

## Interpretacja stratygraficzna osadów z otworu Kozły K-1 z wykorzystaniem stopnia ich eolizacji

Stanisław Brud\*, Elżbieta Mycielska-Dowgiało\*\*, Barbara Woronko\*\*

**Stratigraphic interpretation of deposits from borehole Kozły K-1 based upon their degree of eolization (eastern Poland).** Prz. Geol., 49: 683–687.

*Summary. Stratigraphic interpretation of deposits from borehole Kozły K-1 (Bielsk Podlaski map sheet, scale 1 : 50,000) included determinations of lithologic and petrologic features, 14-C and TL datings, and analyses of selected textural features. The results obtained indicated eolization degree, which is evidenced by rounding and frosting of psammitic quartz grains, content of quartz grains, and heavy mineral composition. These enabled to distinguish a sedimentary series laid down in the late Mazowiecki Interglacial. This series is highlighted by a high eolization degree of deposits. This indicates extremely intensive eolian processes that occurred in the study area prior to the Odra glaciation.*

**Key words:** eolization of Quaternary deposits, rounding and frosting of quartz grains, heavy mineral composition

Otwór Kozły K-1 wykonano w ramach realizacji arkusza Bielsk Podlaski (419) *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000*. Obszar badań jest położony na Równinie Bielskiej, na południe od kilku równoleżnikowych ciągów wzgórz uważanych za maksymalny zasięg lądolodu stadiału wkry w tym rejonie (Nowicki, 1971) (ryc. 1). Jest to lekko falista morena denną zlodowacenia warty, zbudowana z glin zwałowych oraz piasków i żwirów fluwioglacjalnych. Rozcięta jest południkowo przebiegającą doliną rzeki Białej. Otwór Kozły K-1 zlokalizowano na jej nadzalewowym tarasie, powstałym w czasie zlodowacenia wisły (>28 200 lat — Gd17028). W rejonie tym występuje głębokie obniżenie, prawdopodobnie o charakterze dolinym, wypełnione osadami czwartorzędowymi, zale-

gającymi bezpośrednio na marglach dolnego mastrychtu (Olszewska & Jugowiec-Nazarkiewicz, 2000).

### Litologia i stratygrafia profilu Kozły K-1

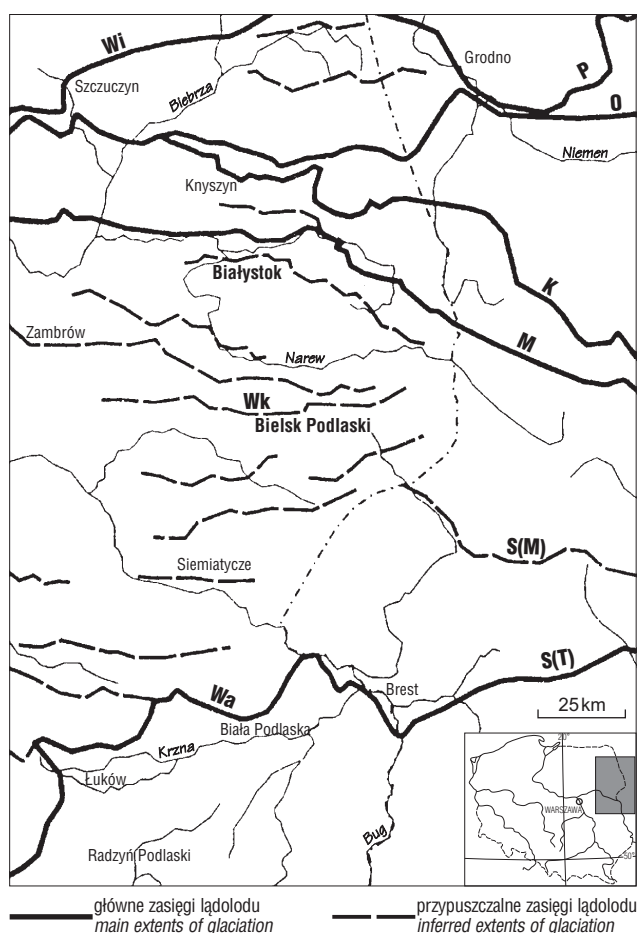
Wszechstronna analiza odwierconych osadów oparta na kryteriach litologiczno-petrograficznych, chronostratygraficznych, palinologicznych oraz ich lokalnej sytuacji geologicznej pozwoliła na ustalenie stratygrafii utworów czwartorzędowych. Za podstawę przyjęto udokumentowany palinologicznie poziom osadów interglacjalu ferdynandowskiego (Granoszewski, 2000). Rolę wspomagającą pełniły współczynniki petrograficzne określane dla glin morenowych. Choć wykazują one duże różnice w porównaniu z opracowaniami regionalnymi (Kenig, 1998), pozwalają jednak na wydzielenie i korelację litotypów glin oraz przyporządkowanie ich poszczególnym jednostkom stratygraficznym. Cała sekwencja poszczególnych wydziałów stratygraficznych wraz z przedziałami głębokości ich zalegania, została przedstawiona na zbiorczym profilu litologiczno-stratygraficznym otworu Kozły K-1 (ryc. 2).

\*Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., al. Kijowska 14, 30-079 Kraków

\*\*Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Osady zlodowacenia najstarszego — narwi — reprezentują utwory zastoiskowe oraz poziom glin zwałowych. Początek sekwencji utworów czwartorzędowych stanowi kilkunastometrowej miąższości seria o charakterze jezioro-deluwialnym, tworząca się w warunkach peryglacialnych. W typowych utworach zastoiskowych typu mułków i łąk warwowych są obecne wkładki glin spływowych z domieszką materii węglistej pochodzącej z erodowanych utworów trzeciorzędowych. Powyżej zalega dwudzielny kompleks glin. W dolnej części, o miąższości 5,5 m, glina jest bardzo homogeniczna, masywna, piaszczysta, barwy szarozielonej. Część górna ma charakter gliny spływowej z wyraźną stratyfikacją poziomą, strukturami z płynięcia oraz przeławieniami piasków i mułków węglistych.

Utwory mułkowo-piaszczyste o charakterze zastoiskowym z epizodami okresowego wzmoczenia przepływu pochodzą już z fazy transgresji kolejnego lądolodu — nidy. W ich spągu są obecne wkładki glin spływowych, redepo-



**Ryc. 1.** Główne zasięgi lądolodu warty na Podlasiu i przyległych rejonach Białorusi (Marks, 2000); zasięgi lądolodu: Wa — zlodowacenia warty, Wk — stadia wkrę (północnomazowieckiego), Wi — zlodowacenia wisły, S(T) — zlodowacenia sońskiego (wg Tsapenko & Makhnach, 1959), S(M) — zlodowacenia sońskiego (wg Matveyev, 1995), M — stadia mohylewskiego, K — fazy kopylska, O — faza oszmańska, P — fazy poozierskiej

**Fig. 1.** Main extents of the Warta ice-sheet in the Podlasie region and adjacent areas of Belorussia (Marks, 2000); extent lines of the ice-sheet: Wa — Warta glaciation, Wk — Wkra stage, Wi — Vistula glaciation, S(T) — Soński glaciation (after Tsapenko & Makhnach, 1959), S(M) — Soński glaciation (after Matveyev, 1995), M — Mohylew phase, K — Kopylska phase, O — Oszmańska phase, P — Poozierska phase

nowanych klastów glin i okruchów zwęglonego drewna oraz poziomu laminowanych piasków, świadczących o sedimentacji w krawędziowej strefie zbiornika zastoiskowego. Powyżej dominują piaski pylaste warstwowane poziomo, smużyście, z riplemarkami oraz łąk warwowe.

Gliny zaliczone do zlodowacenia nidy tworzą miąższy (prawie 50 m) kompleks homogenicznych, monotonicznie wykształconych osadów glacialnych. Charakterystyczny jest tu wysoki, dochodzący do 50%, udział nieodpornego materiału lokalnego we frakcji żwirowej. Są to przede wszystkim miękkie, porowate piaskowce i łupki wapniste, glaukonitowe oraz drobne kongrecje pirytowe i limonitowe pochodzące z rozmycia osadów starszego trzeciorzędu. W górnej części tego kompleksu występują poziomy bruki morenowych.

Zlodowacenie sanu I jest reprezentowane przez kilkunastometrowej miąższości serię gruboziarnistych osadów fluwioglacjalnych, na których zalega poziom glin zwałowych. Również w tym kompleksie udział lokalnego materiału osadowego we frakcji żwirowej jest wysoki i dochodzi do 40%. Świadczy to o kontynuacji dostawy tego materiału z erozji odsłoniętych utworów podłoża czwartorzędu.

Powyżej osadów morenowych występuje seria piaszczysto — mułkowa o charakterze rzeczonym z przewarstwieniami osadów organicznych w stropie. Analogiczne utwory w bardzo podobnej sytuacji geologicznej stwierdzono w położonym kilka kilometrów na północ otworze Parcewo K-2. Analiza spektrów pyłkowych osadów organicznych pozwoliła na korelację obydwu profili odnosząc ich powstanie na interglacjał ferdyndandowski (Granoszewski, 2000).

Na podstawie wyłącznie cech litologiczno-petrograficznych wiek zalegającej powyżej serii piaszczysto-żwirowej (o miąższości ponad pięćdziesięciu metrów) jest trudny do określenia. W dolnej części przeważają grubo- i różnoziarniste piaski masywne, bez widocznych struktur sedimentacyjnych. W części górnej dominują żwiry i piaski ze żwirami. Data TL 269±48 (Lub-3798) uzyskana z wkładki drobnoziarnistych piasków, ze środkowej części profilu, wydają się wskazywać na zlodowacenie odry jako okres ich powstania.

Ostatnie dwa poziomy glacialne zlodowaceń środkowopolskich, są silnie zredukowane. Ostatni pakiet glin zaliczany do zlodowacenia warty, został zerodowany częściowo wodami rzeki Białej. Wspomniane wcześniej piaszczysto-żwirowe utwory jej nadzalewowego tarasu, utworzonego w czasie zlodowacenia wisły, kończą profil otworu Kozły K-1.

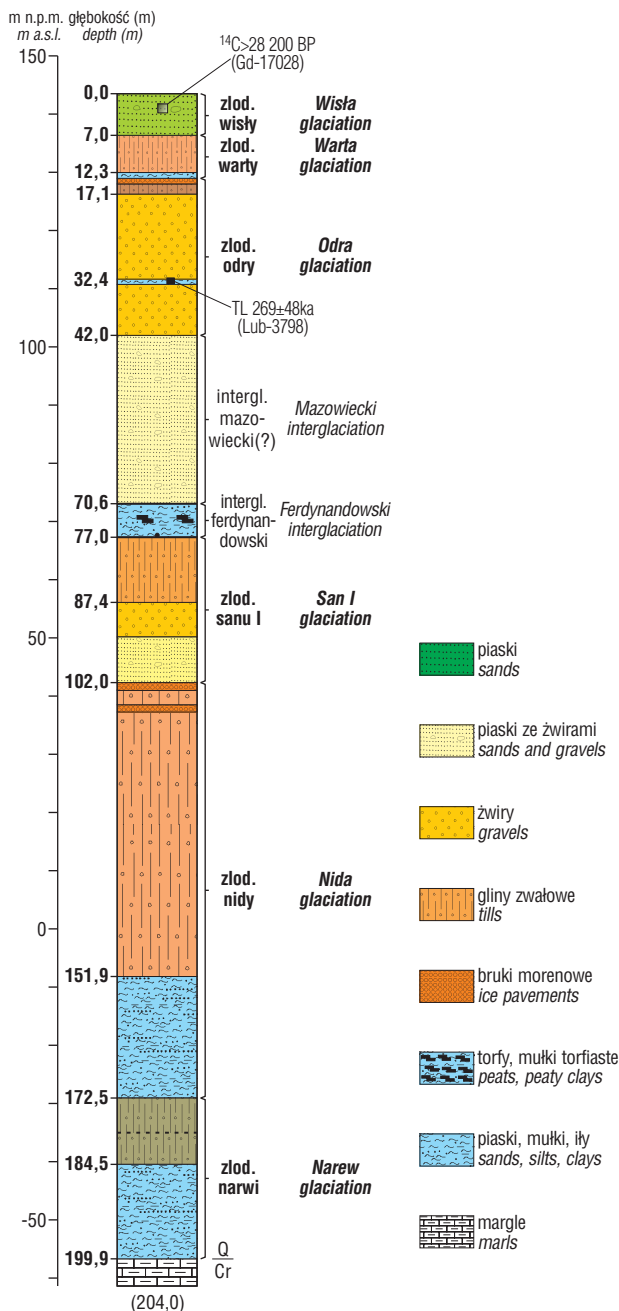
#### Litologia i stratygrafia profilu Kozły K-1 oparta na wybranych cechach teksturalnych osadów

Z wszystkich wyróżnionych w profilu serii osadowych, zostało pobranych dodatkowo 58 próbek, dla których wykonano analizę obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm metodą Cailleux'a (1942) w modyfikacji Goździka (1980) oraz Mycielskiej-Dowgiałło i Woronko (1998). Ponadto została przeprowadzona analiza obtoczenia ziarn frakcji 0,8–1,0 mm na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964) oraz obliczono udział procentowy ziarn kwarcu (0,8–1,0 mm) w poszczególnych próbkach. Analizę minerałów ciężkich wykonano dla 16 wybranych próbek.

W celu określenia stopnia eolizacji osadów w badanym profilu wybrano jako wskaźnikową grupę  $\gamma$ , obejmującą ziarna o najlepszym stopniu obtoczenia, staczające się przy

nachyleniu płytki graniformometru  $\leq 8^\circ$  (Krygowski, 1964) oraz ziarna zaliczane do grupy RM (okrągłe matowe) i EM/RM (pośrednie matowe) (Mycielska-Dowgiało & Woronko, 1998), których obróbka następowała w środowisku eolicznym.

Spagowe osady deluwialne (głęb. 199,90–184,45 m) charakteryzują się niskim udziałem procentowym ziarn grupy  $\gamma$  (średnio 12%), jak również RM (od 7,7 do 9,5%) i EM/RM (od 5,8 do 12,1%) (ryc. 3). Równocześnie relatywnie najwyższe wartości udziału ziarn kwarcowych, wyżej wymienionych grup, stwierdzono w piaskach drobnoziarnistych, bezpośrednio podścielających glinę morenową, zaliczaną do zlodowacenia narwi (ryc. 2). Udział kwarcu w całej badanej serii deluwialnej jest niski i wynosi średnio 39%, w składzie zaś minerałów ciężkich zaznacza się wysoki udział glaukonitu oraz relatywnie niski granatów i węglanów (ryc. 3). Wyso-



Ryc. 2. Profil otworu wiertniczego Kozły K-1  
Fig. 2. Section of borehole Kozły K-1

kie wartości glaukonitu, przy równoczesnym niskim udziale ziarn z grupy RM i EM/RM, wydają się świadczyć, że osady deluwialne w przewadze pochodzą z niszczenia lokalnych zwietrzelin, które sukcesywnie wypełniały istniejące wówczas głębokie rozcięcia erozyjne.

Ponad osadami deluwialnymi zalega glina morenowa zlodowacenia narwi (głęb. 184,40–172,50 m). Charakteryzuje ją podobnie, jak podścielające ją osady, niski udział ziarn z grupy  $\gamma$  (średnio 14,2%) oraz niski udział tych, które były kształtowane w środowisku eolicznym: RM (od 3,5 do 9,0%) i EM/RM (od 3,5 do 15,2%). Analogiczna, jak w osadach deluwialnych jest również zawartość ziarn kwarcu w próbkach (średnio 35,6%) i skład minerałów ciężkich. Duże podobieństwo cech teksturalnych gliny morenowej i osadów ją podścielających wydaje się świadczyć, że wkraczający łądolód egzarował podłoże, po którym kroczył, włączając pobrany materiał w skład gliny morenowej. Świadczy o tym również skład minerałów ciężkich gdzie, obok nieco zwiększonej zawartości amfiboli i piroksenów, dalej znaczące miejsce zajmuje glaukonit (ryc. 3).

Glinę zlodowacenia narwi pokrywa miąższa seria osadów mułkowo-piaszczystych, o charakterze zastoiskowym, akumulowanych w fazie anaglacjalnej zlodowacenia nidy (172,50–151,90 m). Charakteryzuje je relatywnie wyższy od niżej leżących serii, choć znacznie zróżnicowany, udział ziarn z grupy  $\gamma$  (średnio 16%) oraz ziarn genety eolicznej: RM (od 0,0 do 18,6%) i EM/RM (od 0,0 do 28,8%). Najwyższy ich udział notuje się w stropie badanej serii (ryc. 3). Podobnie, jak w przypadku fazy anaglacjalnej zlodowacenia narwi, tak i osady bezpośrednio podścielające gliny zlodowacenia nidy, mają zwiększony udział ziarn o obróbce eolicznej. Może to świadczyć, że w obu przypadkach, w okresie bezpośrednio poprzedzający nasunięcie się łądolodu, istniały dogodne warunki dla uaktywniania się procesów eolicznych.

Ponad serią mułkowo-piaszczystą leży miąższy kompleks dwudzielnych glin morenowych zlodowacenia nidy (151,90–102,00 m) (ryc. 2). Wyróżnia się on niższą w stosunku do serii podścielającej zawartością ziarn grupy  $\gamma$  (średnio 12%) oraz matowych okrągłych RM (od 2,7 do 9,2%) i matowych pośrednich EM/RM (od 0,9 do 20,0%). W stropie glin morenowych ma miejsce wyższy udział węglanów (16,8%) (ryc. 3).

Zlodowacenie sanu jest reprezentowane przez glinę morenową 10-metrowej miąższości oraz podścielającą ją serię piasków i żwirów (ryc. 2). Głina morenowa charakteryzuje się niską zawartością ziarn o bardzo dobrym stopniu obtoczenia ( $\gamma$ =średnio 11%) oraz wyjątkowo niskim udziałem ziarn o genety eolicznej z grupy RM (od 2,4 do 6,2%) i EM/RM (od 6,3 do 8,0%). Udział kwarcu wynosi średnio 38,3% i jest podobny, jak w starszych glinach morenowych, wzrasta natomiast znacząco zawartość węglanów (26,0%). Podścielające glinę osady piaszczysto-żwirowe (102,00–87,4 m), charakteryzują się wyższą, niż w wyżej leżącej glinie obecnością ziarn z grupy  $\gamma$  (średnio 13,5%), RM (od 7,6 do 12,4%) i EM/RM (od 9,5 do 17,4%) oraz zawartością kwarcu (średnio 47,2%).

Powyżej osadów zlodowacenia sanu występuje seria osadów rzecznych, piaszczysto-mułkowa (77,0–70,65 m), których akumulacja jest łączona z interglacjalnym ferdynandowskim. Pod względem cech teksturalnych osadów, zapoczątkowuje ona tę część opisywanego profilu, która różni się zasadniczo do wszystkich osadów niżej leżących.

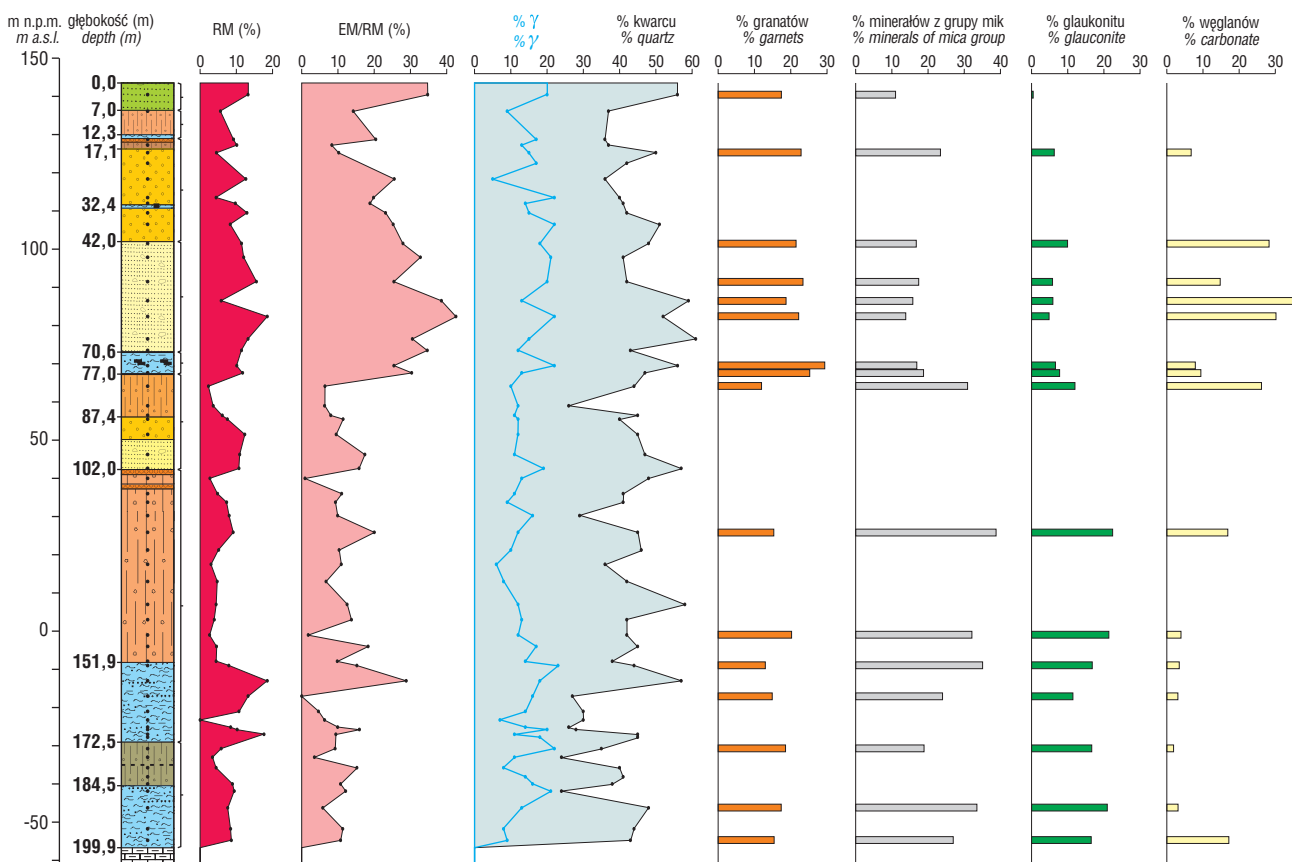
Charakteryzuje ją wyraźnie wyższy, od niżej leżących serii, udział ziarn grupy  $\gamma$  (średnio 17,5%), ziarn kształtowanych w środowisku eolicznym (RM — od 10,2 do 11,2%; EM/RM od 25,4 do 30,3%) oraz kwarcu w osadzie (średnio 51,5%). Takie wyniki analiz osadów wskazują, że seria ta już była najprawdopodobniej akumulowana w okresie dogodnym dla rozwoju procesów eolicznych. Seria ta zaznacza się również całkowicie odmiennym składem minerałów ciężkich (ryc. 3). Dominują granaty, natomiast udział glaukonitu spada do paru procent, podobnie maleje znacząco sumaryczna zawartość minerałów z grupy mik. Na fluwialny charakter osadów, może wskazywać relatywnie niski udział węglanów w osadzie (od 7,9 do 9,4%). W stosunku do osadów niżej leżących, wyraźnie zmniejsza się udział osadów przedczwartorzędowych, co objawia się w niższej zawartości glaukonitu.

Ponad serią osadów rzecznych leży dwudzielny kompleks miększych osadów piaszczysto-żwirowych (70,65–17,30 m), rozdzielonych warstwą utworów mułkowych. Dolna seria, o miąższości 38 m, piaszczysta z domieszką drobnych żwirów (70,65–32,60 m) charakteryzuje się najwyższym, w całym analizowanym profilu, udziałem ziarn kwarcowych o najlepszym stopniu obtoczenia powierzchni, reprezentowanych przez grupę  $\gamma$  (średnio 18%) oraz ziarn z obróbką eoliczną RM (od 5,9 do 18,6%) i EM/RM (od 23,1 do 42,5%). Utrzymuje się w nich wysoka zawartość ziarn kwarcu w osadzie (średnio 48,7%) oraz wzrasta zawartość węglanów (ryc. 3). Cechy teksturalne zdają się

świadczyć, że badane osady wchodzą w skład osadów wysokiego zasypania dolin rzecznych w fazie anaglacjalnej zbliżającego się lądolodu odry. Najwyższy udział ziarn w całym profilu kształtowanych w środowisku eolicznym oraz wysoka zawartość kwarcu wskazują na optymalne warunki dla rozwoju procesów eolicznych w czasie akumulacji tej serii. Nawiązując do wyników innych opracowań (Goździk, 1980; Goździk & Maruszczak, 1998; Kotarbiński i in., 2000) wyróżniona seria była najprawdopodobniej akumulowana u schyłku interglacjału mazowieckiego.

Górną część kompleksu piaszczysto-żwirowego stanowi seria żwirów fluwioglacjalnych z domieszką otoczków (32,60–17,30 m). Zaznacza się w niej wyraźnie niższy udział ziarn z grupy  $\gamma$  (średnio 14,6%) oraz okrągłych matowych RM (od 4,5 do 12,7%) i pośrednich matowych EM/RM (od 10,2 do 25,5%). Obserwuje się również spadek udziału procentowego ziarn kwarcu w osadzie średnio do 41,8%, a w składzie minerałów ciężkich postępujący spadek węglanów (ryc. 3). Najprawdopodobniej utwory te reprezentują osady fluwioglacjalne zlodowacenia odry. Przykrywają je gliny morenowe zlodowacenia odry i warty (17,30–17,00 m), które cechuje wyraźnie niższa w stosunku do podścielającej je serii zawartość ziarn grupy (średnio 13%) oraz RM (do 5,7 do 10,2%) i EM/RM (od 8,5 do 20,4%). Spada również udział kwarcu w osadzie średnio do 37%.

Ostatnią serią osadową w obrębie badanego profilu są piaski aluwialne tarasu nadzalewowego rzeki Białej (7,00–0,00 m). Charakteryzują się one wysokim 20%



Ryc. 3. Procentowy udział ziarn kwarcu frakcji piaszczystej o różnym stopniu obtoczenia i zmatowienia powierzchni oraz zawartości kwarcu i wybranych minerałów ciężkich w osadach z wiercenia Kozły K-1

Fig. 3. Percentage share of quartz grains showing different degree of surface rounding and frosting, and the content of quartz and selected heavy minerals in deposits of borehole Kozły K-1



udziałem ziarn z grupy  $\gamma$  oraz wyższym, niż w glinach morenowych ziarn genezy eolicznej  $RM = 13,2\%$  i  $EM/RM = 34,7\%$  oraz całkowitym odwapnieniem osadów. Wzrasta natomiast zawartość kwarcu w osadzie do 56%. Wśród minerałów ciężkich zaznacza się najniższa w całym profilu zawartość minerałów z grupy mik (11%) i najwyższa amfiboli (47%).

### Wnioski

Podsumowując, analiza stratygraficzna osadów, wykonana dwiema niezależnymi grupami metod: litologiczną, petrograficzną, chronostratygraficzną, palinologiczną wymaganymi przy kartowaniu geologicznym oraz cech teksturalnych osadów, takich jak obtoczenie i zmatowienie powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej, zawartość kwarcu i charakter minerałów ciężkich, pozwoliła na uzyskanie wyników wzajemnie się potwierdzających i uzupełniających. W całym analizowanym profilu na szczególnie wyróżnienie zasługują dwie serie osadowe. Dolna, obejmująca osady leżące bezpośrednio na podłożu podczwartorzędowym wraz z utworami zlodowacenia narwi, nidy i sanu. Charakteryzują się one wszystkie niskim udziałem ziarn o bardzo dobrym stopniu obtoczenia powierzchni (grupa  $\gamma$ ) oraz ziarn reprezentowanych przez grupy RM i EM/RM. Niski udział tych wskaźników, obniża się każdorazowo w poziomach glin morenowych, które również cechuje na ogół niższa zawartość kwarcu w osadzie (<42%). Natomiast w składzie minerałów ciężkich jest stwierdzana wysoka obecność glaukonitu (średnio 17,8%) i relatywnie niska granatów (średnio 15,3%).

W serii górnej, akumulowanej w ciągu interglacjału wielkiego (w rozumieniu S. Z. Różyckiego) jest stwierdzana najwyższa w całym analizowanym profilu zawartość ziarn grupy  $\gamma$  oraz RM i EM/RM, ponadto zaznacza się najwyższy udział kwarcu we frakcji piaszczystej (>49%). Odmienne przedstawia się również skład minerałów ciężkich, wśród których glaukonit stanowi już zaledwie średnio 6,4%, natomiast wyraźnie wzrasta udział granatów, średnio do 23,5%. Cechy wyróżnionej serii górnej wskazują na silną eolizację osadów, akumulowanych w okresie poprzedzającym nasunięcie się lądolodu zlodowacenia, które na podstawie kryteriów litologiczno-petrograficznych i palinologicznych uznano za pochodzące zlodowacenia odry.

Porównując uzyskane wyniki z wynikami z profilu Galumin I (Kotarbiński i in., 2000), podobnie jak tam, największą eolizację osadów stwierdzono w serii akumulowanej w schyłkowym okresie interglacjału wielkiego (w rozumieniu S. Z. Różyckiego) (ryc. 2). Różnice w wartościach bezwzględnych wyników analiz teksturalnych, obserwowanych w obu profilach, wskazują na relatywnie mniejszy (w profilu Kozły) lub większy (w profilu Galumin) stopień eolizacji osadów, podobieństwo zaś opiera się

na wzajemnych relacjach w obrębie całego profilu (maksymalna eolizacja w osadach rzecznych poprzedzających zlodowacenie odry). Analiza teksturalna osadów może być więc cennym, uzupełniającym narzędziem przy ustalaniu stratygrafii osadów czwartorzędowych.

W osadach zlodowacenia odry i warty zaznacza się kolejny spadek ziarn grupy  $\gamma$  oraz udziału ziarn RM, EM/RM, jak i zawartość ziarn kwarcu.

Całkowicie odrębnymi cechami teksturalnymi charakteryzują się osady aluwialne rzeki Białej. Wskazują one na wysoki stopień eolizacji (relatywnie wysoka zawartość ziarn  $\gamma$ , RM, EM/RM i kwarcu) oraz przemywanie osadów (niski udział minerałów z grupy mik). Wymienione cechy osadów wydają się świadczyć, że akumulowały się one w czasie schyłku ostatniego zlodowacenia, w okresie o stwierdzonych powszechnie w Polsce intensywnych procesach eolicznych.

Przedstawione wyżej wyniki były częściowo finansowane przez Komitet Badań Naukowych z tematu 6 P04E 018 13.

Autorzy pragną złożyć serdeczne podziękowania dr hab. Andrzejowi Barczukowi za wykonanie analiz minerałów ciężkich.

### Literatura

- CAILLEUX A. 1942 — Les actions eoliennes periglaciaires en Europe. *Min. Soc. Geol. de France*, 41: 1–176
- GO DZIK J. 1980 — Zastosowanie morfoskopii i graniformometrii do badań osadów w kopalni węgla brunatnego „Bełchatów”. *Stud. Reg.*, 9: 101–114.
- GO DZIK J. & MARUSZCZAK H. 1998 — Evidence of strong aeolian abrasion in fluvial deposits immediately before the Odrian ice sheet advance in an area of the middle Vistula River. *Biul. Perygl.*, 37: 101–115.
- GRANOSZEWSKI W. 2000 — Analiza pyłkowa 17 prób ze stanowisk Parcewo otwór K-2 i Kozły otwór K-1, SMGP 1 : 50 000, ark. Bielsk Podlaski. CAG Państw. Inst. Geol.
- KENIG K. 1998 — Petrograficzne podstawy stratygrafii glin morenowych Polski północno-wschodniej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 380: 7–99.
- KOTARBIŃSKI J., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. & WORONKO B. 2000 — Wybrane cechy sedymentologiczne osadów ułatwiające ich podział stratygraficzny, na przykładzie otworu Galumin I. *Prz. Geol.*, 48: 1030–1034.
- KRYGOWSKI B. 1964 — Graniformometria mechaniczna. Teoria, zastosowanie. *Pr. Kom. Geograf.-Geol. PTPN*, 2: 1–112.
- MARKS L. 2000 — Zasięg lądolodu zlodowacenia warty na Podlasiu. *Mat. konf.: Osady, struktury deformacyjne i formy warciańskiej strefy glaciomarginalnej na Nizinie Podlaskiej*: 44–45.
- MATVEYEV 1995 — Glacial history of Belaruss. [In:] Ehlers J., Kozarski S. & Gibbard Ph. (eds.), *Glacial deposits in north-eastern Europe*. Rotterdam-Brookfield: 267–276.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. & WORONKO B. 1998 — Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i jej wartość interpretacyjna. *Prz. Geol.*, 46: 1275–1281.
- NOWICKI A.J. 1971 — Mapa geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, wersja A — Mapa utworów powierzchniowych wraz z objaśnieniami. *Wyd. Geol.*
- OLSZEWSKA B. & JUGOWIEC-NAZARKIEWICZ M. 2000 — Wyniki badań mikropaleontologicznych wykonanych dla arkusza Bielsk Podlaski. CAG Państw. Inst. Geol.
- TSAPENKO M. M. & MAKHNACH N. A. 1959 — Antropogienowyje otłożenija Bielorusi. *Nauka i Technika, Mińsk*.