

POZYCJA STRATYGRAFICZNA OSADÓW DOLNEGO PLEJSTOCENU W POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI NIZINY POŁUDNIOWOPODLASKIEJ — DYSKUSJA MERYTORYCZNA

STRATIGRAPHICAL POSITION OF LOWER PLEISTOCENE SEDIMENTS IN SOUTHERN PODLASIE LOWLAND — DISCUSSION

BARBARA WORONKO¹, MARCIN ŻARSKI², ŁUKASZ BUJAK¹

Abstrakt. W trzech wierceniach Budziska (ark. Okrzeja), Wola Chomejowa i Kolonia Bronisławów (ark. Adamów), wykonanych na potrzeby Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 w południowej części Niziny Południowopodlaskiej, stwierdzono duże rozbieżności w wynikach wykonywanych analiz. Analiza obtoczenia i zmatowienia ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej stwierdza, że charakteryzuje je bardzo wysoki udział ziarn kształtowanych w środowisku eolicznym. Natomiast wyniki analizy palinologicznej korelują badane osady z mioceniem lub eoceniem, t.j. okresami, w których nie notuje się obecności procesów eolicznych. Ponadto wyniki analizy minerałów ciężkich i uziarnienia badanych osadów pozwalają sądzić, że najprawdopodobniej osady poniżej gliny sanu 1 można korelować ze schyłkiem preglacjalnym lub z okresem bezpośrednio poprzedzającym nasunięcie najstarszego na tym terenie lądolodu zlodowacenia narwi. Ochłodzeniu towarzyszył intensywny rozwój procesów eolicznych na obszarach znajdujących się w strefie peryglacjalu, rozciągającej się na południe od maksymalnego zasięgu tegoż lądolodu. Transportowany przez wiatr materiał był składany w dolinach rzecznych. Neogeńska flora notowana w analizowanych osadach najprawdopodobniej znajduje się na wtórnym złożu. Może być związana z intensywną erozją starszych osadów przez wody rzeki pra-Wieprza lub pra-Krzny.

Słowa kluczowe: analiza sedymentologiczna, plejstocen, stratygrafia, Nizina Południowopodlaska.

Abstract. Sedimentological analysis were performed on samples taken from three boreholes: Budziska (Okrzeja sheet), Wola Chomejowa and Kolonia Bronisławów (Adamów sheet) drilled for need of the Geological map of Poland in a scale 1:50,000 in the southern part of the Southern Podlasie Lowland. Some significant discrepancies in certain features of the sediments are observed: high share of rounded and frosted quartz sand grains show aeolian environment of sedimentation. However according to the results of palynological analysis, the sediments were deposited in Miocene or Eocene periods, when aeolian processes are thought to be rather absent. Moreover, results of heavy minerals analysis and sieving analysis allow to infer that sediments lying under glacial till of San 1 can be correlated with the end of Preglaciation or with a period directly preceding oldest glacial transgression in this area, the Narevian Glaciation. During climate deterioration aeolian processes intensified in the periglacial zone south of the maximum glacial extend. Wind transported material was accumulated in river valleys. Neogene flora found in these sediments was probably redeposited and originated from older sediments eroded by the pra-Warta or pra-Krzna rivers.

Key words: sedimentological analysis, Pleistocene, stratigraphy, Southern Podlasie Lowland.

¹ Zakład Geomorfologii Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytet Warszawski, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

² Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

WSTĘP

Jednym z kluczowych problemów dla geologów jest precyzyjne ustalenie stratygrafii badanych osadów. Pozwala to na chronologiczne uporządkowanie w obrębie badanych serii, jak również jest kluczowe przy rekonstrukcji paleogeograficznej, której podstawą jest „...porównanie zdarzeń, które zachodziły w tym samym czasie, ale w różnych miejscach” (Mojski, 2005). Warsztat badawczy, jakim dysponują obecnie geolodzy czy też geomorfolodzy obejmuje zarówno metody datowania osadów, jak również szeroką gamę analiz określających ich cechy teksturalne. Te ostatnie są szczególnie przydatne w sytuacji, gdy badamy osady mineralne nie zawierające szczątków organicznych, jak również w przypadku materiału pozyskanego z rdzeni wiertniczych, gdzie struktura osadów jest w wielu przypadkach niemożliwa do odczytania. Cechy teksturalne osadów analizowane kompleksowo pozwalają w większości przypadków rekonstruować warunki środowiska. Sytuacja się zmienia, gdy w profilu występują osady organiczne, które umożliwiają z dużą precyzją odtworzenie sukcesji roślinności, a na tej podstawie określenie warunków klimatycznych panują-

cych w czasie akumulacji badanych osadów (Lindner, 1992; Janczyk-Kopikowa, 1995; Dybova-Jachowicz, Sadowska, 2003). Ponadto są podstawą przy wydzieleniu okresów ciepłych i zimnych, jakie miały miejsce w czwartorzędzie oraz umożliwiają ustalenie pozycji stratygraficznej osadów biogenicznych (Dybova-Jachowicz, Sadowska, 2003).

Dla trzech wierceń Budziska (ark. Okrzeja, Żarski, 2003), Wola Chomejowa i Kolonia Bronisławów (ark. Adamów, Żarski, 2006), odwierconych dla potrzeb Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 wykonano, poza standardowymi badaniami litologiczno-petrograficznymi, dodatkowo badania charakteru powierzchni ziaren kwarcowych. Badania te są istotne w określaniu warunków klimatycznych, jakie panowały podczas akumulacji utworów piaszczystych. Wyniki, jakie uzyskano pozostają częściowo w sprzeczności z rezultatami, jakie osiągnięto w wyniku badań pyłkowych i interpretacji autora arkuszy SMGP (Żarski, 2003, 2006). W wymienionych wierceniach badania charakteru powierzchni ziaren kwarcu wykonano dla osadów występujących poniżej gliny zwałowej zlodowacenia sanu 1.

OBSZAR BADAŃ

Badane profile położone są w obrębie Niziny Południowopodlaskiej (Kondracki, 2001), (fig. 1). Wiercenie Budziska zlokalizowane jest we wschodniej części mezoregionu Wysoczyzny Żelechowskiej, na wysoczyźnie polodowcowej, na wysokości ok. 167 m n.p.m., nieopodal stanowiska Ferdynandów, w którym po raz pierwszy w Polsce została rozpoznana ferdynandowska sukcesja interglacialna.

Profile Kolonia Bronisławów i Wola Chomejowa znajdują się w zachodniej części Równiny Łukowskiej, na wysoczyźnie polodowcowej na północ od miejscowości Syrokomla (fig. 1). Na rzeźbę tej części Niziny Południowopodlaskiej największy wpływ wywarło zlodowacenie odry i warty. Łądolód na tym obszarze wykazywał liczne oscylacje. Strefę postoju łądolodu wyznaczały moreny czołowe akumulacyjne i spiętrzone. Morena spiętrzona koło Huty Radoryskiej (193 m n.p.m.) jest jednym z najwyższych punktów terenu na tym obszarze. Doliny rzek Okrzejki, Wilgi, Małej Bystrzycy i Czarnej w tej części Niziny mają kierunek równoleżnikowy i nawiązują do dolin marginalnych powstałych w czasie kolejnych faz postojowych łądolodu. W dolinach

tych odbywała się akumulacja piasków i żwirów wodnolodowcowych.

Osady plejstoceny reprezentowane są przez utwory preglacjału, zlodowacenia narwi, zlodowaceń południowopolskich (nidy, sanu 1, sanu 2) i środkowopolskich (odry i warty), ekstraglacialnych osadów zlodowacenia północnopolskiego (zlodowacenie wisły) oraz dzielących je interglacialów: augustowskiego, małopolskiego, ferdynandowskiego, mazowieckiego i eemskiego. Miąższość osadów czwartorzędowych jest zróżnicowana i zwiększa się z południa ku północy i ze wschodu ku zachodowi. Największe miąższości czwartorzędu nie przekraczają 100 m, natomiast średnio wynoszą kilkadziesiąt metrów (Żarski, 2000, 2003, 2006). Na podkreślenie zasługuje występowanie na badanym terenie licznych stanowisk interglacjału ferdynandowskiego (kilkanaście), mazowieckiego i emskiego (po kilkadziesiąt), które mają pełną dokumentację geologiczną i paleobotaniczną (Krupiński, Żarski, 2004, 2007).

Podłożem osadów czwartorzędowych są utwory mastrychtu, paleocenu, eocenu, oligocenu i miocenu (Żarski, 2002).

METODY BADAŃ

Materiał wyjściowy do wykonania podstawowych analiz został pozyskany z osadów piaszczystych i piaszczysto-mułkowych, zalegających poniżej gliny zlodowacenia sanu 1, pochodzących z profili wiertniczych Budziska (15 próbek), Kolonia Bronisławów (19 próbek) oraz z Woli Chomejowej (17 próbek). Podstawą wysuwanych wniosków są wyniki analiz cech teksturalnych osadów. Wykonano analizę uziar-

nienia osadów piaszczystych na sucho, stosując zestaw 10 sit w przedziale wielkości od 2 do 0,063 mm. Otrzymane wyniki były podstawą do wyliczenia wskaźników według wzorów Folka i Warda (1957) oraz wykreślenia krzywych kumulacyjnych w skali prawdopodobieństwa. Dla ziaren kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm lub 0,5–0,8 mm przeprowadzono analizę obtoczenia i zmatowienia powierzchni wg

Fig. 1. Obszar badań

The study area



- Badane profile
Investigated profiles

metody Cailleux (1942), w modyfikacji Goździka (1980) oraz Mycielskiej-Dowgiało i Woronko (1998), wydzielając siedem typów ziaren odpowiadających środowisku eolicznemu (RM i EM/RM), wysokoenergetycznemu plażowemu (EL, EM/EL), wietrzeniu *in situ* (INNE) oraz ziarna pęknięte (C) i świeże (NU), które powstają na skutek kruszenia i pęknięcia w każdym z wcześniej wymienionych środowisk, jak również glacialnym, fluwioglacialnym oraz peryglacialnym (Woronko, 2001). Ponadto określono stopień obtoczenia zia-

ren kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm lub 0,5–0,8 mm, stosując graniformometr spychaczowy Krygowskiego (1964). Dla wyżej wymienionych frakcji obliczono udział procentowy kwarcu w osadzie. Ponadto określono skład minerałów ciężkich we frakcji 0,1–0,2 mm. Ważnym elementem w przeprowadzonej dyskusji były wyniki analizy palinologicznej wykonanej przez Słodkowską (2003, 2005). Stratygrafia glin lodowcowych została ustalona na podstawie analizy petrograficznej żwirów frakcji 3–5 cm (Żarski, 2003, 2006).

WYNIKI ANALIZ

WIERCENIE BUDZISKA

Wiercenie w Budziskach wykonano do głębokości 90 m (fig. 2, 3). Zaczyna się ono piaskami pylastymi i drobnoziarnistymi, laminowanymi czarnym humusem o miąższości 10 m (79,9–90,0 m), w części spągowej z domieszką piasków średnioziarnistych i gruboziarnistych, zielonawoszarych, zaliczonych w opracowaniu SMGP ark. Okrężyła do oligocenu (Żarski, 2003). Osady te są słabo wysortowane, o znikomej zawartości węgla wapnia (Jankowska, 2002). Ziarna kwarcu są średnio obtoczone, a współczynnik obtoczenia R

wynosi 0,82. W składzie minerałów ciężkich zwraca uwagę wysoka zawartość minerałów łuszczykowych (biotytu i chlorytu — 21,5%), które wskazują na środowisko sedymentacji zbiornikowej. Ponadto stwierdzono wysoki udział amfiboli — 25,8%, nie spotykany w osadach paleogeńskich i neogeńskich. Zawartości pozostałych minerałów ciężkich przyjmują następujące wartości: granat — 15,8%, turmalin — 11,8%, staurolit — 7,3%. Do oznaczenia minerałów ciężkich w profilu Budziska należy podejść bardzo sceptycznie. Otrzymane wyniki, a w szczególności zawartości amfibolu, są wyraźnie zawyżone. Odnosi się to także do innych wierceń na arkuszu

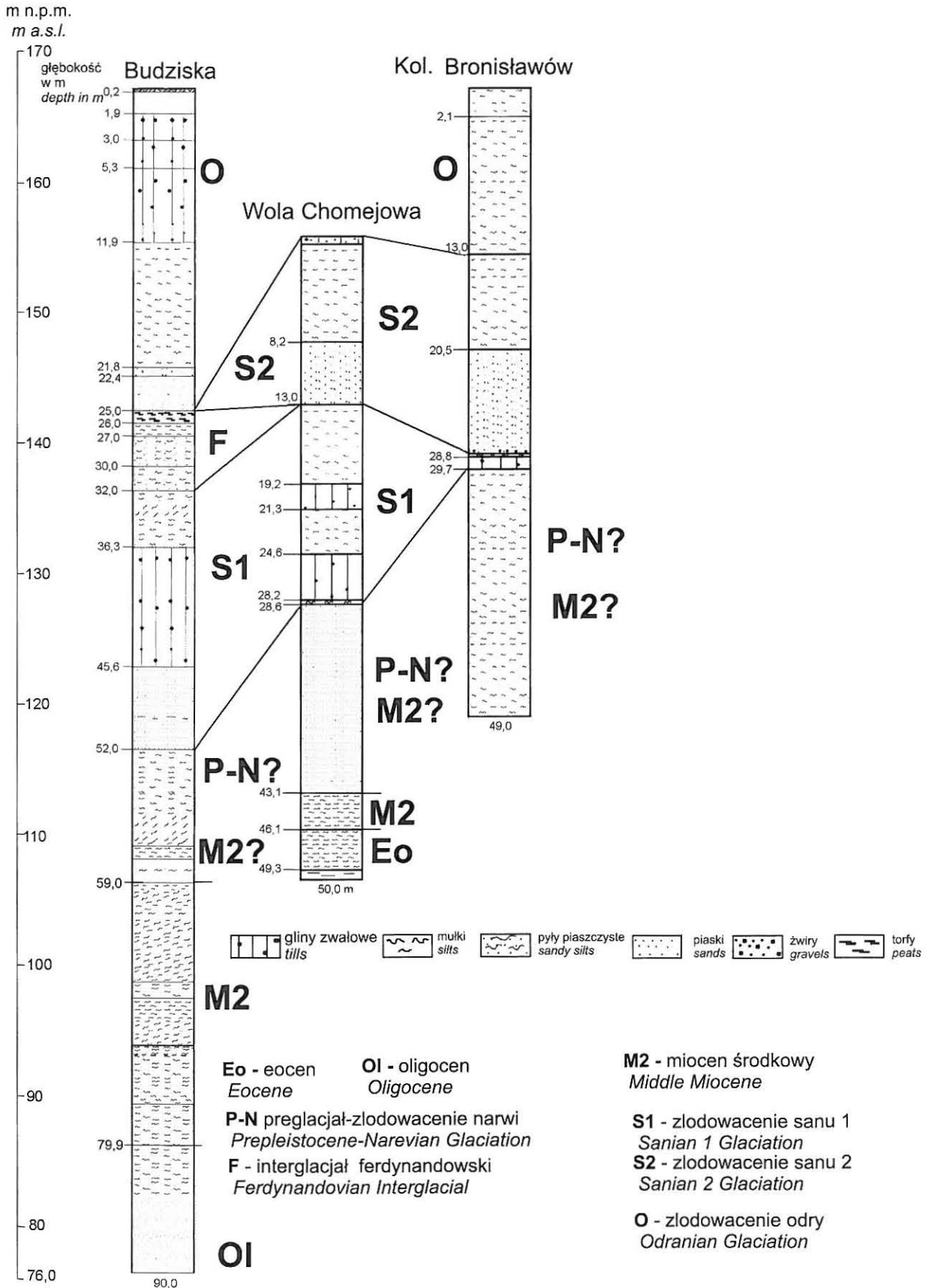


Fig. 2. Badane profile

The investigated profiles

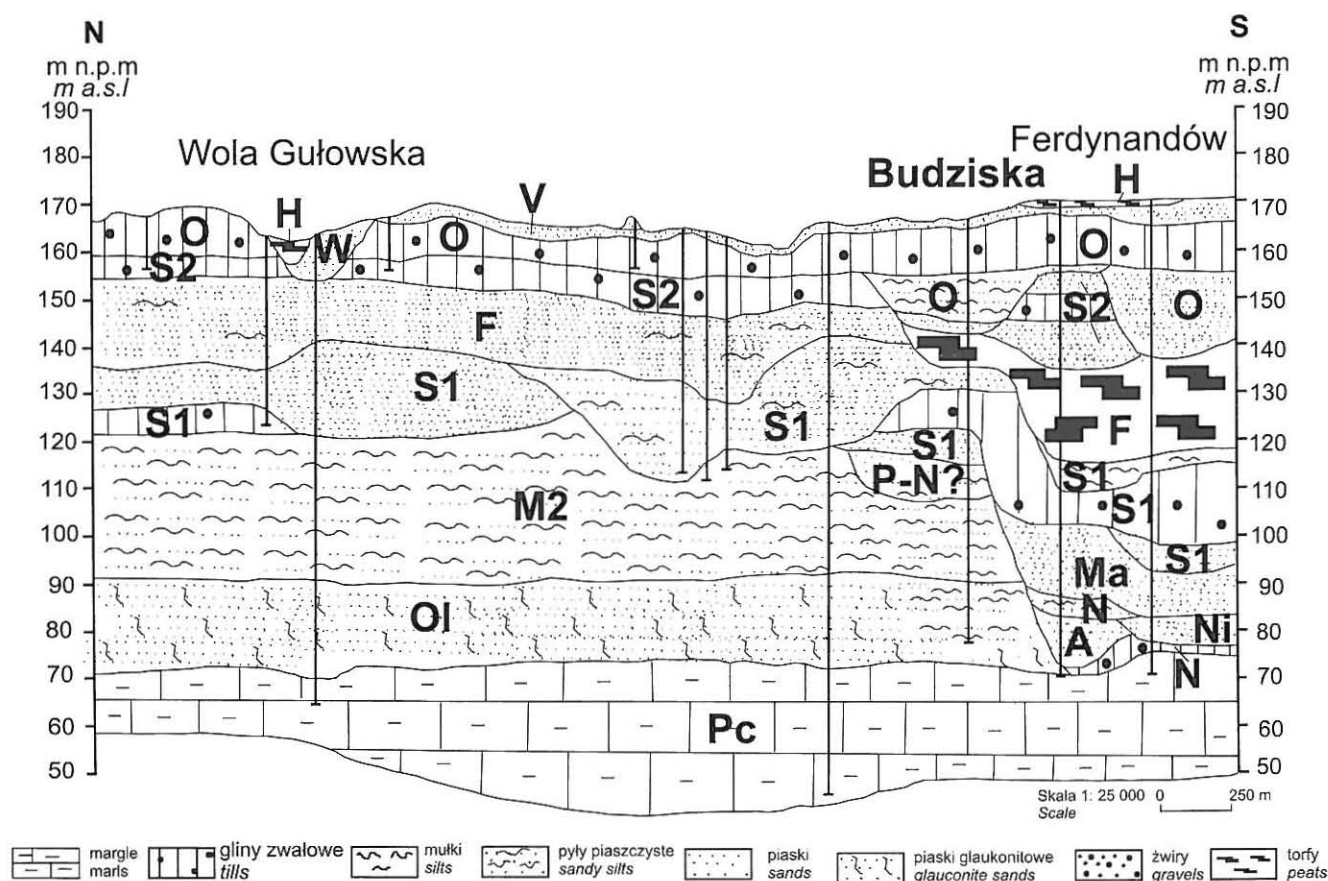


Fig. 3. Przekrój geologiczny Wola Gułowska–Budziska

Pc — paleocen, Ol — oligocen, M2 — miocen środkowy, P–N — preglacjał–złodowacenie narwi, N — złodowacenie narwi, A — interglacjał augustowski, Ni — złodowacenie nidy, Ma — interglacjał małopolski, S1 — złodowacenie sanu 1, F — interglacjał ferdynandowski, S2 — złodowacenie sanu 2, O — złodowacenie odry, W — złodowacenia warty, V — złodowacenie wiśły, H — holocen

Geological cross-section Wola Gułowska–Budziska

Pc — Paleocene, Ol — Oligocene, M2 — Middle Miocene, P–N — Prepleistocene–Narevian Glaciation, N — Narevian Glaciation, A — Augustovian Interglacial, Ni — Nidanian Glaciation, Ma — Małopolian Interglacial, S1 — Sanian 1 Glaciation, F — Ferdynandovian Interglacial, S2 — Sanian 2 Interglacial, O — Odranian Interglacial, W — Wartanian Glaciation, V — Vistulian Glaciation, H — Holocene

Okrzeja (Żarski, 2003), gdzie zawartość amfiboli w osadach podłoża czwartorzędzi dochodzi do 20%. Spowodowane to może być metodyką oznaczania lub bardziej prawdopodobne techniką wiercenia, w wyniku której minerały ciężkie, a także ziarna kwarcowe zostały wypłukane z wyżej leżących plejstocenijskich osadów. Jednakże ta druga ewentualność jest bardzo mało prawdopodobna, chociażby z uwagi na możliwość odczytania struktur obecnych w analizowanym osadzie.

Ekspertyza palinologiczna próbki z głębokości 84,9–85,0 m, wykonana przez Słodkowską (2003), wskazywała na obecność fitoplanktonu paleogeńskiego. Zanotowano również niewielkie ilości pyłków roślin występujących w miocenie (*Tricolporopollenites pseudocingulum*). Według Żarskiego (2006) ich obecność mogła być spowodowana wypłukaniem materiału pyłkowego podczas prowadzenia wiercenia z nadległych osadów miocenijskich. Nie można wykluczyć, że omawiane osady deponowane były w miocenie, a fitoplankton morski znajduje się na wtórnym złożu. Istotnym spostrzeżeniem jest brak w osadzie pyłku i fitoklastów ro-

ślin występujących w czwartorzędzi. W omawianej serii nie były przeprowadzone badania charakteru powierzchni ziaren kwarcu.

Powyżej został nawiercony w przedziale głębokościowym 79,9–52 m blisko 28-metrowy kompleks zielonkawoszarych piasków pylastych i mułków z substancją organiczną, zaliczony do miocenu środkowego (Żarski, 2003). Ekspertyzy palinologiczne 5 próbek pobranych z wymienionych osadów (gł. 57,0 m; 60,0 m; 69,0; 74,0 m, 75,0 m) wskazały na występowanie środkowomiocenijskich zespołów pyłkowych (Słodkowska, 2003). Stwierdzono tu m.in. taksony: *Celtipollenites verus*, *Engelhardtioipollnites punctatus*, *Tricolporopollenites fallax*, *Tricolporopollenites pseudocingulum*, najczęściej spotykane w miocenie. Zwraca uwagę całkowity brak pyłku roślin charakterystycznych dla czwartorzędzi, a przewarstwienia humusu świadczą o występowaniu szaty roślinnej. Z próbek pobranych z tych osadów wykonano także badania litologiczno-petrograficzne (Jankowska, 2002). Osady te charakteryzują się słabym wysortowaniem, ziarna

kwarcu są słabo, a miejscami średnio obtoczone. Utwory te są praktycznie bezwapienne. W składzie minerałów ciężkich dominują minerały odporne na niszczenie: dysten, staurolit, turmalin, granaty. Występują także minerały łyszczykowe i chloryty. Zaznacza się duża ilość amfiboli ok. 25%. Wynik ten jest absolutnie niewiarygodny, ponieważ charakter osadu odbiega od wykształcenia utworów występujących w czwartorzędzie. Zwraca uwagę absolutna dominacja kwarcu, występowanie glaukonitu i pyłku roślin paleoceanicznych i neogeenkich. Powyżej osadów uznanych za mioceńskie nawiercony został w przedziale głębokościowym 30,0–52,0 m kompleks osadów zlodowacenia sanu 1 (fig. 2, 3). Rozpoczynają go piaski drobnoziarniste z domieszką średnioziarnistych, szarych, warstwowanych horyzontalnie ze smugami humusu, reagujące z HCl, o miąższości 6,4 m. Wyszortowanie tych piasków jest średnie. Ziarna kwarcu są dość dobrze i średnio obtoczone ($R=0,45-0,62$). Zawartość węgla wapnia waha się od 0 do 5%. W składzie minerałów ciężkich dominuje granat — 24%, epidot — 17%, staurolit i amfibol — 9%. Cechy litologiczne tych piasków wskazują na dość daleki transport od czoła lądolodu. Nie można wykluczyć ich genezy fluwioperyglacialnej. Bezpośrednio nad osadami piaszczystymi zalega 9-metrowy poziom gliny zwałowej (36,3–45,6 m). Analizę petrograficzną żwirów wykonano we frakcji 5–10 mm. W składzie petrograficznym żwirów przeważają skały krystaliczne (41,5%) nad wapieniami paleozoicznymi (20,5%), przy 10,5% udziale dolomitów. Skały lokalne reprezentowane są głównie przez mułowce (8,4%) i lokalne wapienie (4%). Glinę tę charakteryzują współczynniki petrograficzne: $O/K = 0,89$, $K/W = 1,40$ $A/B = 0,72$, które korelują się z wartościami uzyskanymi z glin zwałowych sanu 1 w dorzeczu Wisły (Lisicki, 2003). W spągu gliny sanu 1 nie obserwuje się wzrostu ilości ziaren o obróbce eolicznej, na co mógłby wskazywać wysoki udział ziaren tego typu w osadach podścielających (fig. 5).

Seria osadów interglacjału ferdynandowskiego ma miąższość ok. 7 m i występuje na głębokości 25–32 m (fig. 2, 3). Składa się ona z serii rzecznej dolnej i jeziornej górnej (Krupiński, Żarski, 2004). Pomiedzy nimi jest strefa przejściowa, gdzie występują na przemian osady piaszczyste i biogeniczne. Osady rzeczne o miąższości 5,1 m stanowią szare piaski drobnoziarniste i pylaste ze smugami humusowymi, przechodzące w piaski ze znaczną zawartością substancji organicznej. Osady te są warstwowane poziomo i charakteryzują się średnim wysortowaniem o skośności dodatniej. Powyżej osadów interglacjału ferdynandowskiego znajduje się kompleks osadów zlodowacenia odry, na który składają się osady fluwioglacjalne (21,8–25,0 m), zastoiszkowe (11,9–21,8 m) i glacialne (1,9–11,9 m) (fig. 2, 3).

Szczegółowymi badaniami określającymi cechy teksturalne objęto osady z przedziału głębokości od 45,8 do 59,0 m (fig. 5). Obejmują one górną część utworów wskazujących na ich mioceński wiek oraz osady zaliczone do zlodowacenia sanu 1 (Żarski, 2003). Utwory te są średnio wysortowane (σ_1 od 0,45 do 0,88), o średniej średnicy ziaren (M_z) mieszczącej się w przedziale od 3,09 Φ na głębokości 59,0 m do 1,68 Φ w stropie serii. Zawierają znikomą zawartość węgla wapnia. W całej zbadanej serii o miąższości 13,2 m obserwuje

się znaczący udział ziaren o obróbce eolicznej zarówno typu RM, jak i EM/RM. Ich udział wzrasta ku stropowi badanej serii, podobnie jak udział kwarcu (fig. 5). Inne środowiska są reprezentowane przez ziarna, których powierzchnia była kształtowana w środowisku wysokonekrotycznym plażowym (EM/EL) oraz poprzez intensywne wietrzenie np. chemiczne (INNE).

WIERCENIE WOLA CHOMEJOWA

Wiercenie w Woli Chomejowej zostało zakończone w eoceńskich mułkach piaszczystych, ciemnozielonych o miąższości 3,9 m (46,1–50,0 m, fig. 2, 4). Słodkowska (2005) na podstawie próbki z głębokości 49,8 m stwierdziła występowanie górnioeocieńskich zespołów pyłkowych.

Powyżej występują utwory korelowane z mioceniem, o miąższości 17,5 m (28,6–43,15 m). Rozpoczyna je 3-metrowy poziom mułku z humusowymi przewarstwieniami i wkładkami węgla oraz nierozłożonymi szczątkami roślinnymi. Mułek wykazuje warstwowanie horyzontalne i skośne. Osad jest odwapniony. Słodkowska (2005) na podstawie badań palinologicznych czterech próbek z głębokości: 38,65 m, 43,06 m, 45,20 m i 45,95 m stwierdziła występowanie środkowomioceńskich zespołów pyłkowych. Wśród pyłku roślin nagonasiennych dominują: *Pinuspollenites*, *Piceapollis*, *Sequoiapollenites*, *Sciadopityspollenites*, *Inaperturopollenites hiatus* i inne. Pyłek roślin okrytonasiennych jest reprezentowany przez: *Castaneoideaepollis pusillus*, *Engelhardtioipollenites punctatus*, *Fususpollenites fusus*, *Platanipollis ipelensis*, *Tricolporopollenites bruhlensis*, *T. staresedloensis*, *Ilexpollenites iliacus* i inne. Powyżej mułku występuje 14,5 metrowy poziom piasków drobno- i średnioziarnistych, warstwowanych poziomo, miejscami z przewarstwieniami humusu i szczątkami roślin. W przedziale głębokościowym 38,6–28,6 m, ze względu na mineralny charakter osadu nie była wykonana ekspertyza palinologiczna. Dla osadów z głębokości 35,5–35,6 m, 38,2–38,4 m oraz 42,5–42,7 m przeprowadzono analizę minerałów ciężkich. Wśród minerałów przezroczystych dominują granaty i staurolity oraz topaz. Zawartość amfiboli wynosi od 1,7% w spągu do 4,5% w stropie. W osadach eoceńskich nie stwierdzono amfiboli. Minerale nieprzezroczyste to głównie pierwotne tlenki żelaza (Przasnyska, 2006). Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm oraz 0,5–0,8 mm według Cailleux (1942) w modyfikacji Goździka (1980) oraz Mycielskiej-Dowgiałło i Woronko (1998) wykonana dla 19 próbek, obejmujących całą nawierconą serię piaszczystą, pokazuje bardzo wysoki udział ziaren o obróbce w środowisku eolicznym, reprezentowanych przez ziarna typu RM i EM/RM (fig. 6, fig. 8a, b). Łączny udział ziaren tych dwóch grup wynosi od 78,3% dla osadów z głębokości 43,7 m, do 94,6% na poziomie 34,5 m (fig. 6). W tym ziarna typu RM, o bardzo dobrym stopniu obtoczenia, stanowią od 1,5% (gł. 34,5 m) do 56,6% (gł. 35,5 m). Wysoki udział ziaren dobrze obtoczonych w badanych osadach potwierdzają również wyniki analizy wykonanej na graniformanetrze

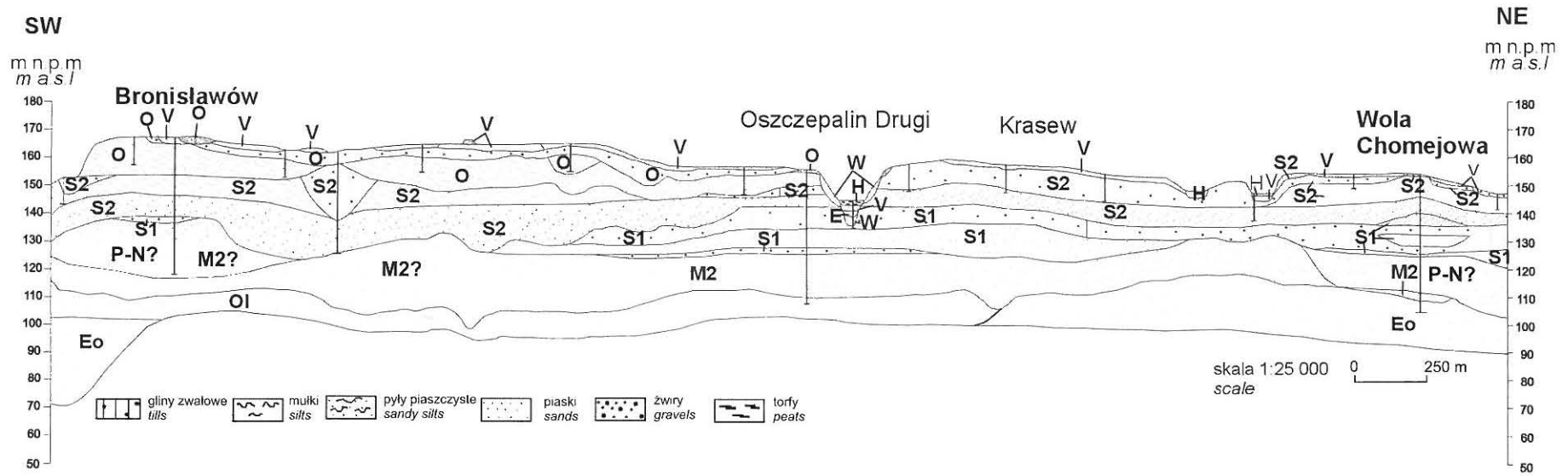


Fig. 4. Przekrój geologiczny Bronisławów–Wola Chomejowa

Eo — eocen, Ol — oligocen. Pozostałe objaśnienia jak na fig. 3

Geological cross-section Bronisławów–Wola Chomejowa

Eo — Eocene, Ol — Oligocene. Other explanations as in Fig. 3

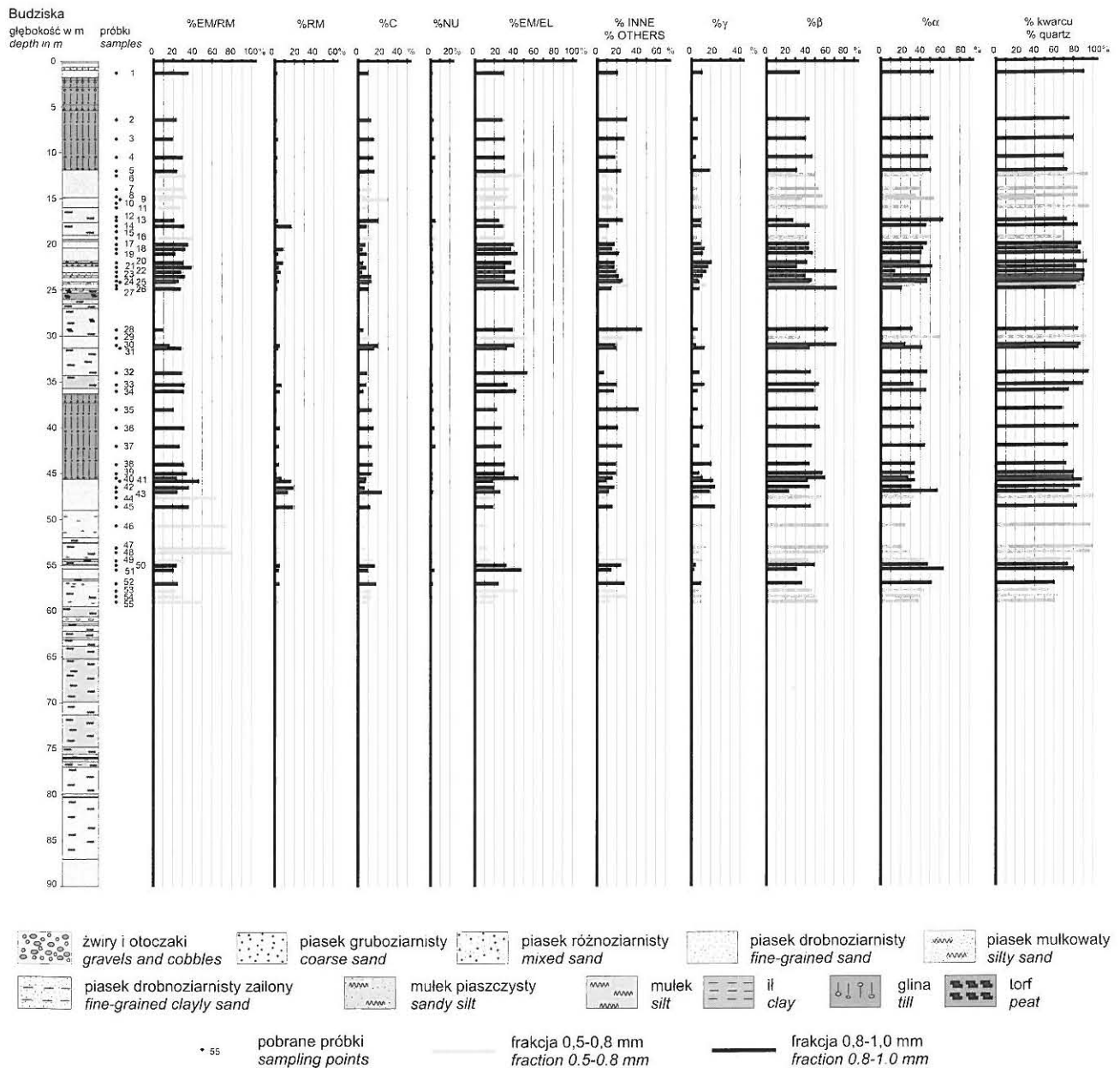


Fig. 5. Profil osadów Budziska: udział ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej (0,5–0,8 i 0,8–1,0 mm): pośrednich matowych (EM/RM), okrągłych matowych (RM), pękniętych (C), nieobrobionych (NU), błyszczących pośrednich (EM/EL), INNYCH, ziaren γ , β , α ; zawartość kwarcu w osadach

The Budziska borehole: the share of grains of sand fraction (0.5–0.8 and 0.8–1.0 mm): semi-rounded (EM/RM), rounded (RM), broken (C), angular (NU), shine semi-rounded (EM/EL), OTHERS, γ , β , α ; share of quartz in the deposits

spychaczowym Krygowskiego (1964). Grupa γ stanowi nawet 44% (gł. 36,5 m) analizowanych ziaren (fig. 6). Inne typy ziaren (C, NU i EM/EL) występują w śladowych ilościach. W zdecydowanej większości analizowanych próbek reprezentujących osady zalegające poniżej gliny zlodowacenia sanu 1 udział kwarcu jest wyższy niż 90% (fig. 6).

Wyniki analizy uziarnienia wskazują, że w przewadze są to osady drobno- i średnioziarniste (M_z od 1,9 do 2,62 Φ), z wyjątkiem budujących spągowe partie badanej serii ($M_z = 3,94–2,79 \Phi$). Ponadto, jest to osad średniowysortowany ($\sigma_1 = 1,0–0,52$).

Bezpośrednio nad osadami mioceńskimi zalegają osady zlodowacenia sanu 1 o miąższości 15,6 m (13,0–28,6 m, fig. 2, 4). Rozpoczyna się ona 40-centymetrowym szarym mułkiem warstwowanym z ciemniejszymi smugami humusowymi. Ponad mułkiem wyróżniono dwa poziomy glin zwalowych: 19,2–21,3 m i 24,6–28,2 m, które zaliczone zostały do zlodowacenia sanu 1. Rozdzielone są one szarymi mułkami zastoiskowymi o miąższości 3,5 m. Górny poziom gliny jest silnie zwiertzały, co uniemożliwiło przeprowadzenie analizy petrograficznej. Nie można wykluczyć, że reprezentuje on górny stadiał zlodowacenia sanu 1. Współczynniki

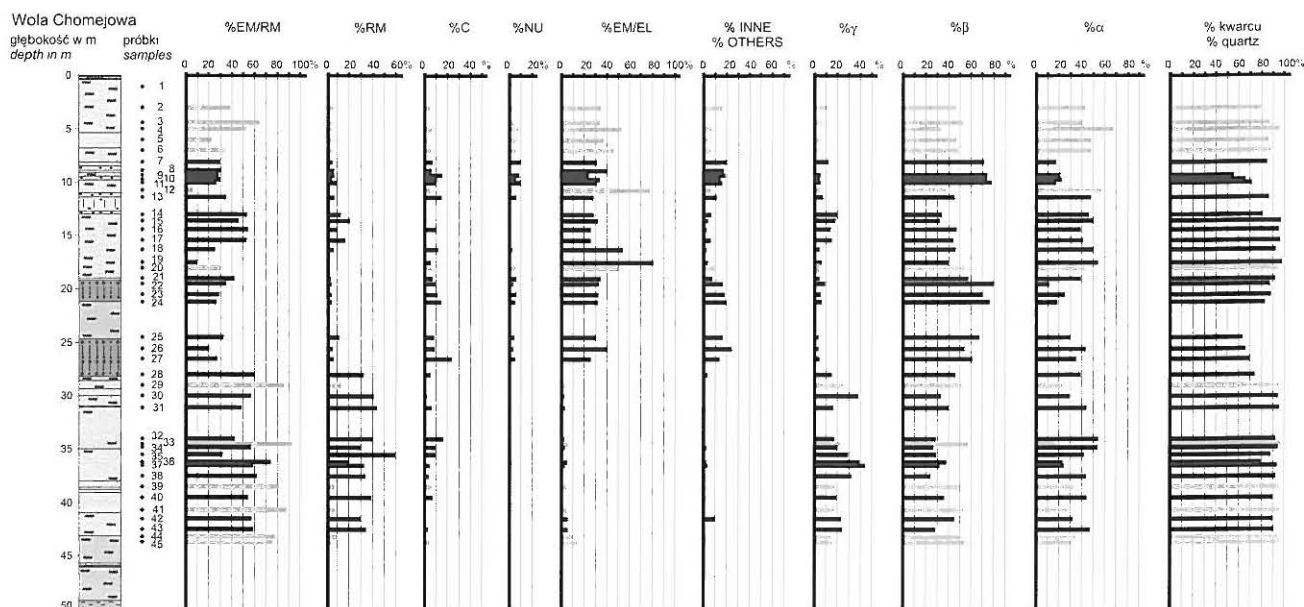


Fig. 6. Profil osadów Wola Chomejowa. Objasnienia przy fig. 5

The Wola Chomejowa borehole. Explanations as in Fig. 5

petrograficzne przybierają następujące wartości: $O/K = 0,88$; $K/W = 1,23$; $A/B = 0,83$ (Przasnyska, 2006) i są charakterystyczne dla III litotypu wyróżnionego przez Rzechowskiego (1977) dla glin zwałowych zlodowaceń południowopolskich Polski centralnej oraz dla poziomu S1 wyróżnionego przez Lisickiego (2003). W spągu dolnej gliny zwałowej stwierdzono również bardzo wysoki udział ziaren kwarcowych, których obróbka następowała w środowisku eolicznym (RM — 30,1%, EM/RM — 60,2%) (fig. 6). Natomiast wyraźnie spada do 75%, w stosunku do osadów podścielających, zawartość kwarcu w osadzie.

Powyżej osadów zastoiskowych sanu 1 zalegają utwory zlodowacenia sanu 2 o miąższości 13 m (0,0–13,0; fig. 2, 4). Serię osadów sanu 2 rozpoczyna 5-metrowy poziom piasków i żwirów fluwioglacjalnych warstwowanych poziomo. Ponad osadami fluwioglacjalnymi występuje 7,5-metrowa seria piasków pylastych i drobnoziarnistych warstwowanych poziomo, miejscami ze smugami humusowymi, nie reagującymi z HCl. Osady te mogą reprezentować zbiornik wodny, okresowo przepływowy, funkcjonujący w fazie kataglacjalnej zlodowacenia, kiedy czoło lądolodu znajdowało się daleko na północy. Nie można wykluczyć, że osady te tworzyły się na pograniczu okresu glacialnego i interglacialnego. Sekwencje osadów plejstocenijskich kończą residua po glinach zwałowych zlodowacenia sanu 2 o miąższości 0,6 m.

WIERCENIE KOLONIA BRONISŁAWÓW

Wiercenie Kol. Bronisławów wykonano do głębokości 49,0 m i zostało zakończone w osadach miocenu (Żarski, 2006), które nawiercono na głębokości 29,7 m (fig. 2, 4). Słodkowska (2005) na podstawie analizy palinologicznej 4 próbek z głębokości: 33,9 m, 41,5 m, 47,75 m, 48,70 m, stwierdziła

występowanie zespołów pyłkowych charakterystycznych dla późnego miocenu. Stwierdzono pyłek roślin okrytonasiennych i nagonasiennych. Dolna seria osadów miocenijskich to piasek pylasty i średnioziarnisty, w spągu glaukonitowy, z przewarstwieniami humusowymi, warstwowany poziomo. Na głębokości 32,3–33,5 m występuje przewarstwienie bezwapiennego mułku ilastego. Powyżej znajduje się 3-metrowy poziom piasków średnioziarnistych z domieszką drobnoziarnistych, warstwowanych horyzontalnie. Wysortowanie osadu jest dobre i umiarkowanie dobre (od 0,45 do 0,68; Przasnyska, 2006). Zawartość węgla wapnia w spągu jest niska i wynosi od 0,4 do 3,2%, w stropie jest większa — 7,7%. Minerale ciężkie charakteryzuje stosunkowo szerokie spektrum. Wśród nich dominują granaty (48–29,4%), amfibole (3,0–15,8%) i staurolit (18,9%). Nieobecne są natomiast minerały z grupy mik, poza osadami stropowymi, gdzie zanotowano w ilościach śladowych biotyt (poniżej 1%).

Wyniki analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej (0,8–1,0 mm i 0,5–0,8 mm) według Cailleux'a (1942) z późniejszymi modyfikacjami wykazały, że seria ta w całości charakteryzuje się bardzo wysokim udziałem ziaren o obróbce eolicznej (EM/RM i RM) (fig. 7, fig 8c, d). Wyraźnie widoczny jest wzrost intensywności procesów eolicznych zaznaczający się wyższym udziałem ziaren typu RM i EM/RM, zaczynając od spągu badanych osadów do głębokości ok. 32 m, po czym zawartość ziaren o obróbce eolicznej zaczyna spadać, osiągając najniższe wartości w stropie badanych osadów piaszczystych (fig. 7). Inne środowiska w badanych osadach są reprezentowane w minimalnym stopniu, wyłączając spąg, gdzie zanotowano stosunkowo wysoki udział ziaren reprezentujących środowisko wysokoenergetyczne plażowe (fig. 7). Obecność ziaren o obróbce eolicznej potwierdza wysoki udział ziaren grupy γ (od 9 do 38%) oraz ziaren kwarcu

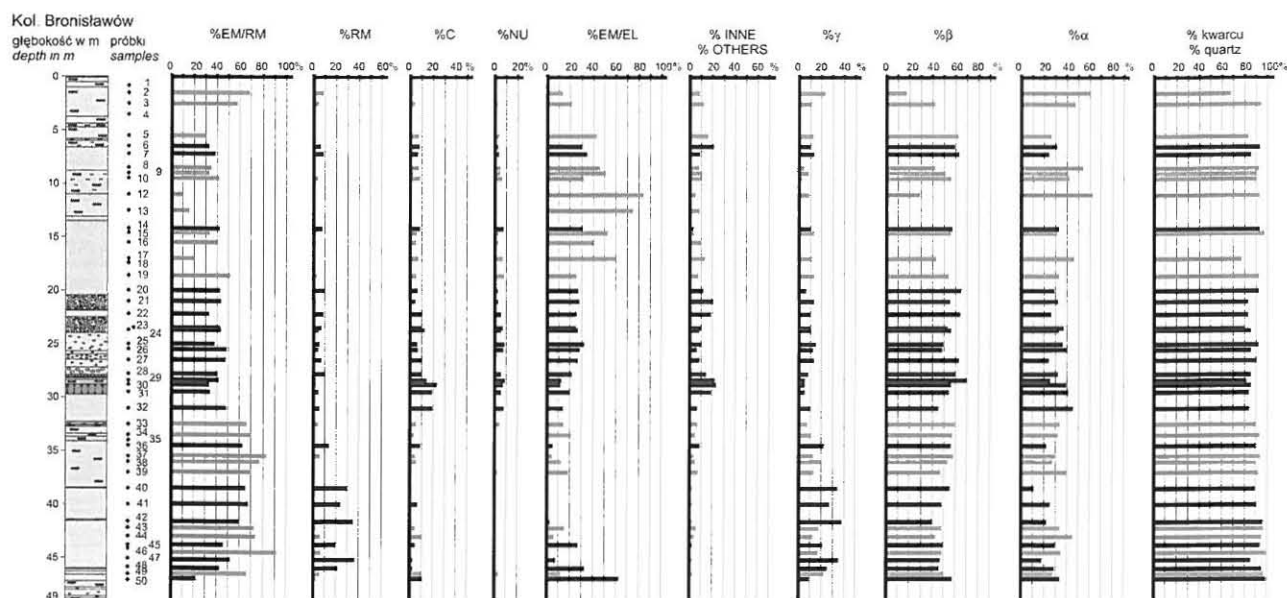


Fig. 7. Profil osadów Kolonia Bronisławów. Objaśnienia przy fig. 5

The borehole Kolonia Bronisławów. Explanations as in Fig. 5

w osadzie (od 84 do 98,3%). Ponadto są to osady dobrze i średnio wysortowane (σ_1 od 0,38 do 1,1).

Powyżej badanych osadów piaszczystych wyróżniono 1-metrowy poziom szarozielonkawej gliny zwałowej korelowanej ze zlodowaczeniem sanu 1 (fig. 2, 4). Gлина ta jest silnie zwiertzała, o nikomej zawartości węglanów. Ponad gliną zwałową występuje kompleks osadów zlodowaczenia sanu 2. Rozpoczynają go fluwioglacjalne piaski różnoziarniste ze żwirzem, o miąższości 7,7 m (20,5–28,2 m). W spągu znajduje się bruk, który tworzą skały krystaliczne. Powyżej osadów fluwioglacjalnych nawiercono serię piasków drobnoziarnistych o miąższości 7,5 m (13,0–20,5 m, fig. 2, 4), warstwowanych poziomo, z widoczną makroskopowo miką. Na głębokości 16,8–17,0 m wykonano datowanie osadów metodą OSL i otrzymano wynik 158 ka \pm 4,7 (Gdul-815, Bluszcz, 2005). Wiek OSL próbki jest zawyżony w stosunku

do interpretacji autorskiej. Powyżej serii piaszczysto-pyłastej zlodowaczenia sanu 2 nawiercono 11-metrową serię warstwowanych poziomo piasków pylastych z przewarstwieniami mułków, miejscami iltów i piasków drobnoziarnistych, nie reagujących z HCl i korelowanych ze zlodowaczeniem odry. Granica pomiędzy serią piasków sanu 2 i odry jest dyskusyjna, a podziału dokonano na podstawie interpretacji autorskiej. Jest to osad zbiornikowy, z okresowymi przepływami, akumulowany w znacznej odległości od lądolodu. Osady te praktycznie zaczynają się od powierzchni terenu, gdyż gliny zwałowe zlodowaczenia odry zostały zniszczone. Na głębokości 5,5 m zostało wykonane oznaczenie wieku bezwzględnego metodą OSL i otrzymano wynik 122,5 \pm 6,0 ka BP (Gdul-815, Bluszcz, 2005). Serię osadów w Kol. Bronisławów kończy 2-metrowa warstwa pylastych piasków pokrywowych.

DYSKUSJA

Przedstawiony powyżej obraz osadów zalegających poniżej gliny zlodowaczenia sanu 1 w wierceniach Budziska, Wola Chomejowa i Kolonia Bronisławów, uzyskany na podstawie szczegółowych analiz teksturalnych osadów oraz interpretacji przez M. Żarskiego wyników analizy palinologicznej (Słodkowska, 2003, 2005) zawiera bardzo wiele sprzecznych informacji i jest dyskusyjny z wynikami przedstawionymi w opracowaniach do SMGP w skali 1: 50 000, ark. Okrzeja i Adamów (Żarski, 2003, 2006).

Wyniki analizy palinologicznej w interpretacji M. Żarskiego wskazują, że wiek osadów piaszczystych nawierconych poniżej gliny zlodowaczenia sanu 1 należy korelować z miocenem lub ze starszymi piętrami paleogenu. Z drugiej jednak

strony te same osady charakteryzują się bardzo wysokim udziałem ziaren, których transport niewątpliwie zachodził w środowisku eolicznym (RM i EM/RM). Miąższość osadów bogatych w tego typu ziarna wynosi około 15 m w otworze Budziska. Obejmuje ona górny 7-metrowy poziom utworów uznanych w spągu za miocenne, dla których została wykonana ekspertyza palinologiczna oraz 7,7 metrowy poziom piasków fluwioperyglacjalnych zlodowaczenia sanu 1. W Woli Chomejowej miąższość osadów bogatych w ziarna kwarcowe charakterystyczne dla środowiska eolicznego wynosi 14,5 m. Najbardziej kontrowersyjnym odcinkiem jest 5-metrowy poziom piasków występujących nad mułkiem miocennym do miejsca ostatniej ekspertyzy palinologicznej

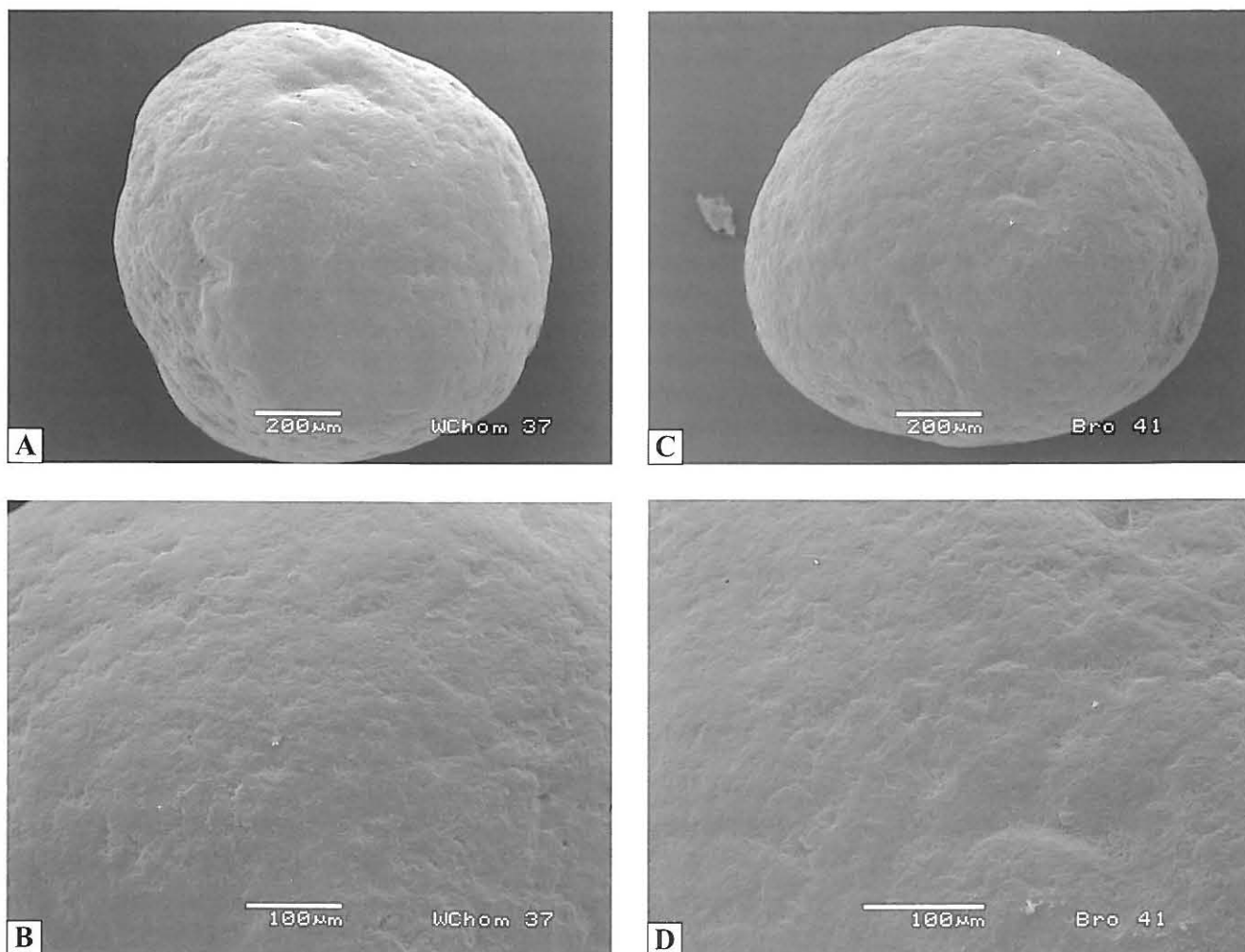


Fig. 8. Morfologia powierzchni ziaren kwarcu: A — ziarno kwarcu o dobrym stopniu obtoczenia, którego powierzchnia była kształtowana w środowisku eolicznym (RM). Stanowisko Wola Chomejowa, B — fragment powierzchni ziarna kwarcowego podlegającego obróbce w środowisku eolicznym. Stanowisko Wola Chomejowa, C — ziarno kwarcu o dobrym stopniu obtoczenia, którego powierzchnia była kształtowana w środowisku eolicznym (RM). Stanowisko Kolonia Bronisławów, D — fragment powierzchni ziarna kwarcowego podlegającego obróbce w środowisku eolicznym. Stanowisko Kolonia Bronisławów

Morphology of quartz grains: A — well rounded sand grain which surface was created in aeolian environment (RM). Wola Chomejowa site, B — part of sand grain surface forming in aeolian environment. Wola Chomejowa site, C — well rounded sand grain which surface was created in aeolian environment (RM). Kolonia Bronisławów site, D — part of sand grain surface forming in aeolian environment. Kolonia Bronisławów site

(gł. 38,6 m) stwierdzającej miocenijski wiek badanych osadów. W Kol. Bronisławów wiek całej 17-metrowej serii osadów jest kontrowersyjny, gdyż 3 próby, z których została wykonana ekspertyza palinologiczna zostały pobrane ze spągu, stropu i środka serii. Wysoki udział ziaren typu RM (bardzo dobrze obtoczonych) świadczy, że podlegały one długotrwałej obróbce w środowisku eolicznym, bądź też aktywność procesów eolicznych na tym terenie była bardzo intensywna. Dla porównania, w Szwecji, gdzie procesy eoliczne w okresie schyłku zlodowacenia wiśły trwały bardzo krótko, z powodu bardzo szybkiego wkroczenia roślinności tuż po deglacjacji (Seppälä, 2004), cechy teksturalne osadów wydmych praktycznie nie różnią się od osadów podłoża (Mycielska-

Dowgiało, 1993).

Ponadto, wyniki analizy minerałów ciężkich dla osadów ze wszystkich trzech profili, również nie odpowiadają charakterystyce osadów trzeciorzędowych. Spektrum minerałów ciężkich dla osadów trzeciorzędowych jest bardzo wąskie, ograniczone do minerałów najbardziej odpornych (Mycielska-Dowgiało, 1995). Wiąże się to z intensywnym wietrzeniem chemicznym, które eliminowało minerały mało- i średnioodporne na ten rodzaj wietrzenia. W przypadku osadów zalegających poniżej gliny zlodowacenia sanu 1 w analizowanych profilach, wśród minerałów ciężkich są obecne amfibole, których udział dochodzi nawet do 15% (w wierceniu Kol. Bronisławów). Wyniki z wiercenia Budziska

są kontrowersyjne. W badanych próbkach z wierceń dominują granaty. Występują także śladowe ilości minerałów z grupy mik (biotyt, chloryt). Podobne spektrum minerałów ciężkich przedstawia Kosmowska-Ceranowicz (1976) dla osadów preglacjalnych z Cetenia i Ponurzyca. Ponadto, podobnie jak w profilu Ceteń w badanych osadach występują pojedyncze ziarna skaleni.

Sprzeczności, jakie wynikają z różnic w wynikach analizy palinologicznej (Słodkowska, 2003, 2005), analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcowych wykonanej wg metody Cailleux (1942) z późniejszymi modyfikacjami oraz analizy minerałów ciężkich, sugerują, że wiek badanych osadów najprawdopodobniej należy bardziej wiązać z plejstocenem niż z miocenem. Jednakże we wszystkich trzech otworach, w osadach zalegających poniżej glin zlodowacenia sanu I, nie stwierdzono zespołów pyłkowych charakterystycznych dla czwartorzędu (Słodkowska, 2003, 2005). Wyniki analizy palinologicznej zespołów pyłkowych charakterystycznych dla czwartorzędu wskazują na obecność neogeńskich zespołów pyłkowych z domieszką paleogeńskiego fitoplanktonu. Należy jednak zaznaczyć, że aby mogły rozwijać się procesy eoliczne musi być spełnionych kilka warunków, z których najważniejszym jest dostępność osadu, który może być włączony przez wiatr do transportu eolicznego, odpowiednia siła wiatru oraz niskie opady, które redukują roślinność, bądź powodują jej całkowity zanik (Seppällä, 2004). W warunkach klimatu zimnego dodatkowo rozwojowi procesów eolicznych sprzyja bardzo silny wiatr, który przewiewa śnieg, odsłaniając tym samym powierzchnię gruntu, przyczyniając się do niszczenia roślinności. Ponadto obecność wieloletniej zmarzliny w podłożu wzmacnia procesy eoliczne (Seppällä, 2004). Śledząc wyniki analiz palinologicznych dla osadów trzeciorzędowych, nie zanotowano w tym okresie warunków, które sprzyjałyby rozwojowi procesów eolicznych (Dybova-Jachowicz, Sadowska, 2003). Wręcz przeciwnie, jest to okres, kiedy panowały warunki sprzyjające rozwojowi roślinności, w większości przypadków o wysokich wymogach klimatycznych (Dybova-Jachowicz, Sadowska, 2003). Potwierdzeniem tego jest zawartość w badanych osadach w trzech wierceniach przewarstwień humusu i szczątków roślin. Pozostaje to w sprzeczności z tezą o rozwoju procesów eolicznych.

Pierwszy o osadach bogatych w ziarna eoliczne reprezentujące dolny plejstocen, pisze Cailleux (1942), korelując je z preglacją „północnym”, który według autora związany jest z „...topnieniem pierwszego lodowca” (Kosmowska-Ceranowicz, 1966). Ponadto Jahn (1960) donosi, że w osadach leżących bezpośrednio pod najstarszą gliną na terenie środkowej Polski, występują struktury świadczące o bardzo surowych warunkach klimatycznych. Dominowało wówczas intensywne wietrze mechaniczne, rozwijały się procesy eoliczne, które były przeplatane wzrostem aktywności fluwialnej. O wysokim udziale ziaren o obróbce eolicznej donoszą Makowska i inni (1976) dla serii radzikowskiej akumulowanej u podstawy progu Pogorza Szydłowskiego. Seria ta zalega na morskich utworach trzeciorzędowych i nadbudowana jest gliną zwałową, a więc jej akumulacja następowała od sarmatu po czwartorzęd włącznie.

Analizując literaturę dotyczącą zmian klimatu na granicy trzeciorzędu i czwartorzędu (Baraniecka, 1991; Janczyk-Kopikowa, 1981; Makowska, 1976; Morawski, Stuchlik, 1987; Stuchlik, 1973, 1975, 1978, 1987; Winter, 1997), trudno jest się dopatrzeć warunków dogodnych dla rozwoju procesów eolicznych. Autorzy ci, a szczególnie Stuchlik (1978, 1987), wyróżniający na granicy trzeciorzędu i czwartorzędu 5 faz klimatycznych, nie wyznaczają żadnej, w której mogłyby panować warunki dogodne dla rozwoju procesów eolicznych. Wyznaczając nawet okresy tzw. „zlodowaceń” nie opisują oni warunków mogących sprzyjać zaistnieniu tych procesów. Stuchlik (1978) mówiąc o ochłodzeniach klimatu w preglacji (faza II — piętro różce i faza IV — piętro otwock) określa na podstawie badań palinologicznych panującą w tym okresie roślinność jako bezleśny step a panujący klimat jako borealny (piętro różce) oraz umiarkowanie chłodny i umiarkowany (piętro otwock). Według niego w osadach reprezentujących te okresy w stratotypowym profilu Różce, pyłki drzew (sosna, brzoza i olcha) wyraźnie dominują nad pyłkami roślin zielnych, co wskazuje na zwartą szatę roślinną. W takich warunkach rozwój procesów eolicznych może być bardzo utrudniony (Seppällä, 2004), chociaż nie niemożliwy. Ponadto, Bujak (2007) w osadach preglacjalnych odsłaniających się w południowej części Niziny Mazowieckiej nie notuje ziaren o obróbce eolicznej.

Miąższe serie osadów, w których stwierdzono bardzo wysoki udział ziaren o obróbce eolicznej są znane z plejstocenu glacialnego np. Bełchatowa (Goździk, 2001, 2007a, b), czy też z Wapienna (Sokołowski, Woronko, 2007). Są one określane mianem osadów fluwioperyglacjalnych (Mycielska-Dowgiałło, Woronko, 2001, 2004). Poza bardzo wysokim udziałem ziaren typu RM i EM/RM osady tego typu cechuje brak materii organicznej (Goździk, Pazdur, 1987; Van Huissteden i in., 2000; Goździk, 2007a, b). Fakt ten uniemożliwia rekonstrukcję warunków środowiska pod względem paleobotanicznym (Van Huissteden i in., 2000). Kasse i in. (1998) w Bełchatowie, w osadach pochodzących ze schyłku zlodowacenia wisty, zarejestrowali obecność fauny typu *coleoptera*, świadczącej o ekstremalnie zimnych warunkach klimatycznych, analogicznych do współcześnie panujących w tundrze Arktyki. W osadach akumulowanych w takich warunkach powszechne są pseudomorfozy po klinach lodowych (Goździk, 2007a, b; Zieliński, 2007; Sokołowski, Woronko, 2007) (niestety w przypadku wierceń obserwacja tego typu struktur jest wręcz niemożliwa). Dowodzi to obecności wieloletniej zmarzliny i warunków charakterystycznych dla zimnej pustyni (Murton i in., 2000; Goździk, 2007a, b). Na obszarach, które możemy nazwać mianem zimnej pustyni, opady w postaci śniegu są bardzo niskie, temperatura jest ekstremalnie niska, a w podłożu występuje wieloletnia zmarzlina. W tych warunkach roślinność nie odgrywa żadnej roli w rozwoju procesów eolicznych (Seppällä, 2004).

W badanych profilach osady zalegające pod gliną zlodowacenia sanu I, nie są na pierwotnym złożu, tzn. nie są to piaski wydmore czy też pokrywowe. Wyniki analizy uziarnienia wskazują, że w ostatnim cyklu sedymentacyjnym były one transportowane w środowisku fluwialnym. Zestawienie średniej średnicy ziaren (M_z) oraz stopnia wysortowania

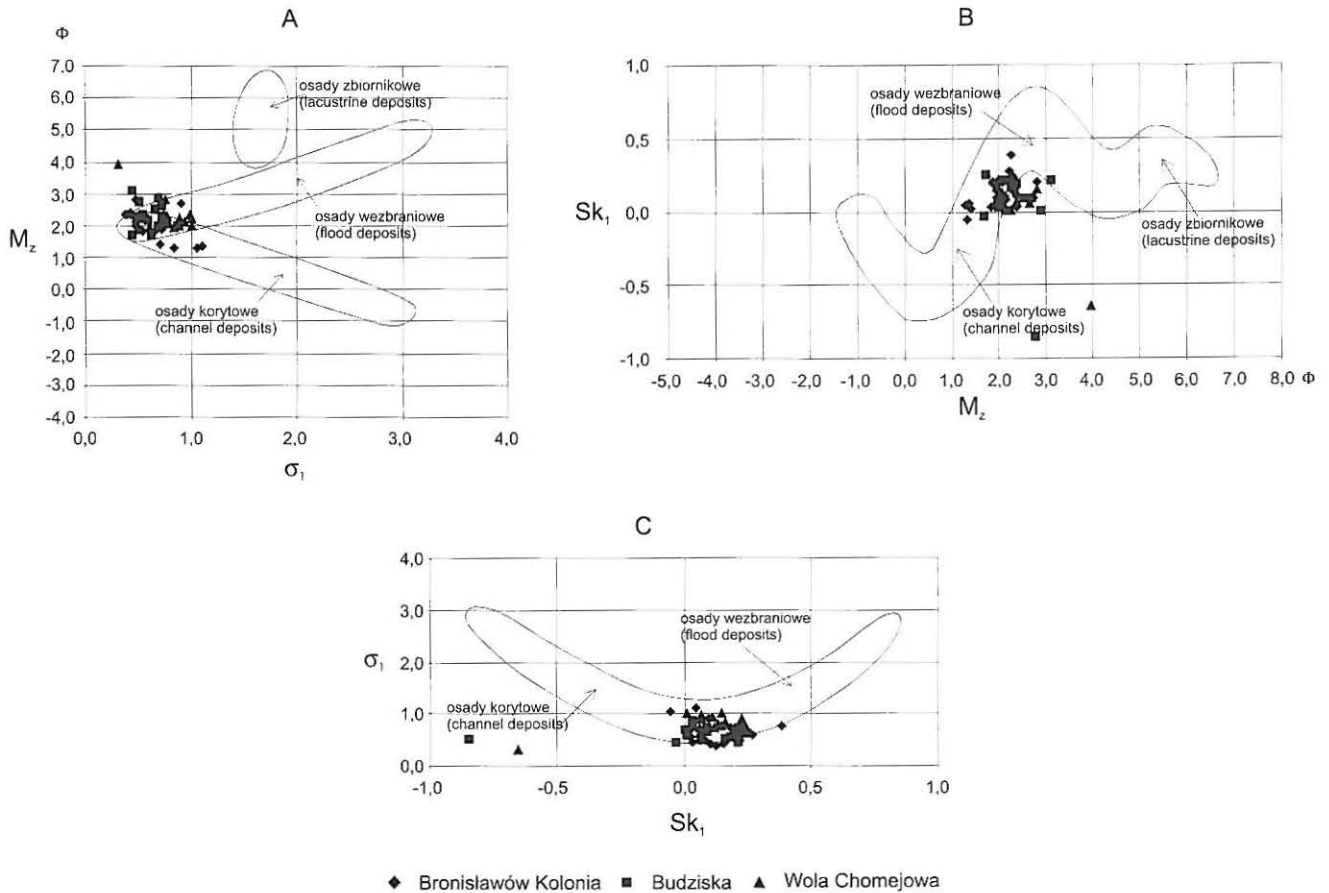


Fig. 9. Wykresy zależności podstawowych wskaźników uziarnienia wg Folka i Warda (1957) obliczonych dla osadów z profili: Kolonia Bronisławów, Budziska i Wola Chomejowa: **A** — wysortowania (σ_1) i średniej średnicy ziarna (M_z), **B** — średniej średnicy ziarna (M_z) i skośności (Sk_1), **C** — skośności (Sk_1) i wysortowania (σ_1). Środowiska depozycyjne wyznaczone za Ludwikowską-Kędzia (2000)

Relationship diagrams of main grain indicators according to Folk and Ward (1957) calculated for the deposits from boreholes: Kolonia Bronisławów, Budziska and Wola Chomejowa: **A** — sorting (σ_1) and mean grain size (M_z), **B** — mean grain size (M_z) and skewness (Sk_1), **C** — skewness (Sk_1) and sorting (σ_1). Deposition environments determined by Ludwikowska-Kędzia (2000)

osadów (σ_1) pokazuje, że reprezentują one facje pośrednie między korytowymi i wezbraniowymi (fig. 9). Potwierdza to również zestawienie wyników na diagramie Passegi (Passega, 1957; Passega, Byramjee, 1969) (fig. 10), który pokazuje, że transport osadów odbywał się w warunkach niewielkiej energii środowiska, przede wszystkim w saltacji. Piaski wykazują warstwowanie horyzontalne i skośne, i należy je łączyć z sedymentacją rzeczna o niskoenergetycznym reżimie. Należy podkreślić fakt, że osady ze wszystkich trzech stanowisk są praktycznie jednakowe. Nie wykazują większych różnic zarówno w profilach pionowych, jak również rozciągłości lateralnej. Biorąc pod uwagę niewielkie odległości pomiędzy poszczególnymi stanowiskami (maksymalnie 20 km) najprawdopodobniej reprezentują one jeden system rzeczny funkcjonujący w tym samym czasie. Ponadto duża miąższość badanych osadów sugeruje, że dominowała przede wszystkim akgradacja związana z dużą dostawą materiału ze zlewni do koryta. W badanych osadach dominują warstwowania horyzontalne (Sh). Osady o podobnych ce-

chach opisuje Zieliński (2007) w Bełchatowie ze schyłku zlodowacenia wisty, wiążąc ich akumulację z płaskodenną rzeką roztokową, rozwijającą się w warunkach peryglacialnych, przy dużej suchości klimatu. W takich warunkach dominowały zarówno procesy fluwialne, jak również eoliczne, a w efekcie dochodziło do akumulacji osadów określanych mianem fluwioperyglacialnych (Mol i in., 2000; Van Huissteden i in., 2000; Kasse i in., 2003; Mycielska-Dowgiało, Woronko, 2004; Goździk, 2007a, b). Deflacji podlegały wszystkie osady pozbawione roślinności np. osady budujące równiny zalewowe (Lewkowicz, Young, 1991; Van Huissteden i in., 2000). Goździk (2007a, b) na podstawie szczegółowej analizy osadów i rzeźby rozwijającej się od schyłku zlodowacenia warty po schyłek zlodowacenia wisty, stworzył model rozwoju procesów eolicznych, który może być zastosowany dla każdego okresu plejstocenu. Transportowany przez wiatr materiał w warunkach klimatu suchego i zimnego był akumulowany najczęściej na wilgotnych powierzchniach w dnach dolin rzecznych lub we wszelkiego

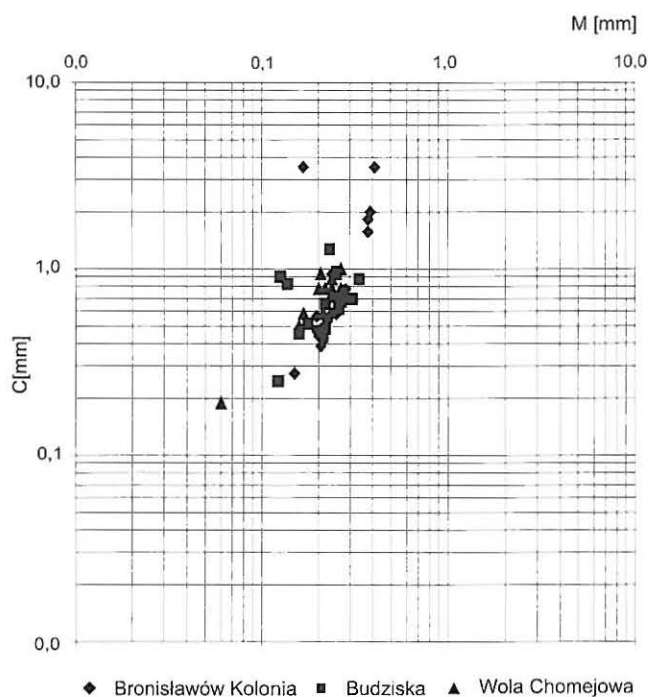


Fig. 10. Diagram C–M Passegi dla osadów ze stanowisk: Kolonia Bronisławów, Budziska, Wola Chomejowa

C–M Passega diagram for the deposits from sites: Kolonia Bronisławów, Budziska, Wola Chomejowa

typu zagłębieniach. Część tego osadu była przechwytywana w dolinach rzek jedynie czasowo, najczęściej ponownie był włączany do transportu eolicznego lub fluwialnego. W tej sytuacji podlegały one wielokrotnej redepozycji. Powodowało to wyeliminowanie najmniej odpornych składników w osadzie np. minerałów z grupy mik, amfiboli, skaleni (Manikowska, 1985, 1993; Goździk, 1995, 2007a, b; Mycielska-Dowgiałło, Woronko, 2001) oraz wzrost udziału ziaren typu EM/RM i RM (Mycielska-Dowgiałło, 1993; Woronko, 2001; Goździk, 2007a, b). Opisane wyżej sytuacje są obserwowane na obszarach, gdzie panują jednocześnie zimne warunki klimatyczne np. północna Kanada (Good, Bryant, 1985; Lewkowicz, Young, 1991; Seppällä, 2004), na Islandii (Mountney, Russell, 2004), czy też na Alasce (Dijkmans, Koster, 1990).

W świetle przedstawionych danych osady pierwotnie datowane na miocen w profilach Budziska, Kolonia Bronisławów i Wola Chomejowa można korelować z preglacją lub najstarszym zlodowaceniem. We wszystkich profilach zwraca uwagę występowanie przewarstwień humusowych, które muszą być związane z szatą roślinną. Jednocześnie bardzo wysoki udział ziarn, których powierzchnia była kształtowana w środowisku eolicznym świadczy o długotrwałym ochłodzeniu klimatu. Brak materiału skandynawskiego w badanych osadach może sugerować, że mogły być

one związane z ochłodzeniem korelowanym z najstarszym zlodowaceniem, tj. ze zlodowaceniem narwi. Jednak duża głębokość zalegania osadów związanych z tym zlodowaceniem, powoduje, że niewiele wiemy o tym okresie (Mojski, 2005). Materiałem źródłowym dla badanych osadów mogły być zarówno odsłonięte piaszczyste osady trzeciorzędowe, jak i preglacjalne. Wyraźne osuszenie klimatu w okresie bezpośrednio poprzedzającym nasunięcie lądolodu spowodowało redukcję roślinności i uruchomienie przez wiatr starszych osadów. Taki scenariusz prezentowała dla tego okresu Balińska-Wuttke (1966). Brak materiału północnego w analizowanych osadach wskazuje, że miało to miejsce w okresie, kiedy lądolód znajdował się jeszcze daleko na północy. Nie ma dowodów, że rozwiewaniu ulegały również osady fluwioglacjalne. Dolina, w obrębie której nastąpiła akumulacja transportowanych przez wiatr osadów, najprawdopodobniej była szeroka i duża. Mógł to być pra-Wieprz lub pra-Krzna, chociaż sprawdzenie tego wymaga dalszych badań z wykorzystaniem głębokich wierceń. Materiał trzeciorzędowy, obecny w badanych osadach, najprawdopodobniej pochodził z erozji brzegów, która towarzyszyła dźwiganiu się Wyżyny Lubelskiej (Mojski, 2005). Erodowany materiał trzeciorzędowy wzbogacał aluwia ówczesnej rzeki. Najprawdopodobniej transport na krótkim dystansie umożliwił zachowanie starszej flory. Słodkowska (2003) sugeruje taką możliwość w przypadku osadów z otworu w Budziskach. Kwestią otwartą pozostaje bardzo wysoki udział ziaren kwarcu w prezentowanych osadach (fig. 5, 6, 7). W przypadku osadów eolicznych wskazuje to na wielokrotne i długotrwałe ich przerabianie w środowisku eolicznym (Barczuk, Mycielska-Dowgiałło, 2001; Mycielska-Dowgiałło, 1995, 2001; Mycielska-Dowgiałło, Woronko, 2004). Dla przykładu osady budujące wydmy w Liszynie, powstała u schyłku zlodowacenia wisły, zawierają 93–95% kwarcu (Kamińska i in., 1986). Z drugiej jednak strony w przypadku analizowanych osadów, materiał źródłowy — trzeciorzędowy i preglacjalny, był bardzo bogaty w ziarna kwarcu. W tym przypadku udziału kwarcu w osadzie nie można traktować jako wyznacznika długości trwania procesów eolicznych.

Lądolód sanu I nasuwał się na osady silnie zeolizowane, o czym może świadczyć wysoki udział ziarn RM i EM/RM w spagu gliny, w otworze Wola Chomejowa (fig. 6). Podobną sytuację zanotowano w glinach korelowanych z nasunięciem najstarszego zlodowacenia (narwi), nawierconych w Mysiadle ark. Jadów (Armusiewicz, 2003), Wielkim Bukowcu ark. Osiek (Tarasienko, 2006), Głinojecku ark. Sochocin (Bujak i in., 2006), Kozłach ark. Bielsk Podlaski (Brud i in., 2001) oraz Celinach ark. Łuków (mat. niepublikowane). Otrzymałe wyniki w dalszym ciągu są bardzo dyskusyjne i wymaga to dalszych badań osadów dolnego plejstocenu, preglacjalu i górnego miocenu. Sam okres preglacjalu trwał prawie 1 milion lat, a danych geologicznych dla tego okresu mamy bardzo niewiele.

WNIOSKI

Prezentowane powyżej wyniki są pomocne dla odtworzenia paleogeografii południowej części Niziny Południowopodlaskiej w okresie preglacjalnym lub przed nasunięciem lądolodu zlodowacenia narwi. Ochłodzeniu towarzyszył intensywny rozwój procesów eolicznych na obszarach znajdujących się na południu, w strefie peryglacjalnej. Transportowany przez wiatr materiał był składany w obrębie dolin rzecznych. Były one swoistego rodzaju pułapkami, które przechwytywały materiał eoliczny. Drobnziarnisty charakter nawierconych osadów warstwianych horyzontalnie

i skośnie może wykazywać, że należy je łączyć z sedymentacją rzeczną o niskoenergetycznym reżimie. Badania te pomogły uściślić granicę pomiędzy czwartorzędem a neogenem w wierceniach Budziska i Wola Chomejowa. Osady w Kol. Bronisławów są albo neogeńskie albo dolnoplejstoceńskie, a obecność neogeńskiej flory w analizowanych osadach najprawdopodobniej znajdującej się na wtórnym złożu, bądź w postaci słabo rozmytych kier, może być związana z intensywną erozją starszych osadów.

LITERATURA

- ARMUSIEWICZ A., 2003 — Cechy teksturalne osadów czwartorzędowych w profilu „Mysiadła” k/Łochowa (Równina Wołomińska). *Arch. WGISR UW*.
- BALIŃSKA-WUTTKE K., 1966 — Stratygrafia czwartorzędu okolic Rawy Mazowieckiej i Skierniewic. *Biul. Inst. Geol.*, **187**: 293–327.
- BARANIECKA M.D., 1991 — Profil Różce na tle podstawowych profili osadów preglacjalnych na południowym Mazowszu. *Prz. Geol.*, **39**, 5–6: 254–257.
- BARCZUK A., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 2001 — Znaczenie składu mineralnego osadów dla rozpoznania obecności procesów eolicznych. *W: Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu* (red. E. Mycielska-Dowgiałło). Pr. Sedym. Wyd. Wydz. Geogr. St. Rep. Warszawa: 39–42.
- BLUSZCZ A., 2005 — Sprawozdanie z wykonania pomiaru wieku metodą luminescencyjną 20/2005. CAG PIG. Warszawa.
- BRUD St., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., WORONKO B., 2001 — Interpretacja stratygraficzna osadów z otworu Kozły-1 z wykorzystaniem stopnia ich eolizacji. *Prz. Geol.*, **49**, 9: 688–691.
- BUJAK Ł., 2007 — Cechy teksturalne piaszczystych osadów preglacjalnych i warunki ich sedymentacji na przykładzie stanowisk Stanisławice k. Kozienic i Niwa Babicka k. Ryk. *Prz. Geol.*, **55**, 6: 485–492.
- BUJAK Ł., WORONKO B., WROTEK K., 2006 — Cechy teksturalne osadów jako źródło informacji o warunkach środowiska sedymentacji, na przykładzie osadów plejstocenijskich z profilu Głinojeck (Równina Raciąska). *Prz. Geol.*, **54**, 4: 319–325.
- CAILLEUX A., 1942 — Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. *Mm. Soc. Géol. de France*, **41**: 1–176.
- DIJKMANS J.W.A., KOSTER E.A., 1990 — Morphological development of dunes in a subarctic environment, central Kobuk Valley, Northwestern Alaska. *Geografiska Annaler*, **72A**, 1: 93–109.
- DYBOVA-JACHOWICZ S., SADOWSKA A. (red.), 2003 — *Paliologia*. Wyd. Inst. Botaniki PAN. Kraków.
- FOLK R.L., WARD W., 1957 — Brazos river bar; a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, **27**: 3–26.
- GOOD T.R., BRYANT I.D., 1985 — Fluvio-aeolian sedimentation — an example from Banks Island, N.W.T., Canada. *Geografiska Annaler*, **67A**: 33–46.
- GOŹDZIK J., 1980 — Zastosowanie morfometrii i granifometrii do badań osadów w kopalni węgla brunatnego Bełchatów. *Studia Regionalne*, IV (IX). PWN Warszawa–Łódź: 101–114.
- GOŹDZIK J., 1995 — Wybrane metody analizy kształtu ziarn piasku dla celów paleogeograficznych i stratygraficznych. *W: Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników* (red. E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski). Wyd. Wydz. Geogr. St. Rep. Warszawa: 115–132.
- GOŹDZIK J., 2001 — Stratygrafia i paleogeografia osadów czwartorzędowych z środkowo-zachodniej części kopalni Bełchatów z wykorzystaniem morfoskopii ziarn kwarcowych. *W: Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu* (red. E. Mycielska-Dowgiałło). Pr. Sedym. Wyd. Wydz. Geogr. St. Rep. Warszawa: 81–93.
- GOŹDZIK J., 2007a — The Vistulian aeolian succession in central Poland. *Sed. Geol.*, **193**: 211–220.
- GOŹDZIK J., 2007b — Czwartorzędowe aluwia w odkrywcę KWB Bełchatów — dominacja akumulacji w klimacie zimnym. *Prz. Geol.*, **55**, 3: 196–197.
- GOŹDZIK J., PAZDUR M.F., 1987 — Frequency distribution of ¹⁴C dates from the territory of Poland in the time interval 12–45 kyr BP and its paleogeographical implications. *Zesz. Nauk. Politechniki Śląskiej*, **56. Geochronometria**, **4**: 27–42.
- JAHN A., 1960 — The oldest periglacial period in Poland. *Biul. Peryg.*, **9**: 159–162.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1981 — Analiza pyłkowa plejstocenijskich osadów Kaznowa i Krępa. *Biul. Inst. Geol.*, **321**: 249–258.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1995 — Stratygrafia plejstocenu Polski NE na podstawie roślinności. CAG PIG. Warszawa.
- JANKOWSKA B., 2002 — Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych. SMGP w skali 1: 50 000, ark. Okrzeja. CAG PIG. Warszawa.
- KAMIŃSKA R., KONECKA-BETLEY K., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 1986 — The Leszno dune in the Vistula valley (east of Płock). *Biul. Peryg.*, **31**: 141–162.
- KASSE C., HUIJZER A.S., KRZYSZKOWSKI D., BOHNACKE S.J.P., COOPE G.R., 1998 — Weichselian Late Pleniglacial and Late-glacial deposition environments, Coleoptera and periglacial climatic records from central Poland (Bełchatów). *J. Quatern. Sc.*, **13**: 455–469.

- KASSE C., VANDENBERGHE J., VAN HUISSTEDEN J., BOHNCKE S.J.P., BOS J.A.A., 2003 — Sensitivity of Weichselian fluvial systems to climate change (Nochten mine, eastern Germany). *Quatern. Sc. Rev.*, **22**: 2141–2156.
- KONDRACKI J., 2001 — Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1966 — Osady preglacjalne dorzecza środkowej Wisły. *Pr. Muzeum Ziemi*, **9**: 223–296.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1976 — Wiek osadów z Cetenia i Ponurzyca. *Kwart. Geol.*, **20**, 3: 627–641.
- KRUPIŃSKI K.M., ŻARSKI M., 2004 — Pozycja stratygraficzna interglacjału ferdynandowskiego w świetle badań palinologicznych osadów z Kosiołek i innych stanowisk Równiny Łukowskiej. CAG PIG, Warszawa.
- KRUPIŃSKI K.M., ŻARSKI M., 2007 — Ciepłe jednostki klimatyczne w osadach czwartorzędowych Wysoczyzny Żelechowskiej i zachodniej części Równiny Łukowskiej. CAG PIG, Warszawa.
- KRYGOWSKI B., 1964 — Graniformametri mechaniczna — zastosowanie, teoria. *Pr. Kom. Geogr.-Geol. PTPN*, **2**, 4: 1–112.
- LEWKOWICZ A.G., YOUNG K.L., 1991 — Observations of aeolian transport and niveoaeolian deposition at three lowland sites, Canadian Arctic Archipelago. *Permafrost and Periglacial Processes*, **2**: 197–210.
- LINDNER L., 1992 — Stratygrafia (klimatostatygrafia) czwartorzędu. *W: Czwartorzęd. Osady. Metody badań. Stratygrafia* (red. L. Lindner). PAE, Warszawa: 441–613.
- LISICKI S., 2003 — Litotypy i litostratygrafia glin lodowcowych plejstocenu dorzecza Wisły. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **177**: 105 ss.
- LUDWIKOWSKA-KĘDZIA M., 2000 — Ewolucja środkowego odcinka doliny rzeki Belnianki w późnym glacie i holocenie. *Wyd. Akademickie Dialog*, Warszawa.
- MAKOWSKA A., 1976 — Staroplejstocenne osady organogeniczne w Ceteniu i ich związek z serią preglacjalną południowego Mazowsza. *Kwart. Geol.*, **20**, 3: 597–622.
- MAKOWSKA D., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., KRZYWOŁOCKA-LAUROW R., 1976 — Geneza serii radzikowskiej na południowym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich w oparciu o wskaźniki uziarnienia i obróbki z zastosowaniem mikroskopii elektronowej. *Prace i Studia Inst. Geogr. UW*, **17**: 67–82.
- MANIKOWSKA B., 1985 — O glebach kopalnych, stratygrafii i litologii wydm Polski środkowej. *Acta Geogr. Lodz.*, **52**.
- MANIKOWSKA B., 1993 — Mineralogy and abrasion of sand grains due to Vistulian (late Pleistocene) aeolian processes in Central Poland. *Geologie en Mijnbouw*, **72**: 167–177.
- MOJSKI E.J., 2005 — Ziemia polskie w czwartorzędzie. Zarys morfogenezy. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- MOL J., VANDERBERGHE J., KASSE C., 2000 — River response to variations of periglacial climate in mid-latitude Europe. *Geomorphology*, **33**: 131–148.
- MORAWSKI W., STUHLIK L., 1987 — Preglacjał Mirowa i Opaczy w Warszawie. *W: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce*: 147–163. (red. A. Jahn, S. Dyjor). Ossolineum, Wrocław.
- MURTON J.B., WORSLEY P., GOŹDZIK J., 2000 — Sand veins and wedges in cold aeolian environments. *Quatern. Sc. Rev.*, **19**, 9: 899–922.
- MOUNTNEY N.P., RUSSELL A.J., 2004 — Sedimentology of cold-climate sandsheet deposits in the Askja region of northeast Iceland. *Sedimentary Geology*, **166**: 223–244.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., WORONKO B., 2004 — The degree of aeolization of Quaternary deposits in Poland as a tool for stratigraphic interpretation. *Sedimentary Geology*, **168**: 149–163.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 1993 — Estimates of Late Glacial and Holocene aeolian activity in Belgium, Poland and Sweden. *Boreas*, **22**: 165–170.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 1995 — Wybrane cechy teksturalne osadów i ich wartość interpretacyjna. *W: Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników* (red. E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski). Wyd. Wyd. Geogr. St. Rep. Warszawa: 29–104.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 2001 — Teksturalne cechy osadów wskazujące na stopień ich eolizacji i pozycję stratygraficzną. *W: Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu* (red. E. Mycielska-Dowgiałło). *Pr. Sedym. Wyd. Wyd. Geogr. St. Rep. Warszawa*: 9–17.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., WORONKO B., 1998 — Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i jej wartość interpretacyjna. *Prz. Geol.*, **46**: 1275–1281.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., WORONKO B., 2001 — Wybrane cechy sedimentologiczne osadów ułatwiające ich podział stratygraficzny, na przykładzie otworów Galumin 1, Kozły K-I, Niksowizna i Olszewo Węgorzewskie. *W: Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu* (red. E. Mycielska-Dowgiałło). *Pr. Sedym. Wyd. Wyd. Geogr. St. Rep. Warszawa*: 43–58.
- PASSEGA R., 1957 — Texture as characteristic of clastic deposition. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **41**, 9: 1952–1984.
- PASSEGA R., BYRAMJEE R., 1969 — Grain size image of clastic deposits. *Sedimentology*, **13**: 830–847.
- PRZASNYSKA J., 2006 — Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych. SMGP w skali 1: 50 000, ark. Adamów. CAG PIG, Warszawa.
- RZECHOWSKI J., 1977 — Main lithotypes of tills in the Central Polish area. *Biul. Inst. Geol.*, **305**: 31–43.
- SEPPÄLLÄ M., 2004 — Wind as a geomorphic agent in cold climates. Cambridge University Press.
- SŁODKOWSKA B., 2003 — Wyniki badań palinologicznych próbek z osadów trzeciorzędowych z ark. Okrzeja. Profile: Feliksin, Grabów Rycki, Kosiołek, Gózd i Budziska. CAG PIG, Warszawa.
- SŁODKOWSKA B., 2005 — Wyniki badań palinologicznych próbek z osadów paleogeńskich i neogeńskich z ark. Adamów (639). Profile: Adamów 1, Serokomla 2, Wola Chomejowa 3, Bronisławów 4. CAG PIG, Warszawa.
- SOKOŁOWSKI R., WORONKO B., 2007 — Osady fluwioperyglacjalnej formacji z Wapienna i ich znaczenie interpretacyjne. *Prz. Geol.*, **55**, 3: 199–200.
- STUHLIK L., 1973 — Opracowanie palinologiczne osadów starszego czwartorzędu na tle górnego trzeciorzędowego z profili wiertniczych rejonu Otwocka. CAG PIG, Warszawa.
- STUHLIK L., 1975 — Charakterystyka palinologiczna osadów preglacjalnych z Ponurzyca (rejon Otwocka). *Kwart. Geol.*, **19**, 3: 667–678.

- STUCHLIK L., 1978 — Palinologiczna charakterystyka osadów starszego czwartorzędu z profili wiertniczych okolic Grójca. CAG PIG. Warszawa.
- STUCHLIK L., 1987 — Przegląd badań paleobotanicznych osadów plioceńskich i wczesnoplejstocenijskich Polski środkowej i południowej. *W: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce* (red. A. Jahn, S. Dyjor). Ossolineum, Wrocław.
- TARASIEŃKO E., 2006 — Cechy teksturalne osadów czwartorzędowych jako wskaźnik zmienności środowiska sedymentacji (na przykładzie osadów z wiercenia Bukowiec Wielki). Arch. WGiSR UW.
- VAN HUISSTEDEN J., VANDENBERGHE J., VAN DER HAMMEN T., LAAN W., 2000 — Fluvial and aeolian interaction under permafrost condition: Weichselian Late Pleniglacial, Twente, eastern Netherlands. *Catena*, **40**: 307–321.
- WINTER H., 1997 — Późnotrzeciorderowa i wczesnoplejstocenijska flora Polski i jej znaczenie dla paleostratygrafii. Maszynopis pracy doktorskiej. CAG PIG. Warszawa.
- WORONKO B., 2001 — Znaczenie analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej w interpretacji genetycznej osadów czwartorzędowych. *W: Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu* (red. E. Mycielska-Dowgiało). Warszawa: 33–39.
- ZIELIŃSKI T., 2007 — The Pleistocene climate-controlled fluvial sedimentary record in the Bełchatów mine (central Poland). *Sedimentary Geology*, **193**: 203–209.
- ŻARSKI M., 2000 — Czwartorzęd okolic Kozienic, Dębina i Puław. Maszynopis pracy doktorskiej. CAG PIG. Warszawa.
- ŻARSKI M., 2002 — Pleistocene river valleys and ice sheet limits in the Southern Mazovian Lowland, Central Poland. *Geol. Quart.*, **46**, 2: 147–163.
- ŻARSKI M., 2003 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Okrzeja wraz z objaśnieniami. CAG PIG. Warszawa.
- ŻARSKI M., 2006 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000 ark. Adamów wraz z objaśnieniami. CAG PIG. Warszawa.

SUMMARY

Sedimentological analysis was performed on samples taken from three boreholes: Budziska (Okrzeja sheet, Wola Chomejowa and Kolonia Bronisławów (Adamów sheet) drilled for need of the Detailed geological map of Poland in a scale of 1: 50,000 in the southern part of the Southern Podlasie Lowland. Some significant discrepancies in certain features of the sediments are observed: high share of rounded and frosted quartz sand grains show aeolian environment of sedimentation. However according to the results of palynological analysis, the sediments were deposited in Miocene or Eocene periods, when aeolian processes are tho-

ught to be rather absent. Moreover, results of heavy minerals analysis and sieving analysis allow to infer that sediments lying under glacial till of San 1 can be correlated with the end of Preglaciation or with a period directly preceding oldest glacial transgression in this area, the Narew Glaciation. During climate deterioration aeolian processes intensified in the periglacial zone south of the maximum glacial extend. Wind transported material was accumulated in river valleys. Neogene flora found in these sediments was probably redeposited and originated from older sediments eroded by the pra-Warta or pra-Krzna rivers.

