

Emilia Bala<sup>1</sup>

## STREFA BRZEGOWA I CHARAKTER OSADÓW PLĄŻOWYCH JEZIORA WAST WATER (NW ANGLIA)

WAST WATER LAKE'S (NW ENGLAND) SHORE ZONE AND  
CHARACTER OF BEACH SEDIMENTS

### Abstrakt

Opracowanie zostało poświęcone jezioru Wast Water, położonemu w północno-zachodniej Anglii (Wielka Brytania). Celem pracy było określenie cech teksturalnych osadów plażowych przy zastosowaniu analizy uziarnienia oraz analizy kształtu klastów wg Zingga (1935) oraz Sneed'a i Folka (1958). W celu lepszego rozpoznania procesów wpływających na cechy teksturalne osadów podzielono plaże na erozyjne i akumulacyjne. Plaże erozyjne zwykle towarzyszą krawężnikom zbudowanym z gliny polodowcowej, natomiast akumulacyjne częściej występują przy ujściach rzek do jeziora. Analizy wykazały, że osad zalegający na plażach częściej wykazuje cechy typowe dla środowiska rzecznoego lub też stokowego, niż został przekształcony przez ruchy wody jeziornej.

**Słowa kluczowe:** Strefa brzegowa jezior, osady plażowe jezior, Park Narodowy Lake District

### Abstract

This study is dedicated to Lake Wast Water (NW England, Great Britain) and the character of its beach sediments. In order

<sup>1</sup>Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytet Warszawski, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

to prove all the propositions there have been used two analyses: granulometric and pebble shape according to Zingg (1935) and Sneed & Folk (1958). The beaches have been categorized by the processes that led to their existence. This division has been made for a better recognition of the processes that have had the biggest influence on the textural features of the beach sediments. Erosion beaches mostly occur next to till edges and accumulative beaches can be found more often next to deltas of the rivers flowing into the lake. The whole research has shown that beach sediments are more often typical for fluvial or slope environment rather than have been changed by the lake water movements.

**Key words:** lake's shore zone, lake's beach sediments, Lake District National Park

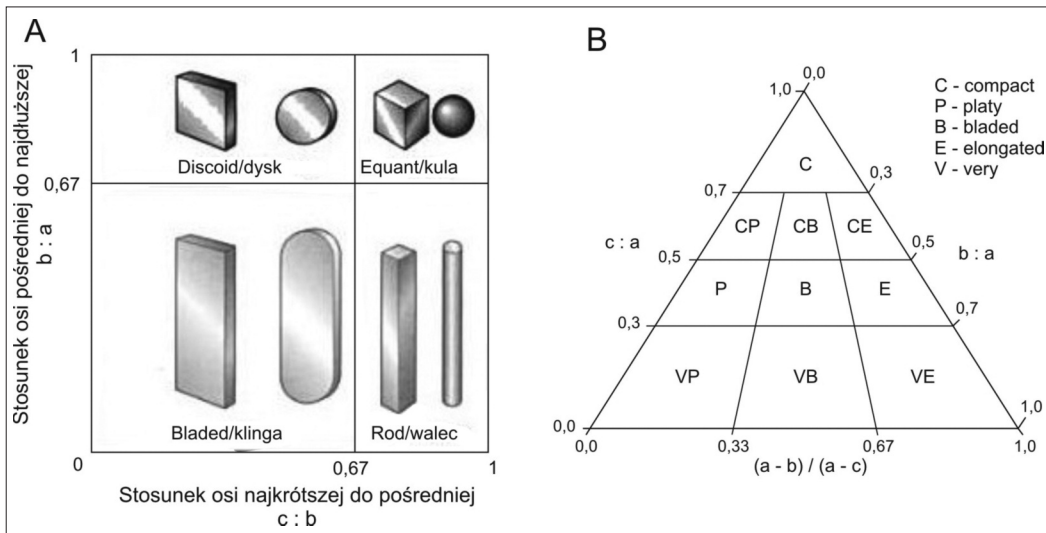
## Wstęp

Strefa brzegowa jezior nie cieszy się dużym zainteresowaniem badaczy. Zdecydowanie częściej prowadzone są badania dotyczące cech sedimentologicznych osadów plaż morskich i form z nimi związanych. Te zagadnienia poruszane są przez naukowców z całego świata (Hart, Flint 1989, 1995; Bluck 1999; Bluck i in. 2001; Dashtgard i in. 2006). Autorzy koncentrują się nie tylko na samym procesie prowadzącym do powstania plaży, ale również form rzeźby powstających w zasięgu działania wody morskiej. Coraz częściej poruszane są także zagadnienia dotyczące sortowania żwirów zalegających na plażach (Bluck 1999; Bluck i in. 2001; Neal i in. 2002). W Polsce osadami plażowymi jezior zajmowali się m.in. Rühle (1961), Starkel (1998) i Rutkowski (2001), większym zainteresowaniem natomiast cieszą się osady denne badane m.in. przez Wicika (1979, 1984), Więckowskiego (1966), Wicika i Więckowskiego (1991) oraz Kotarbę (1996).

Mimo tak bardzo rozwiniętych badań na temat strefy brzegowej mórz, trudno jest porównywać z nim środowisko jeziorne o znacznie mniejszej kompetencji.

Lake District jest bardzo popularnym obszarem badawczym wśród brytyjskich naukowców. Zainteresowania badaczy koncentrują się jednak na formach rzeźby związanych z ostatnimi zlodowaczeniami, reliktowych formach peryglacialnych oraz współczesnych procesach stokowych i fluwialnych (Caine 1963; Hervey, Barnes 1970; Newson, Leeks 1985; Boardman 1991, 1996; Bowen 1991; Huddart 1991). Ponadto prowadzone są tu również badania hydrologiczne, geochemiczne (Fryer 1991; Ratcliffe 2002) i biologiczne (Tipping i in. 2002).

Celem niniejszej pracy jest rozpoznanie, na podstawie analizy teksturalnej osadów, zmian zachodzących w obrębie strefy brzegowej jeziora Wast Water. Dokładne rozpoznanie osadów plażowych i procesów zachodzących w tej strefie pozwoli określić źródło pochodzenia materiału skalnego, dynamikę falowania oraz przybliżony czas trwania procesu.



Ryc. 1. A – Diagram Sneed i Folka (1958), B – Diagram Zingga (1935)

Fig. 1. A – Sneed & Folk triplot diagram (1958), B – Zingg diagram (1935)

Do dokładanego rozpoznania osadów plażowych jeziora wykorzystano metodę Zingga (1935), Sneeda i Folka (1958) oraz analizę uziarnienia (Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski, 1995). Do metody Zingga oraz Sneeda i Folka wykorzystano frakcję kamienistą 7-10 cm z możliwie każdej badanej formy. Metoda Zingga (1935) polega na klasyfikacji kształtu klastów z wykorzystaniem pomiarów trzech osi, gdzie  $a$  – to oś najdłuższa,  $b$  – pośrednia,  $c$  – najkrótsza. Aby określić dokładnie kształt klastów, należy obliczyć stosunek osi pośredniej ( $b$ ) do najdłuższej ( $a$ ) i najkrótszej ( $c$ ) do pośredniej ( $b$ ). Uzyskane wyniki prezentuje się w formie diagramu (ryc. 1A), gdzie pole 1 oznacza klasty dyskooidalne, 2 – w kształcie kuli, 3 – klingi, 4 – walca. W analizie Sneeda i Folka (1958) również należy zmierzyć trzy osie: najdłuższą ( $a$ ), pośrednią ( $b$ ) i najkrótszą ( $c$ ). Wyniki zestawia się w diagramie trójkątnym (ryc. 1B), gdzie pole oznaczone literą C oznacza klasty o kształcie najbardziej zwartym, P – klasty spłaszczone, B – klasty w kształcie klingi, E – klasty o wydłużonym kształcie, V – bardzo, czyli np. klasty oznaczone na diagramie symbolem VP oznaczają klasty bardzo spłaszczone, a te oznaczone symbolem VE – bardzo wydłużone (Sneed, Folk, 1958).

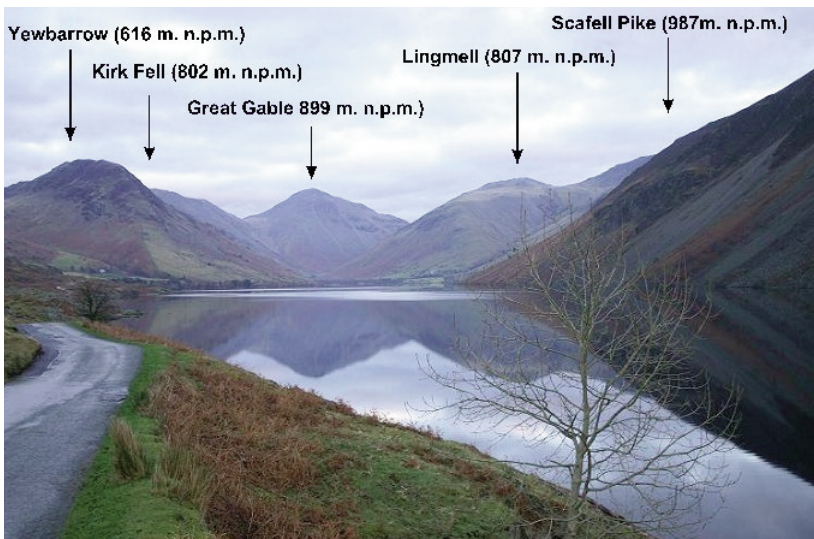
Do analizy uziarnienia natomiast pobrano próbki w profilu plaży, przy czym próbka oznaczona literą „a” została pobrana najbliżej wody, natomiast „e” – najdalej.

## Charakterystyka obszaru badań

Jezioro Wast Water jest położone we wschodniej części Narodowego Parku Lake District w północno-zachodniej Anglii, w hrabstwie Cumbria (ryc. 2). Jest to najgłębsze jezioro w Anglii (76 m głębokości). Jest to również jedno z nielicznych jezior angielskich o złożonej genezie. Zajmuje ono bowiem obniżenie w miejscu uskoku, pogłębionego w wyniku działania na tym obszarze procesów glacialnych podczas zlodowaceń plejstocénskich (Boardman 1996).



Ryc. 2. Lokalizacja obszaru badań  
Fig. 2. Location of research area



Ryc. 3. Widok na szczyty otaczające jezioro West Water  
Fig. 3. View at the hills surrounding West Water lake

Obszar badań jest dość zróżnicowany pod względem ukształtowania powierzchni. Jezioro zajmuje obniżenie tektoniczne pogłębione przez lodowiec plejstoceński. U południowo-wschodniego brzegu znajduje się wzniesienie Wasdale, ze szczytem Ilgill Head (609 m n.p.m.) i Whin Rigg (535 m n.p.m.), na którym w wyniku działania procesów peryglacjalnych powstały stożki usypiskowe schodzące do dna jeziora. Na wschód od Wasdale znajduje się najwyższy szczyt Anglii Scafell Pike (978 m n.p.m.), od północy i północo-wschodu dolinę zamykają wzniesienia Yewbarrow (616 m n.p.m.), Pillar (892 m n.p.m.), Kirk Fell (802 m n.p.m.) i Great Gable (899 m n.p.m.) (ryc. 3). Wszystkie wzniesienia otaczające jezioro Wast Water charakteryzują się skalnymi i bardzo stromymi zboczami, na których w wielu przypadkach ciągle aktywne są piargi.

Jezioro Wast Water charakteryzuje się stosunkowo regularną linią brzegową. Najbardziej urozmaicony jest północny brzeg jeziora, co jest wynikiem zachodzących tam procesów. Występują tam liczne, lecz nieduże kamieniste plaże, osady deltowe rzek wpływających do jeziora i strome skalne brzegi.

Dolina, którą zajmuje jezioro, jest płaskodenna i nosi nazwę Wasdale. Wast Water jest jeziorem przepływowym, przy czym wpływa do niego wiele strumieni górskich, a wypływa tylko jedna rzeka – River Irt, oddająca swoje wody do Morza Irlandzkiego.

### **Budowa geologiczna**

Dolina Wasdale znajduje się w obrębie jednostki geologicznej nazywanej Borrowdale Volcanic Group, którą tworzą skały wulkaniczne wieku środkowo-ordowickiego (Landleil). Są to m.in. tufy lapilli i ryolitowe, andezyty, dacyty, ryolity, dioryty, porfiry granitowe, bazalty i brekcje wulkaniczne (Branney, Sopper 1988; British Geological Survey 1998; Millward i in. 2000). Na zachód od jeziora, w okolicach wsi Wasdale Head występują intruzje granitowe (Eskdale Granite) zbudowane ze skał granitowych, mikrogranitowych, riolitowych oraz granofirowych (British Geological Survey 1998; Millward i in. 2000).

Dolina Wasdale odznacza się również występowaniem licznych uskoków. Największy biegnie wzdłuż jeziora od Wasdale Head do południowo-zachodniego krańca jeziora. Od wschodu jest ograniczony uskokiem Whillan Beck Fault, a od zachodu Greendale Fault. Do samego uskoku Wasdale dochodzą niemalże prostopadle liczne znacznie mniejsze uskoki (Ratcliffe 2002; Millward i in. 2000; Moseley 1978; Shackleton 1966; Smith 1965).

### **Osady czwartorzędowe**

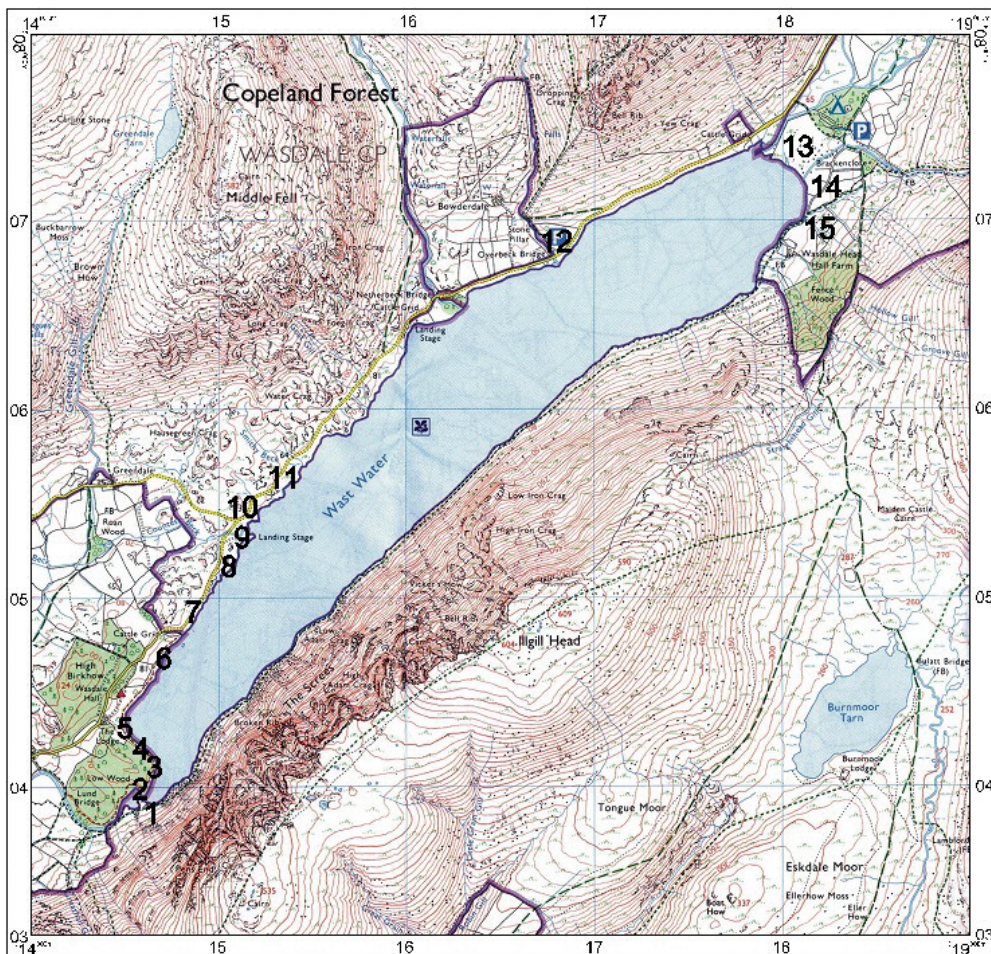
Obszar Narodowego Parku Lake District był wielokrotnie zlodowacony w plejstocenie. Ostatnim zlodowaceniem na tym terenie był Late Devensian Ice Age (75-10 ka BP). Najlepiej zachowały się osady i formy terenu z faz: Dimlington Stadial (26-13 ka BP) i Loch Lomond Stadial (11-10 ka BP) korelujący z Młodszym Dryasem (Marr 1916; Shackleton 1966, Pennington 1978). Badania dowodzą, że Dimlington Stadial miał znacznie większy zasięg i w związku z tym pozostawił po sobie więcej zarówno osadów, jak i form polodowcowych, np. nunataki w centralnej części Lake District (Lamb, Ballantyne 1998), drumliny (Clark 1997; Clark, Stokes 2003), jeziora proglacjalne Wasdale i Eskdale (Smith 1932; Huddart 1991; Huddart, Tooley 1972), cyrki polodowcowe (Evans, Cox 1995) oraz doliny U-kształtne. Z fazy Dimlington Stadial pochodzą różne rodzaje glin: zwałowa, z wytopienia, z odłożenia, zawierające głązy rodzimego pochodzenia (Millward i in. 2000). Występują tu także osady glacyfluwialne. Najstarsze osady fluwialne prawdopodobnie zostały pozostawione przez wody lodowcowe (Pennington 1978, Evans i in. 2005). Obecność rzek i potoków górskich wiąże się z występowaniem współczesnych osadów fluwialnych.

### **Formy rzeźby strefy brzegowej**

Głównymi formami rzeźby strefy brzegowej jeziora Wast Water są plaże, krawędzie erozyjne, stożki usypiskowe oraz brzegi skalne zbudowane ze skał wulkanicznych, w minimalnym stopniu ulegające procesom wietrzenia. Cała linia brzegowa jeziora ma długość

11,6 km, a poszczególne jej części następująco: plaże i delty rzek ok. 6 km, stożki usypiskowe 2,6 km, brzegi skalne ok. 3 km.

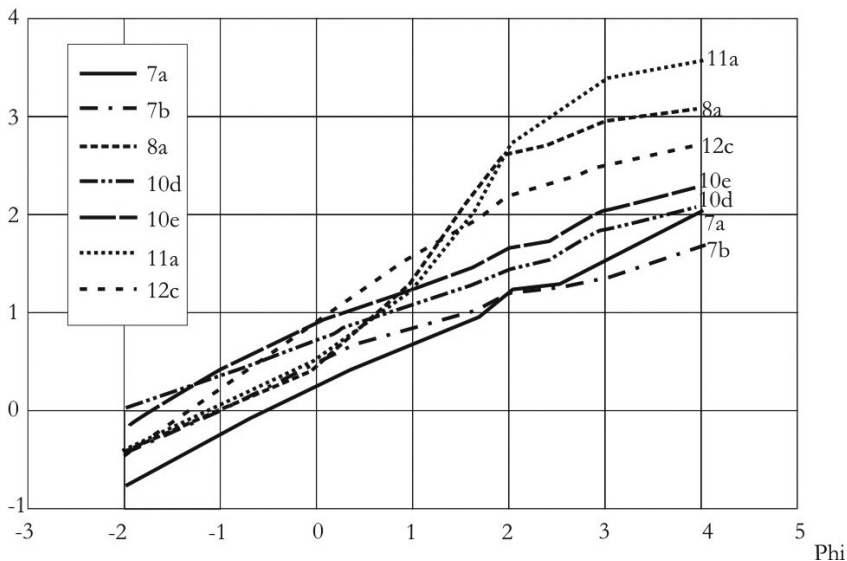
Do oceny źródła pochodzenia osadów plażowych jeziora wykonano analizę uziarnienia (Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski 1995) oraz kształtu według Zingga (1935) oraz Sneed a i Folka (1958). Badania przeprowadzono na aktywnych pod względem procesów rzeźbotwórczych formach brzegowych, które objęły plaże i towarzyszące im krawędzie erozyjne.



Ryc. 4. Lokalizacja punktów pomiarowych

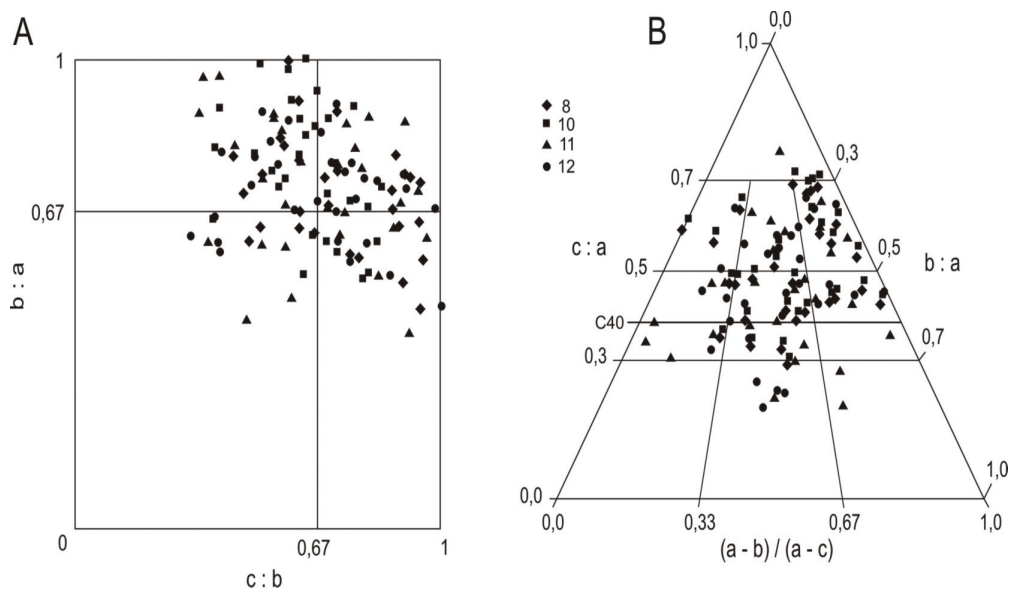
Fig. 4. Location of test points

Krawędzie nad jeziorem Wast Water są niewielkimi formami o wysokości nieprzekraczającej 0,5 m. Na mapie lokalizacyjnej (ryc. 4) oznaczono je punktami 7, 8, 10, 11, 12. Występują głównie w zachodniej części jeziora, często dostęp do nich utrudnia porastająca brzegi roślinność. Do badań wykorzystano tylko te krawędzie, które znajdują się w sąsiedztwie plaż. Są one zbudowane z gliny wzbogaconej o okruchy skalne pochodzenia wulkanicznego, tworzącej taras nadzalewowy. We wszystkich odsłonięciach można wyróżnić dwa, czasem nawet trzy poziomy gliny, różniące się od siebie głównie kolorem. Osad budujący krawędzie to masywne bezstrukturalne ily o dużej kohezji, z dużą zawartością drobnoziarnistego żwiru z występującymi głazami. Analiza uziarnienia została wykonana z osadu pobranego z każdej widocznej warstwy. Krzywe kumulacyjne (ryc. 5) wskazują osad źle wysortowany, co mogłoby wskazywać na gwałtowną sedymentację charakterystyczną dla osadów glacyfluwalnych.



Ryc. 5. Krzywe kumulacyjne osadów plaż akumulacyjnych, 7, 8, 10, 11, 12 – punkty pomiarów zgodnie z ryc. 4

Fig. 5. Cumulative curves of accumulation beaches sediments, 7, 8, 11, 12 – sampling points according to fig. 4



Ryc. 6. Kształt klastów frakcji 7-10 cm w osadach z krawędzi, A – diagram Sneeda i Folka (1958), B – Diagram Zingga (1935); 8, 10, 11, 12 – punkty zgodnie z ryc. 4

Fig. 6. Pebbles shape (7-10 cm) in till edge sediments; A – Sneed & Folk's diagram (1958), B – Zingg's diagram (1935), 8, 10, 11, 12 – points according to fig. 4

Do analizy kształtu Sneeda i Folka (1958) zmierzono po 30 klastów z każdej badanej formy w przedziale 7-10 cm. W badanych odsłonięciach najczęściej występują klasty o kształcie klingi i walca, a w najmniejszej ilości klasty spłaszczone (ryc. 6). Ponadto w niektórych miejscach znajdują się głazy o średnicy powyżej 30 cm. Z krawędzi w punkcie 7 analiza kształtu klastów nie została wykonana ze względu na zbyt małą liczbę klastów w badanym przedziale wielkości. Wykonane badania pozwoliły na potwierdzenie wcześniejszych założeń, że depozycja odbywała się gwałtownie. Wskazuje na to źle wysortowany materiał drobnoziarnisty, licznie występujące klasty frakcji kamienistej oraz wyniki badań z klasyfikacji kształtu.

Stożki usypiskowe znajdujące się nad jeziorem nie zostały objęte badaniami ze względu na ich trudną dostępność oraz wielkość frakcji (fot. 1). Zajmują one cały południowo-wschodni brzeg jeziora, co stanowi 22,4% całej linii brzegowej. Formy te składają się

z wielu rynien biegnących żlebami, łączących się ze sobą w usypiska schodzące do dna jeziora (Boardman 1996). Materiał skalny budujący usypiska to gruboklastyczne, nieco zaokrąglone andezytowe okruchy skalne o wielkości od 2,5 do 60 cm. Charakteryzują się normalnym uziarnieniem frakcjonalnym – średnia średnica ziarna wzrasta ku dołowi profilu. Brytyjscy naukowcy (Boardman 1996; Ballantyne, Harris 1994; Caine 1963) uważają, że formy te powstały w wyniku procesów peryglacjalnych. Obecnie stożki są aktywne tylko w miejscach nieustabilizowanych przez roślinność.

Plaże nad jeziorem Wast Water stanowią ponad 50% linii brzegowej. Większość z nich została wykształcona w pobliżu ujść potoków górskich wpływających do jeziora (plaże akumulacyjne), inne natomiast towarzyszą wspomnianym wcześniej krawędziom zbudowanym z gliny (plaże erozyjne).

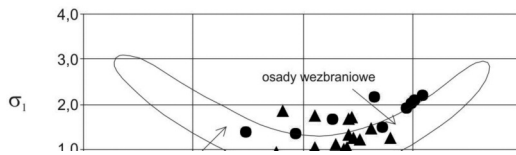
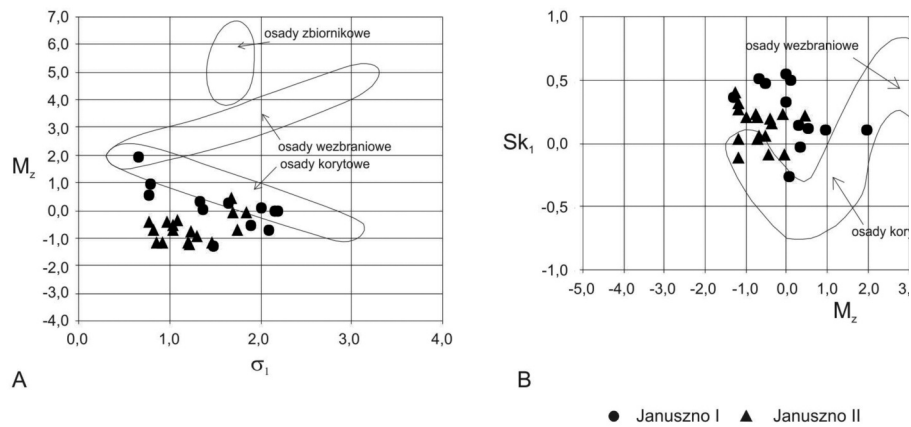
### **Plaże akumulacyjne**

Do plaż akumulacyjnych, na które nie mają wpływu rzeki wpływające do jeziora, zaliczono te, które powstały w pobliżu ujścia rzeki Irt z jeziora; na mapie lokalizacyjnej oznaczono je punktami 1, 2, 3 (ryc. 4).

W miejscu wypływu rzeki Irt z jeziora (SW część jeziora) oraz w sąsiedztwie aktywnych stożków usypiskowych wykształciła się plaża z akumulacji materiału stokowego (pkt 1, ryc. 4). Tę tezę potwierdza słabe nachylenie krzywych uziarnienia dotyczących drobniejszych osadów zalegających pod brukiem żwirowym (ryc. 7) oraz brak sortowania klastów pod względem kształtu (występują tu wszystkie kształty klastów) (ryc. 8). Słabo nachylone krzywe uziarnienia wskazują na złe wysortowanie osadu, zatem również na krótki transport (Mycielska-Dowgiałło, Ludwikowska-Kędzia 2011). Obserwuje się tu wzrost średniej średnicy ziarna wraz z oddalaniem się od brzegu.

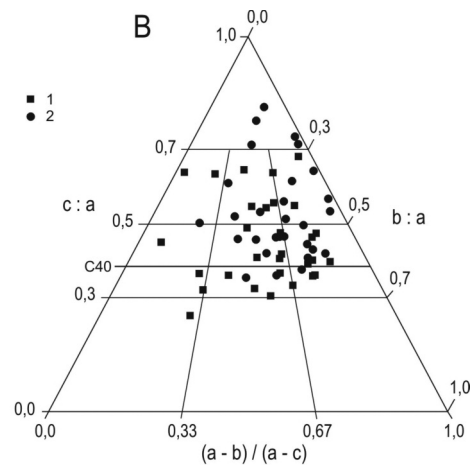
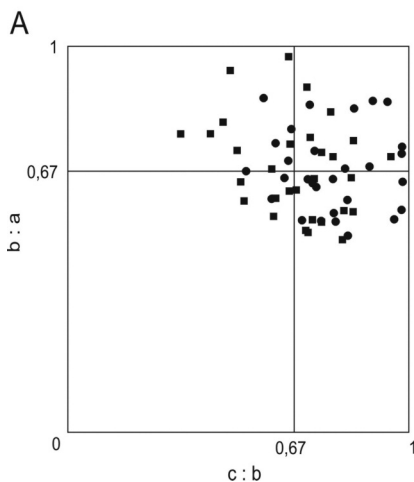
Po drugiej stronie rzeki Irt (pkt 2) wykształciła się również plaża akumulacyjna. Przypuszcza się, że powstała ona na skutek przemieszczania się osadu wzdłuż brzegu. Osad tu jest również źle wysortowany (ryc. 7). Na plaży zalega osad gruboziarnisty, ale mało

zróznicowany pod względem wielkości. Analiza Zingga (1938), Sneda i Folka (1958) wykazała przewagę klastów o kształcie walca (ryc. 8), która potwierdza tezę o przemieszczaniu się osadu wzdłuż brzegu. Krzywe kumulacyjne dotyczące osadu zalegającego pod brukiem wskazują na drugi typ krzywych (Mycielska-Dołwiało, Ludwikowska-Kędzia 2011), charakterystyczny dla osadów przemieszczanych w środowisku o dość dużej dynamice.



Ryc. 7. Krzywe kumulacyjne osadów plaż akumulacyjnych, 1, 2, 3 – punkty pomiarowe zgodnie z ryc. 4

Fig. 7. Cumulative curves of accumulative beaches' sediments, 1, 2, 3 – sampling points according to fig. 4



Ryc. 8. Kształt klastów frakcji 7-10 cm w osadach plaż akumulacyjnych, A – diagram Sneeda i Folka (1958), B – Diagram Zingga (1935); 1, 2 – punkty pomiaru klastów zgodnie z ryc. 4

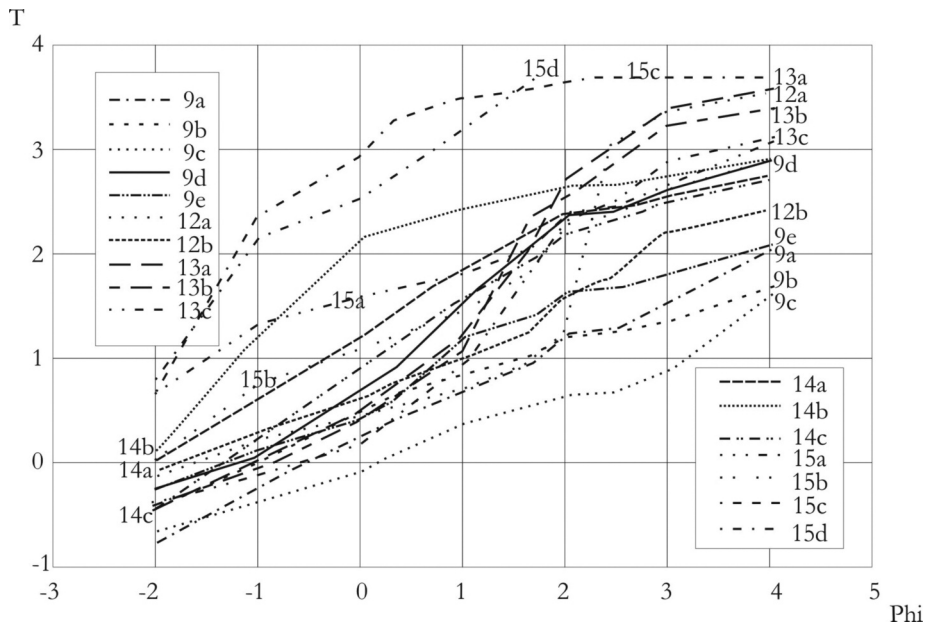
Fig. 8. Pebbles shape (7-10 cm) in accumulation beaches sediments; A – Sneed & Folk's diagram (1958), B – Zingg's diagram (1935), 1, 2 – sampling points according to fig. 4

Kolejna plaża (pkt 3), położona na północ od wcześniej omawianej, położona jest w miejscu bardzo wrażliwym na wszelkie zmiany, gdyż powstała tam, gdzie jezioro się zwęża i przechodzi w rzekę Irt. Plaża ta jest zbudowana z drobniejszego osadu i o nieco lepszym wysortowaniu niż wcześniej omawiane (ryc. 7). Można zatem wnioskować o dłuższym okresie depozycji niż w przypadku plaż w punktach 1 i 2.

W ujściach rzek Countess Beck (pkt 9) i Over Beck (pkt 12) wykształciły się delty (ryc. 4). Plaża przy ujściu Countess Beck (fot. 2) jest nad jeziorem drugą co do wielkości. Znaczna jej część jest odgradzona od strony jeziora wałem głazów przyniesionych najprawdopodobniej przez ludzi (Boardman 1996). Osad obu plaż jest dość zróżnicowany pod względem frakcyjnym (ryc. 9). Na powierzchni najczęściej występuje duża frakcja, głównie w kształcie klingi i walca, mniej zaobserwowano form spłaszczonych i kulistych (ryc. 10). Osad pod brukiem jest słabo wysortowany; najlepszym wysortowaniem charakteryzuje się osad z okolicy ujścia rzeki Over Beck (pkt 12). Na plażach akumulacyjnych zalega osad z przewagą gruboziarnistego piasku z domieszką drobnego żwiru. Z tego względu można wnioskować o dużej dynamice ośrodka transportującego, charakterystycznego dla wód wezbraniowych i fluwiogłacjalnych (Mycielska-Dowgiałło, Ludwikowska-Kędzia 2011). W takich warunkach depozycja zachodzi bez wcześniejszego sortowania.

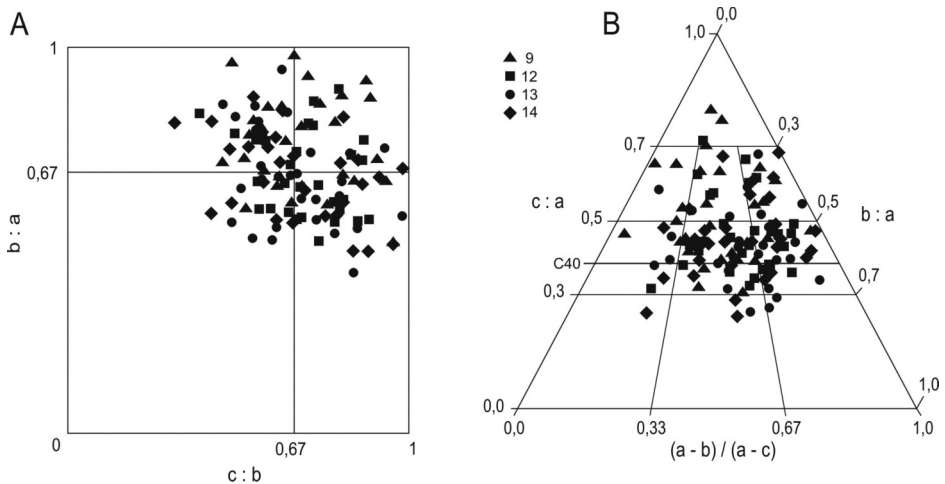
Największą nad jeziorem Wast Water jest plaża położona w NE części jeziora (ryc. 4, pkt. 13, 14, 15). Jej szerokość dochodzi do 6 m, a długość wynosi ok. 1,2 km (Boardman 1996). Forma ta jest porozcinana korytami potoków Mosedale Beck/Lingmell Beck i Lingmell Gill (fot. 3) wpływającymi do jeziora. Osad budujący tę plażę to głównie osad grubożwirowy i kamienisty pochodzący z masywu Scafell i przetransportowany przez wymienione rzeki.

Zaobserwowano, że średnia średnica ziarna osadów zalegających na plaży maleje z południa na północ. Średnia wielkość klastów w obrębie delty Mosedale Beck wynosi ok. 17 cm, a Lingmell Gill – 32 cm (Boardman 1996). Podobna zależność występuje w miarę odsuwania się od brzegu w stronę lądu, co jest typowe dla zbiorników jeziornych (Twenhofl 1932, za Håkanson, Jansson 1983, Gradziński i in. 1986, Choiński 1995). Przeprowadzone badania kształtu klastów wskazują, że rzeka Lingmell Gill charakteryzuje się większą dynamiką niż Mosedale Beck. W Lingmell Gill (14) występuje przewaga klastów o kształcie klingi i walca, świadczących o transporcie przez toczenie po dnie (Zingg 1938). Osady delty Mosedale Beck (13) są dość zróżnicowane i nie ma tu wyraźnego sortowania pod względem kształtu (ryc. 10). Analiza uziarnienia (ryc. 9) wskazuje na osad słabo wysortowany, ale zróżnicowany przestrzennie. Osad z okolicy Lingmell Beck (13) jest lepiej wysortowany niż z okolicy Lingmell Gill (14) (ryc. 9). Osad z tych miejsc można wiązać z nagłą depozycją wynikającą z opadania fali wezbraniowej (Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski 1995). Różnica w kształcie krzywych przedstawionych na ryc. 9 wynika z długości transportu materiału. Osad zalegający bliżej rzeki Lingmell Beck jest lepiej wysortowany, gdyż przebył dłuższą drogę. W analizie uwzględniono również fragment plaży położony w pobliżu Wasdale Farm (pkt. 15). Osad w tym miejscu charakteryzuje się jednak znacznie drobniejszą frakcją (analiza Zingga nie była tu wykonana ze względu na zbyt małą frakcję). Analiza uziarnienia wskazuje na transport na krótkim odcinku w wodach o dużej dynamice (Mycielska-Dowgiałło, Ludwikowska-Kędzia 2011) – osad jest źle wysortowany (ryc. 9). Przypuszcza się, że na charakter osadów miał wpływ stromy stok wykorzystywany pod wypas owiec, po którym prowadzi szlak turystyczny. Zaznacza się to zwiększoną dostawą zwietrzliny ze stoku do osadów rzecznych i plażowych.



Ryc. 9. Krzywe kumulacyjne osadów deltowych, 9, 12, 13, 14, 15 – punkty pomiarowe zgodnie z ryc. 4

Fig. 9. Cumulative curves of delta's sediments, 9, 12, 13, 14, 15 – sampling points according to fig. 4



Ryc. 10. Kształt klastów frakcji 7-10 cm w osadach deltowych rzek, A – diagram Sneed i Folka (1958), B – Diagram Zingga (1935); 9, 12, 13, 14 – punkty pomiaru klastów zgodnie z ryc. 4

Fig. 10. Pebbles shape (7-10 cm) in delta's sediments; A – Sneed & Folk's diagram (1958), B – Zingg's diagram (1935), 9, 12, 13, 14 – sampling points according to fig. 4

## Plaże erozyjne

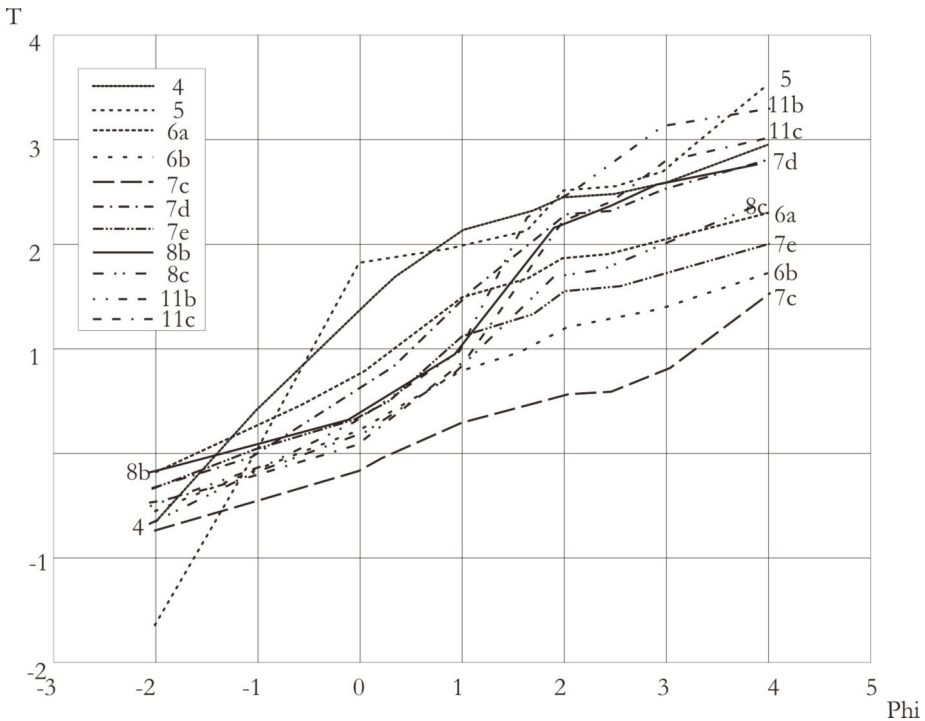
Plaże erozyjne towarzyszą przede wszystkim krawędziom zbudowanym z gliny stanowiącej taras nadzalewowy. Są to z reguły małe formy, o szerokości od 1 do 1,5 m. Charakterystyczne dla nich jest zróżnicowanie pod względem składu frakcjonalnego. Obserwacje wykazały na zmniejszającą się średnią średnicę ziarna wraz z przemieszczaniem się ku południo-zachodowi jeziora (ku rzece Irt). Plaże erozyjne na mapie lokalizacyjnej zostały oznaczone punktami: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 (ryc. 4).

Osad plaży położonej w pobliżu wypływu rzeki Irt (pkt 4) charakteryzuje się najdrobniejszym materiałem w porównaniu z innymi plażami erozyjnymi, co nie pozwoliło na wykonanie analizy kształtu klastów. Analiza uziarnienia wskazuje natomiast na bardzo dobrze wysortowany osad. W badanym osadzie przeważa gruboziarnisty piasek, natomiast w miejscu położonym bardziej na północ (pkt 5) – żwir drobnoziarnisty. W krzywej kumulacyjnej (ryc. 11) najlepiej jest wykształcony człon B, przemawiający za transportem w zawieszynie. Jezioro cechuje się dość częstymi wahaniami stanu wody, co potwierdzałoby tezę o pochodzeniu osadu zalegającego na tych plażach z podwyższonymi stanami wody. W przypadku osadu z punktu 5 maksimum kompetencji mieści się w przedziale od 0 do -3 phi (lepiej wykształcony człon A w krzywej kumulacyjnej), co wskazuje na transport w środowisku o dużej kompetencji, co można wiązać z wpływem falowania na sortowanie osadu.

Plaża położona najbliżej Wasdale Hall Youth Hostel (pkt 6, ryc. 4), u podnóża skalnego brzegu, charakteryzuje się osadem względnie dobrze wysortowanym. Przeważa tu bardzo gruboziarnisty piasek, a krzywe kumulacyjne (ryc. 11) można zaliczyć do typu pośrednich (Mycielska-Dowgiałło, Ludwikowska-Kędzia 2011), które wskazują na młody, nieredeponowany osad transportowany w środowisku o dużej dynamice lub też taki który był pod wpływem dwóch bądź więcej procesów. Dalej na północo-wschód położona jest plaża u podnóża krawędzi zbudowanej z gliny polodowcowej (pkt 7). Cechuje ją osad dość słabo wysortowany frakcjonalnie. Krzywe kumulacyjne, podobnie jak w poprzednim punkcie, można

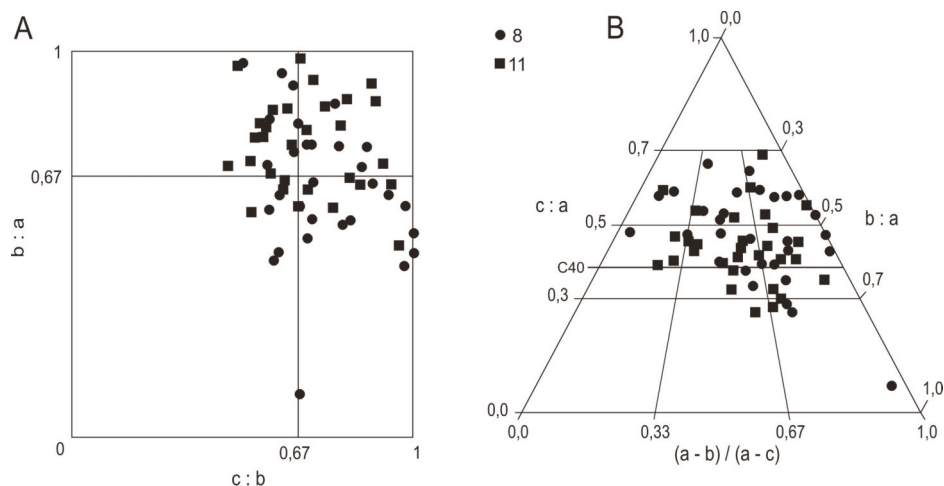
zaliczyć do typu 2 (krzywe pośrednie). Słabsze wysortowanie osadu można wiązać z dostarczaniem materiału różnej wielkości z krawędzi. Analiza kształtu klastów tu również nie została wykonana, ze względu na niewystarczającą liczbę klastów w badanym przedziale.

Najbardziej zbliżonymi cechami teksturalnymi charakteryzują się plaże położone w podobnej odległości od ujścia rzeki Countess Beck (pkt 8 i 11, ryc. 4). Obie plaże powstały u podnóża krawędzi zbudowanych z gliniastego diamiktonu i są podobnej wielkości. Na ich powierzchni zalegają klasty pochodzenia wulkanicznego o różnej wielkości, nie występuje tu sortowanie pod względem kształtu (ryc. 12). Występują tu klasty o kształcie klingi, walca i dysku, z największym udziałem klingi. Osad pod brukiem to bardzo gruboziarnisty piasek. Krzywe kumulacyjne (ryc. 11) o bardzo wyraźnych trzech członach wskazują na środowisko wodne o dużej dynamice ze śladami sortowania, przy czym najlepszym sortowaniem wyróżnia się osad na skraju plaży. Można zatem sądzić, że na sortowanie materiału mają wpływ procesy brzegowe.



Ryc. 11. Krzywe kumulacyjne osadów plaż erozyjnych, 4, 5, 6, 7, 8, 11 – punkty pomiarowe, zgodnie z ryc. 4

Fig. 11. Cumulative curves of erosion beaches sediments, 4, 5, 6, 7, 8, 11 – sampling points according to fig. 4



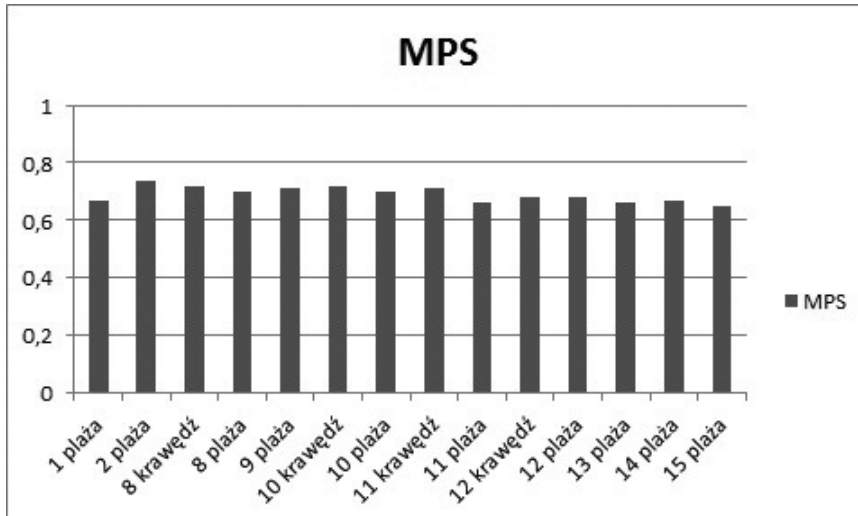
Ryc. 12. Kształt klastów frakcji 7-10 cm w osadach plaż erozyjnych, A – diagram Sneeda i Folka (1958), B – Diagram Zingga (1935); 8, 11 – punkty pomiaru klastów zgodnie z ryc. 4  
 Fig. 12. Pebbles shape (7-10 cm) in erosion beaches sediments, A – Sneed & Folk's diagram (1958), B – Zingg's diagram (1935), 8, 11 – sampling points according to fig. 4

W przypadku wszystkich pomierzonych klastów obliczono wskaźniki: MPS (*maximum projection sphericity*, Folk 1955) i OP (*oblate-prolate index*, Dobkins, Folk 1970). Wskaźnik MPS pozwala oddzielić klasty typowe dla środowiska plażowego od klastów charakteryzujących środowisko fluwialne. Wartością oddzielającą te środowiska jest 0,66, gdzie MPS niższe od 0,66 wskazuje na środowisko plażowe, a wyższe od 0,66 – na środowisko fluwialne (Dobkins, Folk 1970). Wskaźnik OP pozwala dokładnie określić kształt. OP – 0 wskazuje na idealne klingi, kształt walca określa OP o wartościach dodatnich, a dysku o wartościach ujemnych (Dobkins, Folk 1970).

Średnia wartość wskaźnika MPS dotycząca badanych osadów plażowych mieści się w przedziale 0,65–0,75 (ryc. 13), przy czym w osadach 7 plaż na 9 badanych ponad 50% klastów miało wartość większą niż 0,66. Świadczy to o wpływie środowiska fluwialnego na charakter osadów. Można zatem sądzić, że w większości przypadków materiał znajdujący się na plażach jeziora Wast Water pochodzi z potoków górskich wpływających do jeziora. Procesy brzegowe mają natomiast niewielki wpływ na kształtowanie się cech teksturalnych osadów plażowych.

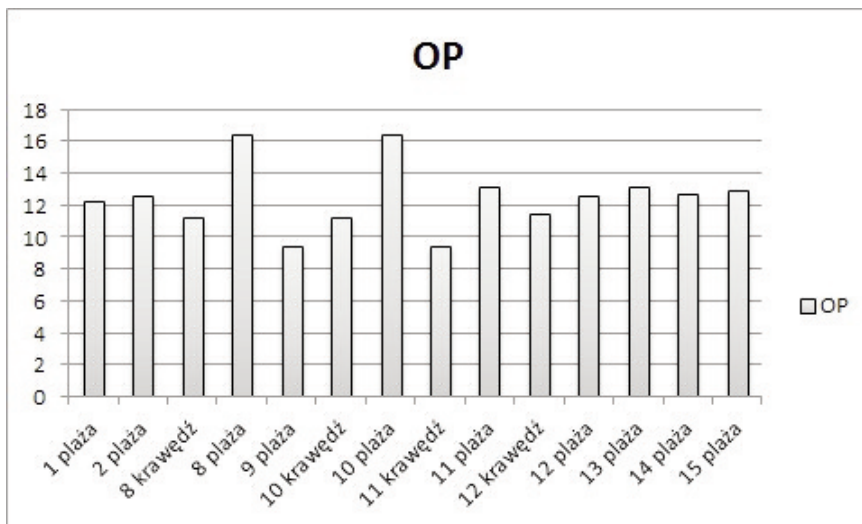
Średnia wartość wskaźnika OP dotycząca pomierzonych 270 klastów ma wartość dodatnią (ryc. 14). Spośród wszystkich klastów tylko

trzy miały wartość ujemną wskaźnika OP, czyli charakterystyczną dla wysokoenergetycznego środowiska plażowego. Pozostałe klasy o wydłużonym kształcie wskazują na dostawę osadów z rzek górskich. Wskaźnik ten potwierdza wyniki badań kształtu klastów według Zingga (1935) oraz Sneeda i Folka (1958). Gdyż według tych dwóch analiz występują wszystkie kształty klastów z przewagą walców i klingi.



Ryc. 13. Średnie wartości wskaźnika MPS

Fig. 13. Mean values of Maximum Projection Sphericity Index (MPS)



Ryc. 14. Średnie wartości wskaźnika OP

Fig. 14. Mean values of Oblate-Prolate Index (OP)



Fot. 1. Wzniesienie Wasdale nad jeziorem Wast Water  
Phot. 1. Wasdale at Wast Water



Fot. 2. Delta rzeki Countess Beck  
Phot. 2. Delta of Countess Beck river



Fot. 3. Plaża w NE części jeziora Wast Water  
Phot. 3. Beach in NE part of Wast Water lake

## Wnioski

Dokonanie analizy badań terenowych i laboratoryjnych oraz dostępnej literatury pozwoliło na wyciągnięcie przedstawionych dalej wniosków. Dotyczą one przede wszystkim charakteru osadów budujących plaże. Otoczenie jeziora Wast Water zbudowane jest z bardzo odpornych na wietrzenie i ścieranie skał wulkanicznych. Ponadto jest to region mało dynamiczny pod względem warunków klimatycznych. Wynika to z faktu, że przeważają tu wiatry z południa (60%) (Ratcliffe 2002; Barbay 1976), zatem wzniesienie Wasdale stanowi dla nich poważną barierę. W takich warunkach falowanie na Wast Water występuje tylko wtedy, gdy wiatr wieje z pozostałych kierunków. Nawet wówczas jest ono niewielkie, co wpływa na mało korzystne warunki do rozwoju procesów brzegowych (Beven, Carling 1994).

Potwierdzają to analizy uziarnienia i klasyfikacja kształtu klastów. Z obserwacji terenowych i wykonanych analiz wynika, że na

charakter osadów plażowych największy wpływ mają potoki górskie spływające do jeziora z otaczających gór. Szczególnie jest to widoczne w sortowaniu klastów pod względem kształtu. Plaże sąsiadujące z ujściami rzek charakteryzują się większą ilością klastów walcowatych i o kształcie klingi, co wskazuje na transport przez toczenie o dnie (Illenberger 1991). Natomiast kształtem typowym dla osadów brzegowych jezior są przede wszystkim formy dyskoidealne, w mniejszym stopniu o kształcie zbliżonym do kuli (Rutkowski 2001). Osad drobniejszy jest słabo wysortowany, co przemawia za większą dynamiką ośrodka transportującego, jakim jest w tym przypadku rzeka.

Najbardziej zróżnicowane pod względem osadów gruboklastycznych są plaże, które powstały u podnóża stoku i krawędzi zbudowanych z gliny. Brak sortowania klastów na tych plażach świadczy o znikomym oddziaływaniu ruchów wody jeziornej na te osady. Osady drobniejsze, na których wykonano analizę uziarnienia, cechują się najlepszym wysortowaniem na plażach erozyjnych. Można zatem sądzić, że lokalnie istnieje ograniczony wpływ ruchów wody jeziornej. Za tą tezę przemawiają również aktywne krawędzie zbudowane z gliny.

O bardzo małym wpływie wód jeziornych na charakter osadów plażowych może decydować fakt, że jest to zbiornik niewielkich rozmiarów, a do tego stosunkowo młody, powstały zaledwie ok. 10 ka temu. Na małych zbiornikach falowanie jest niewielkie, dlatego też procesy w strefie brzegowej zachodzą znacznie słabiej niż w dużych zbiornikach śródlądowych czy morzach. Ponadto podłoże zbudowane z odpornych skał wulkanicznych znacznie spowalnia procesy zachodzące w strefie brzegowej.

Uzyskane wyniki wskazują również na względnie większą wydajność środowisk stokowych w stosunku do plażowych w procesach tworzenia cech teksturalnych osadów charakterystycznych dla tych środowisk. W efekcie w środowiskach plażowych u podstaw stoków przeważają osady o cechach uzyskanych na stoku.

## Literatura

- Ballantyne C.K., Harris C., 1994, *The periglaciation of Great Britain*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Barbay J., 1976, *Wielka Brytania*. PWN, Warszawa.
- Beven K., Carling P. (red.), 1994, *Floods: hydrological, sedimentological and geomorphological implications*. Willey J. and Sons.
- Bluck B.J., 1999, *Clast assembling, bed-forms and structure in gravel beaches*. Transactions of the Royal Society on Edinburgh: Earth Sciences (1999) 89, 291-323.
- Bluck J.B., Ward J.D., Spaggiari R., 2001, *Gravel Beaches of Southern Namibia* [w:] *Ecology and Geomorphology of Coastal Shingle* (red. J.R. Packham, R.E. Randall, R.S.K. Barnes, A. Neal), Westbury Academic and Scientific, Yorkshire, 56-76.
- Boardman J., 1991, *Glacial deposits of the English Lake District* [w:] *Glacial deposits in Great Britain and Ireland*. red. J. Ehlers, P.L. Gibbard, J. Rose. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Boardman J., 1996, *Classic landforms of the Lake District*. The Geographical Association. Oxford.
- Bowen D. Q., 1991, *Time and space in the glacial sediment system of the British Isles* [w:] *Glacial deposits in Great Britain and Ireland*. (red.) J. Ehlers, P.L. Gibbard, J. Rose, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Branney M.J., Sopper N.J., 1988, *Ordovician volcano-tectonics in the English Lake District*. Journal of Geological Society, London.
- British Geological Survey, 1998, Ambleside. *England and Wales Sheet 38. Solid and Drift Edition*. 1:50 000; Keyworth, Nottingham.
- Caine T.N., 1963, *Movement of low angle scree slopes in Lake District, Northern England*. Revue de Geomorphologie Dynamique 14, 171-177.
- Choiński A., 1995, *Zarys limnologii fizycznej Polski*. UAM, Poznań
- Clark C.D., 1997, *Reconstructing the evolutionary dynamics of former ice sheets using multi-temporal evidence, remote sensing and GIS*. Quaternary Science Reviews, 16, 1067-1092.

- Clark C.D., Stokes C.R., 2003, *Palaeo-ice stream landsystem* [w:] (red.) D.J.A Evans, *Glacial landsystems*. Arnold, London, 204-227.
- Dashtgard S.E., Gingras M.K., Butler K.E. 2006, *Sedimentology and stratigraphy of a transgressive, muddy gravel beach: Waterside Beach, Bay of Fundy, Canada*. *Sedimentology*, 53, 279-296.
- Dobkins J.E., Folk R.L., 1970, *Shape Development on Thaiti-Nui*, *Journal of Petrology*, 40, 4, 1167-1203.
- Evans D. J. A., Clark C. D., Mitchell W. A., 2005, *The last British Ice Sheet: A review of the evidence utilised in the compilation of the Glacial Map of Britain*; *Earth-Science Reviews*, 70, 235-312. Elsevier Science.
- Evans I.S., Cox N.J., 1995, *The form of glacial cirques in the English Lake District*, *Cumbria*, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 39, 2, 175-202.
- Fryer G., 1991, *A natural history of the lakes, tarns and streams of the English Lake District*. The Fresh Water Association. Ambleside.
- Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R., 1986, *Zarys sedymentologii*. Wyd. Geologiczne.
- Håkanson L., Jansson M., 1983, *Principles of lake Sedimentology*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Hart B.S., Plint A.G., 1995, *Gravelly shoreface and beachface deposits*. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment*, 22, 75-99.
- Hervey G.A.K., Barnes J.A.G., 1970, *Natural history of the Lake District*. London.
- Huddart D., 1991, *The glacial history and deposits of the North and West Cumbrian lowlands* [w:] *Glacial deposits in Great Britain and Ireland*. (red. J. Ehlers, P.L. Gibbard, J. Rose) A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Huddart D., Tooley M.J., 1972, *Field guide to the Cumberland lowlands*. Quaternary Research Association, Cambridge.
- Illenberger W.K., 1991, *Pebble shape (and size!)*, *Journal of Sedimentary Petrology*, 61, 5, 756-767
- Kotarba A., 1996, *Osady jeziorne jako wskaźnik przemian środowiska naturalnego Tatr Wysokich*. *Dokumentacja Geograficzna*, 4, Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – II, 33-47.

Lamb A.L., Ballantyne C.K., 1998; *Palaeonunataks and the altitude of the last ice sheet in the SW Lake District*, England. Proceedings of the Geologists' Association. 109, 305-316.

Marr J.E., 1916, *The geology of the Lake District*. Cambridge University Press, Cambridge.

Millward D., Johnson E.W., Beddoe-Stephens B., Young B., Kneller B.C., Lee M.K., Fortley N.J., 2000, *Geology of the Ambleside district, Memoir for 1:50 000 Geological Sheet 38* (England and Wales). British Geological Survey, London.

Moseley F. (red.), 1978, *The geology of the Lake District*. Yorkshire Geological Society.

Mycielska-Dowgiałło E., Ludwikowska-Kędzia M., 2011, *Alternative interpretations of grain-size data from Quaternary deposits*. Geologos, 17, 4, 189-203.

Mycielska-Dowgiałło E., Rutkowski J., 1995, *Badania osadów czwartorzędowych: wybrane metody i interpretacja wyników* (red. E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski) Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, PIG. Komisja Litologii i Genezy Osadów Czwartorzędowych Komitetu Badań Czwartorzędu PAN. Warszawa.

Neal A., Pontee N.I., Pye K., Richards J., 2002, *Internal structure of mixed-sand-and-gravel beach deposits revealed using ground penetrating radar*. Sedimentology, 49, 789-804.

Newson M.D., Leeks G.J., 1985, *Mountain bedload yields in the United Kingdom from undisturbed fluvial environments*. *Earth surface processes and landforms*, 10, 413-416.

Pennington W., 1978, *Quaternary geology [w:] The geology of the Lake District* (red.) F. Moseley, Yorkshire Geological Society, 207-225.

Ratcliffe D., 2002, *Lakeland, the wildlife of Cumbria*. Harper Collins Publishers, London.

Rühle E., 1961, *Procesy dynamiczne w zbiornikach jeziornych i charakter ich osadów na przykładzie jeziora Świtaż. Z badań czwartorzędu w Polsce*, 10, 255-302.

Rutkowski J., 2000, *Uwagi o segregacji żwirów w środowisku plażowym nad jeziorem Wigry*. Sprawozdanie z czynności i posiedzeń PAU, LXIV 2000, 192-194.

Shacleton E.H., 1966, *Lakeland geology*, Dalesman Publishing Ltd. North Yorkshire.

Smith B., 1932, *Glacier lakes of Eskdale, Miterdale and Wasdale*. *Quarterly Journal of Geological Society*, London, 88, 57-83.

Smith R.A., 1965, *A bibliography of Lake District geology and geomorphology*. Cumberland Geological Society, Whitehaven.

Sneed E.D., Folk R.L., 1958, *Pebbles in the lower Colorado River, Texas, A study in particle morphogenesis*. *Journal of Geology*, 66, 114-150.

Starkel L., 1998, *Sediments in shore zone of Lake Gościąg* [w:] *Lake Gościąg, Central Poland a monographic study*, part I. (red.) M. Ralska-Jasiewicz, T. Goslar, T. Madeyska, L. Starkel, *Szafer Institute of Botany PAN*, Kraków.

Tipping E., Bass J.A.B., Hardie D., Haworth E.Y., Hurley M., Wills G., 2004, *Biological responses to the reversal of acidification in surface waters of the English Lake District*. *Environmental Pollution*, 116, 137-146.

Wicik B., 1979, *Postglacialna sedymentacja osadów jeziornych w Tatrach Wysokich*, *Przegląd Geologiczny*, 7, 403-404.

Wicik B., 1984, *Osady jezior tatrzańskich i etapy ich akumulacji*. *Prace i Studia Geograficzne UW*, 5, 55-69.

Wicik B., Więckowski K., 1991, *Osady jezior „Na Jazach” w Kotlinie Płockiej – warunki ich akumulacji oraz rola w rekonstruowaniu i prognozowaniu przekształceń środowiska naturalnego*, *Przegląd Geograficzny*, 63.

Więckowski K., 1966, *Osady denne Jeziora Mikołajskiego*. *Prace Geograficzne IG PAN*, 57.

Zingg T., 1935, *Beitrag zur Schotteranalyse: Die Schotteranalyse und ihre Anwendung auf die Glattalschotter*. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 15, 39-140