanie analiz składu mineralno-petrograficznego badanych osadów.

## Literatura

- Allen G.P., Castaing P., Klingebiel A., 1972. Distinction of elementary sand populations in the Gironde Estuary (France) by r-mode factor analysis of grain-size data. *Sedimentology* 19: 21–35.
- Barczuk A., Dłużewski M., 2006. Skład mineralno-litologiczny jako podstawa do określenia źródła i wskaźnik stopnia eolizacji osadów wydmowych. W: M. Dłużewski, I. Tsermegas (red.), *Przewodnik terenowy: Geograficzne i geologiczne uwarunkowania rozwoju rzeźby Maroka*. Warsztaty Geomorfologiczne Maroko 2006. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego oraz Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich: 103–112.
- Folk R.L., Ward W.C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3–26.
- Glińska A., Pytliński S., Bębenek S., Kicińska A., Strzeboński P., 2006. Karta Ewidencyjna Stanowiska Dokumentacyjnego „Osady glacialne w żwirowni w Paplinie” nr LDZ 07 08 01, PIG-CAG.
- Glińska A., Pytliński S., Bębenek S., Kicińska A., Strzeboński P., 2010. Karta Dokumentacyjna Geostanowiska „Żwirownia w Paplinie – osady polodowcowe” nr 1449. Ministerstwo Środowiska, PIG-CAG.
- Goździk J., 1980. Zastosowanie morfometrii i granifometrii do badań osadów w kopalni węgla brunatnego Bełchatów. *Stud. Region.*, 4.
- Goździk J., 1995. Wybrane metody analizy kształtu ziarn piasków dla celów paleogeograficznych i stratygraficznych. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.), *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*: 115–132.
- Janicki T., 2007. Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża kruszywa naturalnego „Paplin I” w kat. C1 rozliczający zasoby

- złoża. Zakład Usług Geologicznych i Ochrony Środowiska; PIG-CAG.
- Kenig K., 1999. Analiza składu mineralno-petrograficznego frakcji piaszczystej. W: L. Marks, A. Ber (red.), *Metodyka opracowania Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000*. Wydawnictwa Państwowego Instytutu Geologicznego.
- Kenig K., 2009. Litologia glin morenowych na Nizinie Polskiej – podstawowe metody badawcze. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 437: 1–58.
- Krumbein W.C., 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 11: 54–72.
- Markowiak M., 2010. Karta Dokumentacyjna Geostanowiska „Żwirownia w Paplinie” nr 1617. Ministerstwo Środowiska, PIG-CAG.
- Mycielska-Dowgiałło E., 1995. Wybrane cechy teksturalne osadów i ich wartość interpretacyjna. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.), *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*: 29–104.
- Mycielska-Dowgiałło E., 2001. Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu. *Pracownia Sedymentologiczna, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, Warszawa*.
- Mycielska-Dowgiałło E., 2007. Metody badań cech teksturalnych osadów klastycznych i wartość interpretacyjna wyników. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.), *Badania cech teksturalnych osadów czwartorzędowych i wybrane metody oznaczania ich wieku*. Wydawnictwo SWPR, Warszawa: 95–180.
- Mycielska-Dowgiałło E., Woronko B., 1998. Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i jej wartość interpretacyjna. *Przegląd Geologiczny* 46: 1275–1281.
- Mycielska-Dowgiałło E., Ludwikowska-Kędzia M., 2011. Alternative interpretation of grain-size data from Quaternary deposits. *Geologos* 17(4): 189–203.
- Raciniowski R., Szczypek T., Wach T., 2001. Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- Szymańska J.B., 2010. Litodynamiczna interpretacja środowiska fluwialnego na podstawie wskaźników uziarnienia – przegląd wybranych metod. *Landform Analysis* 12: 109–125.
- Tucker M. (red.), 1988. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications.
- Visher G.S., 1969. Grain-size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology* 39: 1074–1106.