

## Pozycja stratygraficzna glin morenowych w odkrywce „Smulsko” (KWB „Adamów”) w świetle analiz petrograficznych

Piotr Czubla\*, Jacek Forysiak\*\*

**Stratigraphical position of morainic deposits in the „Adamów–Smulsko” exposure in the light of petrographical analyses (central Poland).** Prz. Geol., 52: 574–578.

*Summary.* The „Adamów–Smulsko” exposure is situated in the eastern part of Wielkopolska about 5 km to the east from Turek. Three till horizons are exposed there. The oldest one is considered to be the deposits of South Polish Glaciation age (Elsterian), the middle one of Odranian age and the upper one — divided in two strata — of Warthanian age (Klatkova, 1993). Indicator erratics in samples taken in two profiles, lying two kilometres apart, were analysed. The relationship between fundamental indicator erratics has been determined and the comparison with the contribution of particular alimention areas in the supply of coarse material has been made, also the theoretical home centres of the boulder associations (TGZ) here been marked. The stratigraphical conclusions do not confirm the previous interpretation. The occurrence of Odranian tills has not been supported. The lowest till horizon has been attributed to Nida Glaciation, whereas the middle and upper ones to the Warthanian Glaciation.

**Key words:** lithostratigraphy, stone count method, indicator erratics, tills, „Adamów–Smulsko” exposure

Odkrywka „Smulsko”, należąca do Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”, leży w odległości ok. 5 km na wschód od Turku, w brzeżnej części doliny Warty (ryc. 1). W odsłonięciu występują utwory morenowe, głównie gliny zwałowe o łącznej miąższości 10–15 m, typowej dla tej części wschodniej Wielkopolski.

Prowadzone od początku lat dziewięćdziesiątych badania pozwalają stwierdzić ciągłość trzech pokładów glin zwałowych (Klatkova, 1993; Klatkova i in., 1993). Przeprowadzone wówczas analizy litologiczne umożliwiły ich stratygraficzne rozpozniowanie. Pokład najniższy, o miąższości 6 do 10 metrów, leży na ogół bezpośrednio na utworach neogenu (ryc. 2). Jego wiek był wiązany ogólnie ze zlodowaceniami południowopolskimi, bez dokładniejszego sprecyzowania (Klatkova, 1993). Środkowy pokład glin jest cieńszy (4–6 m miąższości) i zawiera większą ilość wkładek piaszczystych. Jego wiek określono na zlodowacenie odry (Klatkova, 1993). Górny pokład glin zwałowych, wiązany ze zlodowaceniem warty (Klatkova, 1993), ma od 5 do 8 m miąższości i jest często dwudzielny; w części zachodniej odkrywki jego spąg dochodzi niemal do powierzchni terenu, w części wschodniej zaś przykrywa go seria piaszczysta. Są to piaski pochodzenia rzeczne, których miąższość wzrasta ku wschodowi do ok. 10 m (ryc. 2). W obrębie tej serii występują wkładki organiczne, datowane na 23 010±390 oraz 24 400±470 lat BP (Peters & Forysiak, 2003). Sytuacja geologiczna w odkrywce wyklucza sugerowaną przez Mańkowską (1975, Mańkowska & Gogołek, 1988) i Trzmiela (1996) obecność na tym obszarze łądolu bałtyckiego.

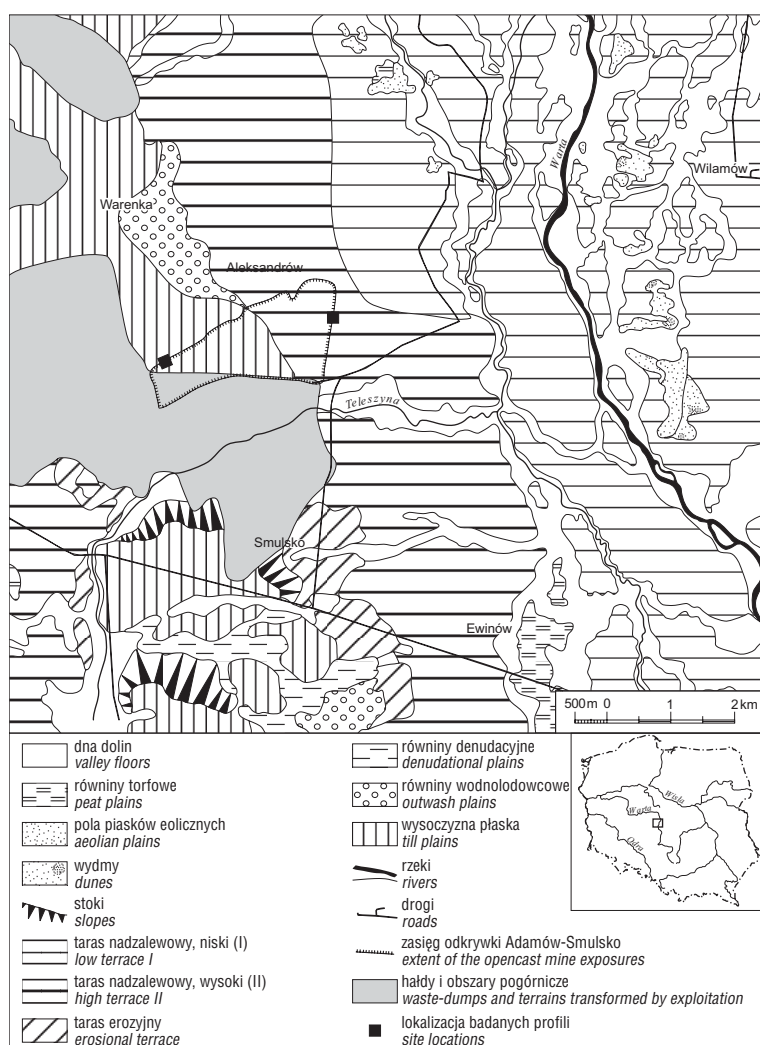
Wymienione trzy pokłady glin zwałowych poddano analizie petrograficznej, opartej na eratykach przewodnich, w dwóch profilach oddalonych od siebie o ok. 2 km. W każdym z nich pobrano po trzy próbki, liczące średnio po prawie 1200 gładzików o rozmiarach ponad 20 mm — po jednej dla każdego horyzontu morenowego. Próbki z zachodniej części odkrywki oznaczono jako (według kolejności stratygraficznej) Smd-T1, Smś-T2 i Smg-T3, ze wschodniej zaś odpowiednio: Smd-S1, Smś-S2 i Smg-S3

(ryc. 2). Określono proporcje pomiędzy podstawowymi typami skał przewodnich i odniesiono je do udziału poszczególnych obszarów alimentacyjnych w zasilaniu łądolu materiałem grubofrakcyjnym, oraz obliczono teoretyczne ośrodki gładzowe (TGZ) zgodnie z metodą Lüttiga (1958) wraz z wprowadzonymi modyfikacjami (Czubla, 2001). Te same próbki (frakcja >20 mm) poddano również analizie wskaźników petrograficznych O/K, K/W i A/B. Wnioski stratygraficzne, wynikające z przeprowadzonych badań, nie potwierdzają wcześniej podanej interpretacji. Przede wszystkim nie stwierdzono występowania typowych glin odrzańskich.

Najniższy horyzont morenowy odkrywki „Smulsko” tworzy ciągły pokład, zalegający bądź bezpośrednio na utworach neogenu, bądź na przykrywających je utworach piaszczystych czwartorzędu. Gliny te są stosunkowo bogate w klasty frakcji ponad 20 mm. Zawartość skał lokalnych nie przekracza 10% i jest około dwukrotnie wyższa we wschodniej części odkrywki. Tę samą prawidłowość wykazuje także występowanie dolomitów, których we wschodnim profilu (Smd-S1) jest dwukrotnie więcej niż w zachodnim (Smd-T1). Zawartość typowych dla wschodniej części depresji bałtyckiej „tłustych” (o tłustym połysku) wapieni jest dwukrotnie niższa niż w pozostałych przebadanych horyzontach morenowych. Wśród skał lokalnych najliczniejsze są mezozoiczne wapienie, mułowce i węgiel brunatny. Krzemienie i czerty odgrywają mniejszą rolę. Skład skał osadowych, zarówno lokalnych, jak i bałtyckich, w próbce ze wschodniego profilu badawczego jest zbliżony do obserwowanego w najniższej glinie odkrywki Józwin koło Konina (Czubla, 1999, 2001). Ta sama zbieżność występuje również w odniesieniu do współczynnika Dp/Wp (Smd — 0,08, Smd-S1 — 0,19, Józwin T1 — 0,24, Józwin T2 — 0,17). Analiza wskaźników petrograficznych O/K, K/W i A/B (we frakcji > 20 mm) nie potwierdza jednak sugerowanej zbieżności. Wskaźnik K/W w obydwu wspomnianych glinach z Józwiną jest wyraźnie mniejszy od wskaźnika A/B, podczas gdy w najniższej glinie ze „Smulsko” relacje te są odwrotne (ryc. 3). Wyniki standardowej analizy petrograficznej frakcji zwirowej tylko w jednym przypadku (Klatkova, 1995) były zbieżne z uzyskanymi dla grubej frakcji najniższej gliny w odkrywce „Smulsko”. Pozostałe współczynniki petrograficzne, opublikowane przez Klatkova i in. (1993) oraz Trzmiela (1996), odbiegają znacznie od uzyskanych przez autorów w grubszej frakcji.

\*Katedra Geologii, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; piczubla@geo.uni.lodz.pl;

\*\*Katedra Badań Czwartorzędu, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; jacekfor@geo.uni.lodz.pl

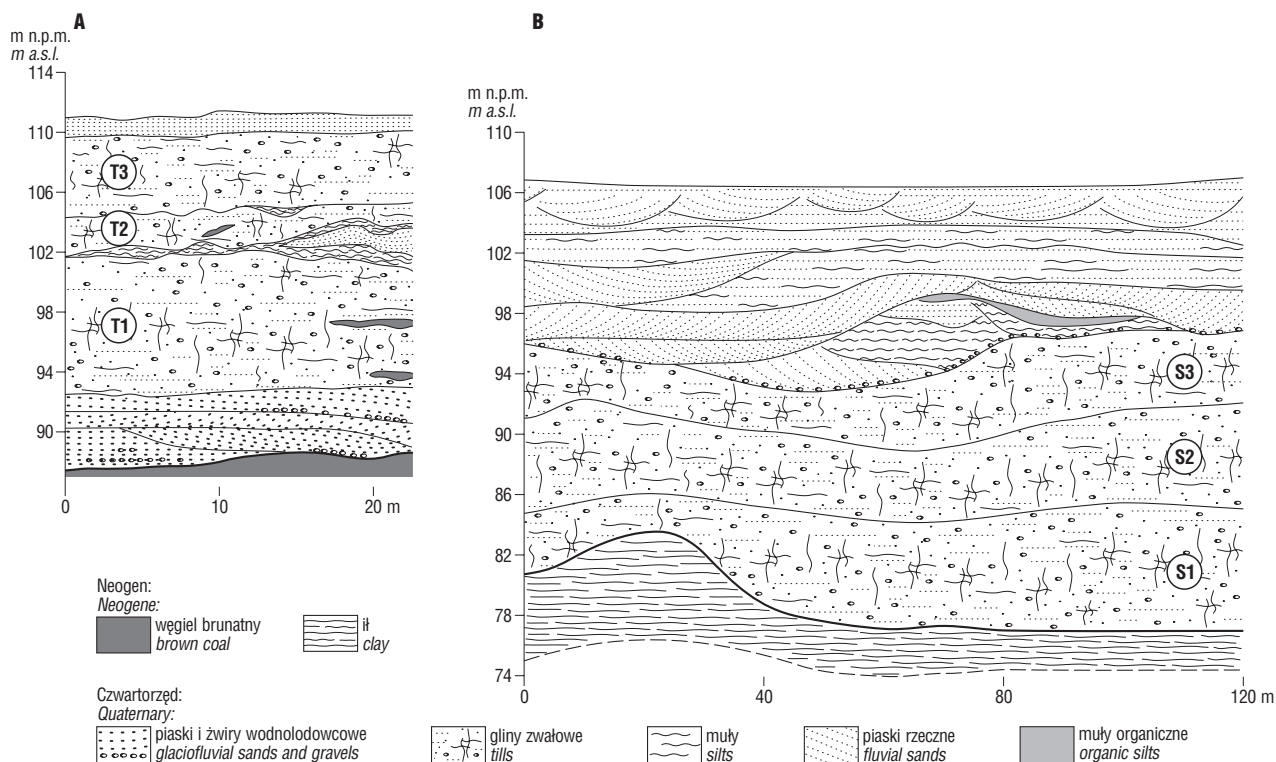


Ryc. 1. Położenie odkrywki „Adamów–Smulsko” na tle szkicu geomorfologicznego

Fig. 1. Location of the “Adamów–Smulsko” exposure against a background of geomorphological sketch

W obydwu profilach w „Smulsku” najniższa glina obfituje w skały z regionu Dalarna i Uppland ze sporym udziałem skał alandzkich (ryc. 4). W obydwu próbkach nie natrafiono natomiast na skały z „kontynentalnej” części Finlandii. Eratyki południowoszwedzkie, reprezentowane głównie przez granity Växjö i czerwone granity ze Smålandu, odgrywają rolę podrzędną. Mniejszy udział dolomitów i skał z Upplandu na korzyść eratyków dalarnańskich (bardzo odpornych na wietrzenie) zdają się wskazywać na większe zaawansowanie procesów wietrzenia chemicznego w zachodniej części profilu, która leży ok. 10 metrów wyżej, niż zlokalizowany w obrębie doliny profil wschodni. Nie można też wykluczyć możliwości, że odsłonięta we wschodnim profilu dolna glina reprezentuje inny poziom stratygraficzny niż w profilu zachodnim. Taka interpretacja tłumaczyłaby nieco bardziej wschodnie pochodzenie materiału skandynawskiego.

Obliczone na podstawie skał przewodnich teoretyczne ośrodki gławowe (TGZ) — T1 16,3°E i 59,8°N oraz S1 16,7°E i 59,0°N są ulokowane bardzo blisko (zwłaszcza T1) TGZ naj-



Ryc. 2. Profile odsłoneń: A — zachodni, B — wschodni; T1, S1 ..., — poziomy glin morenowych

Fig. 2. Profiles of exposure: A — western, B — eastern; T1, S1 ..., — glacial till horizons

niższej gliny w KWB „Bełchatów”, korelowanej ze złodowaceniem nidy (Krzyszkowski, 1992) oraz TGZ obydwu dolnych horyzontów glin zwałowych w Józwinie (Czubla, 1999, 2001).

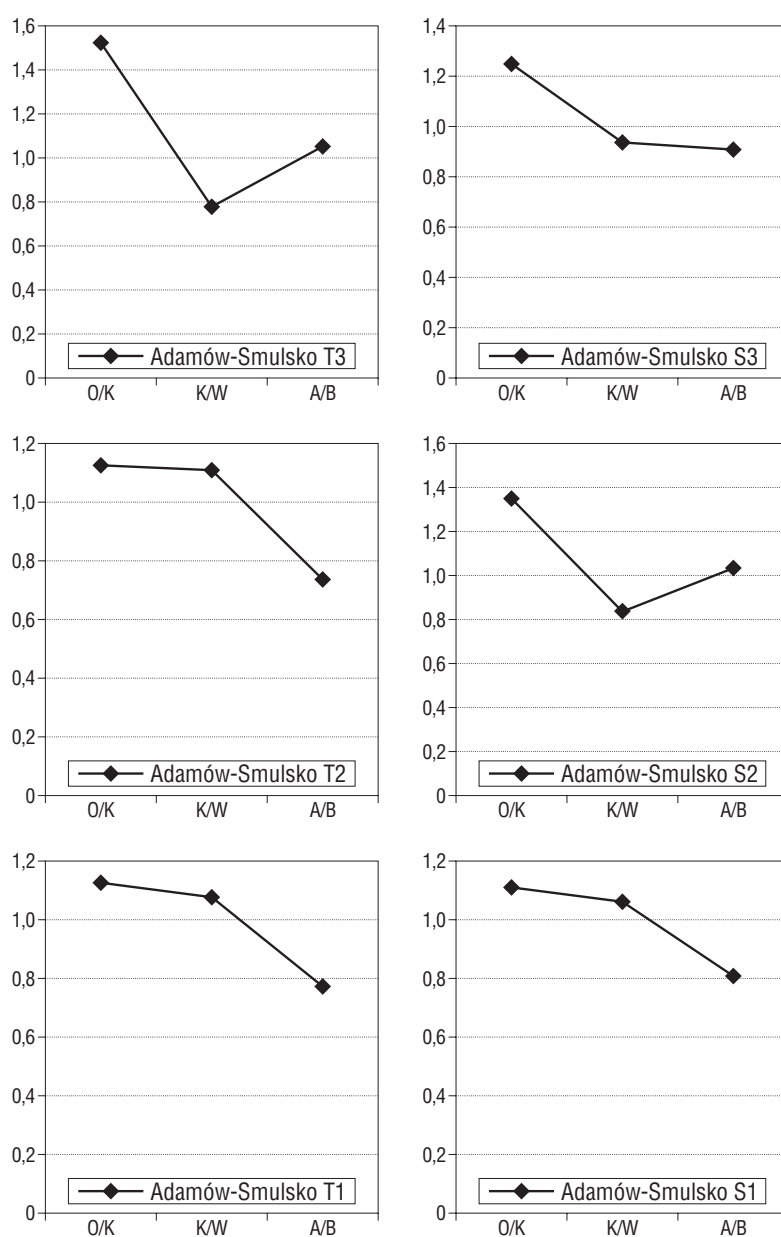
Środkowy poziom glin morenowych w odkrywce „Smulsko” (S2 i T2) tworzy ciągłą warstwę wzdłuż całego frontu eksploatacyjnego. Najczęściej podścielają go średnio- i drobnoziarniste piaski. Tylko miejscami poziom ten zalega bezpośrednio na najniższej glinie. Udział skał lokalnych (bliskiego transportu) jest jeszcze mniejszy niż w najniższej glinie i wynosi 5,5% oraz 6,1%. Spadek udziału skał lokalnych zaznacza się bardziej we wschodniej części odkrywki. Wśród skał osadowych północnego pochodzenia jest dostrzegalny wzrost znaczenia dolomitów i typowo wschodniobałtyckich „tłustych” wapieni sylurskich, kosztem ograniczonego udziału wapieni beyrichiowych, związanych ze środkową częścią niecki bałtyckiej. Zawartość dolomitów (w stosunku do próbek z niższej gliny) wzrosła w obydwu analizowanych profilach. Wskaźniki petrograficzne O/K, K/W i A/B w zachodniej części odkrywki okazały się niemal identyczne z wyliczonymi dla najniższej gliny. W próbce ze wschodniej części frontu eksploatacyjnego wartości wskaźników i kształt wykresu są zupełnie odmienne (ryc. 3). Może to wynikać z mniejszego stopnia zwietrzenia, co było już sygnalizowane w opisie składu najstarszej gliny w tej części odkrywki.

Proporcje pomiędzy skałami przewodnimi w próbkach pobranych w obydwu profilach są bardzo podobne. Na mapie obszarów alimentacyjnych (ryc. 5) zaznacza się wyraźnie dominacja skał północnego pochodzenia, tj. z Dalarna, Upplandu i Wysp Łlandzkich. Wśród eratyków dalarneńskich dominują porfiry Bredvad i Grönklitt. Stosunki ilościowe pomiędzy skałami z Upplandu i okolic Sztokholmu są wyrównane. Dość licznie występują zarówno granity Sala, Uppsala i Vänge, jak i drobnoziarniste granity sztokholmskie.

Teoretyczne ośrodki głazowe obliczone dla próbek ze środkowej gliny są niemal identyczne — T2 — 16,9°E i 59,6°N, S2 — 16,8°E i 59,6°N i lokują się w polu przypisanym glinom warciańskim na podstawie badań w odkrywce KWB „Bełchatów” i w okolicach Łodzi, np. w Kruszowie, Moszczenicy i Brzezianach (Czubla, 2001).

Najmłodszy horyzont morenowy odkrywki „Adamów-Smulsko” (T3, S3) rozciąga się w całym odsłonięciu. Zwykle jest widoczna w nim niezbyt wyraźna dwudzielność, interpretowana przez Klatkową i in. (1993) jako wynik odrębności facjalnej. W wielu miejscach opisywany horyzont leży niezgodnie na podścielającej go środkowej glinie. Próbkę zostały pobrane w niższej części poziomu, ponieważ wyższa wykazywała wyraźne ślady wietrzenia. Znaczenie skał lokalnych sukcesywnie maleje ku górze profilu i w najwyższej glinie stanowią one mniej niż 5% ogółu składników frakcji ponad 20 mm. Najwyraźniej widać to na przykładzie węgla brunatne-

go, którego obecność w najwyższej glinie ogranicza się do pojedynczych fragmentów. W grupie skał północnych wapienie paleozoiczne wyraźnie przeważają nad skałami krystalicznymi, co znajduje swój wyraz w wielkości wskaźników petrograficznych (K/W — 0,77 w Smg-T3 i 0,93 w Smg-S3; ryc. 3). Udział wapieni wyraźnie wzrósł w porównaniu do niższych horyzontów morenowych. Wzrost ten, w powiązaniu z niewielkim spadkiem zawartości dolomitów do ok. 6%, doprowadził do obniżenia się współczynnika Dp/Wp do poziomu 0,13–0,15. Wśród skał wapiennych zdecydowanie dominują szarozielonkawe wapienie bałtyckie z fauną lub bez niej, których wychodnie rozciągają się na olbrzymim obszarze niecki bałtyckiej. „Tłuste” wapienie wschodniobałtyckie też mają znaczący udział, ale około dziesięciokrotnie mniejszy od wcześniej wspomnianych.

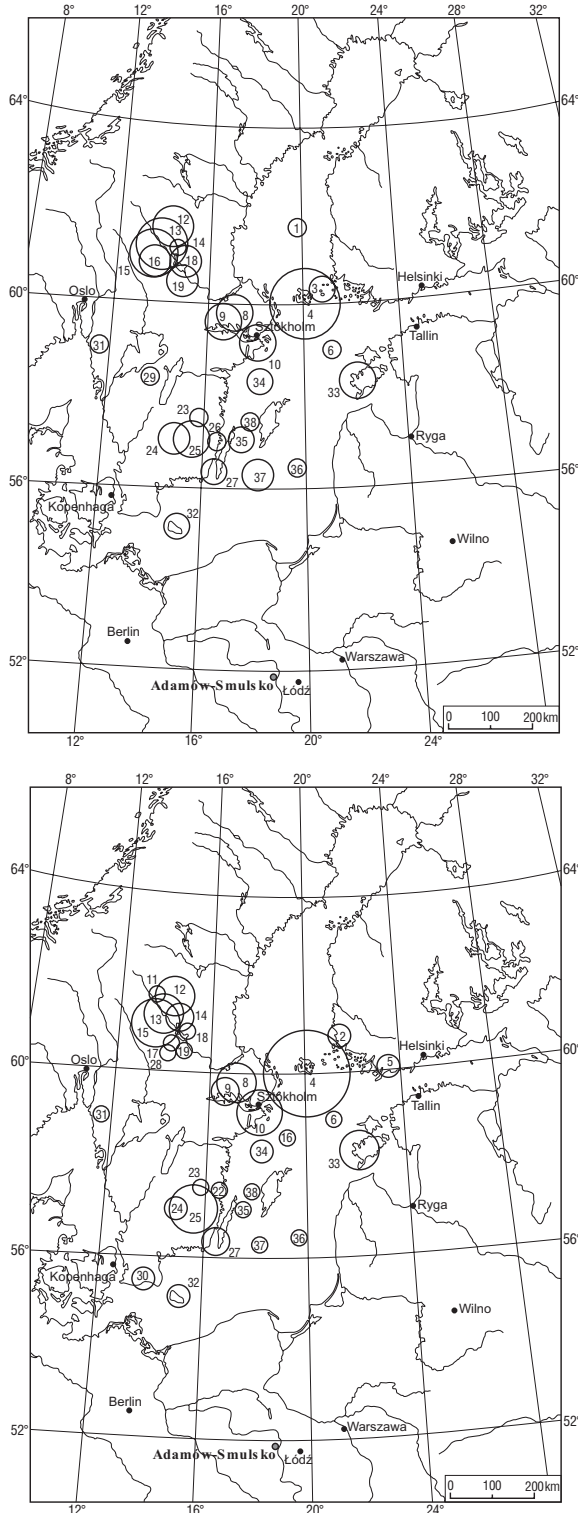


Ryc. 3. Wskaźniki petrograficzne frakcji ponad 20 mm w glinach odkrywki „Adamów-Smulsko”

Fig. 3. Petrographical coefficients of the fraction over 20 mm in the tills of the “Adamów-Smulsko” exposure

Najliczniejszą grupę eratyków przewodnich stanowią skały z regionu Wysp Łlandzkich i z południowej Szwecji (ryc. 6). Znaczenie regionu Dalarna, jako źródła inkorporowanego przez lód materiału, jest zdecydowanie mniejsze niż stwierdzone w starszych horyzontach morenowych. Skały z Upplandu są reprezentowane jedynie przez pojedyncze ziarna.

Obliczone na podstawie skał przewodnich teoretyczne ośrodki gładowe (16,8°E i 59,2°N dla Smg-T3 oraz 17,6°E i 59,4°N dla Smg-S3) lokują się o ok. 0,2° na południe w porównaniu z TGZ glin warciańskich w innych odślonięciach Polski Środkowej. Jest to jednak odchylenie dokładnie przeciwne do tego, jakiego należałoby oczekiwać od TGZ glin vistuliańskich. Petrografia skał przewod-



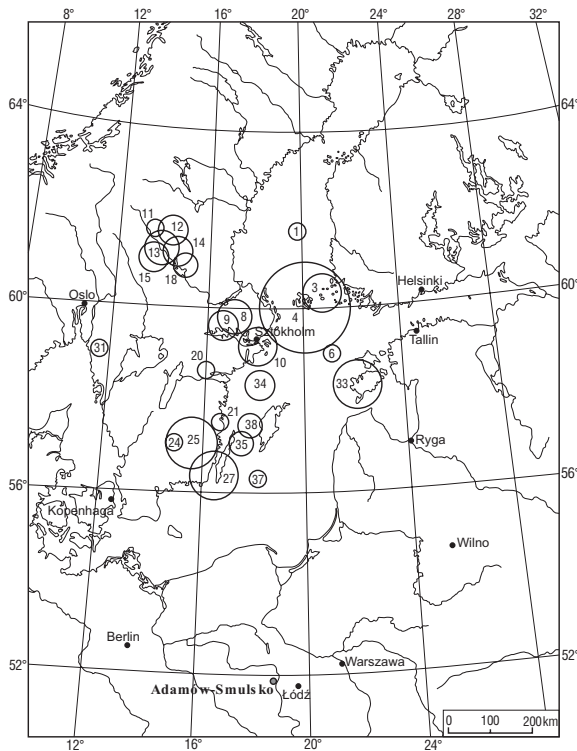
**Ryc. 5.** Obszary alimentacyjne skał przewodnich i statystycznych ze środkowej gliny z odkrywki „Adamów-Smulsko” — T2; objaśnienia jak na ryc. 4

**Fig. 5.** Parent areas of indicator erratics in the middle till in the „Adamów-Smulsko” exposure — T2; for explanation see Fig. 4



**Ryc. 4.** Obszary alimentacyjne skał przewodnich i statystycznych (sensu Smed, 1993; Czubla, 2001) z najniższej gliny z odkrywki „Adamów-Smulsko” — T1; powierzchnia koła odpowiada procentowemu udziałowi eratyków z danego obszaru w analizowanym zespole gładowym; 1 — porfiry botnickie, 2 — granit rapakiwi Nystad, szary granodioryt Nystad, 3 — pyterlit alandzki lub Nystad, 4 — granit alandzki, Haga, rapakiwi, granit apłitowy alandzki i granitoporfir alandzki, 5 — granit Perniö, 6 — porfir bałtycki czerwony, 7 — porfir bałtycki brunatny, 8 — granity Uppsala, Vänge, Arnö, 9 — granit Sala, 10 — granit sztokholmski, 11 — porfir Särna, 12 — porfir szary z Dalarna i czerwony Grönklitt, 13 — porfiry Łsen, Bredvad, Kåtilla, granit Garberg, 14 — porfir Blyberg, porfir i ignimbryt Klittberg, ignimbryty Rännås, Blyberg, Orrlok, inne porfiry i ignimbryty z Dalarna, 15 — piaskowiec Dala, piaskowiec i zlepieniec Digeberga, 16 — porfir Heden, 17 — porfir Venjan, 18 — granit Järna, 19 — granit Siljan, rapakiwi Siljan, porfir Månsta, 20 — granit Graversfors brunatny i czerwony, 21 — kwarcyt Västervik, 22 — granit Uthammar, 23 — granit Marianelund, porfiry Emarp, Nymala, Fagerhult, Lönneberga, 24 — granit Växjö różowy i szary, 25 — granity Småland czerwone i Vislanda, porfiry Småland, 26 — granit Vänevik, 27 — piaskowce Kalmarsund i Tessini, 28 — granit Filipstad, 29 — diabaz Kinne, 30 — kullait, piaskowiec skolitusowy i Hardeberga, 31 — granit Bohuslän, 32 — granity Hammer i Vang, gnejsy bornholmskie, 33 — dolomity, 34 — czerwone piaskowce kambry, 35 — czerwone wapienie ordowickie, 36 — piaskowce old-redu, 37 — wapienie beyrichiowe, 38 — wapienie paleoporellowe

**Fig. 4.** Parent areas of indicator erratics in the „Adamów-Smulsko” exposure — T1; the circle’s area corresponds with the percentage of erratics from this area in an analysed stone sample; 1 — Bothnian Sea Quartz Porphyries, 2 — Nystad Rapakivi, grey Nystad granodiorite, 3 — Åland and/or Nystad Pyterlite, 4 — Åland Granite, Haga Granite, Åland Rapakivi, Åland Aplite Granite, Åland Granite Porphyry, 5 — Perniö Granite, 6 — Red Baltic Quartz Porphyry, 7 — Brown Baltic Quartz Porphyry, 8 — Uppsala, Vänge and Arnö Granites, 9 — Sala Granite, 10 — Stockholm Granite, 11 — Särna Porphyry, 12 — Grönklitt and Grey Dalarna Porphyries, 13 — Łsen, Bredvad and Kåtilla Porphyries, Garberg Granite, 14 — Blyberg Porphyry, Klittberg Ignimbrite and Porphyry, Rännås, Blyberg, Orrlok and other Dalarna Ignimbrites and Porphyries, 15 — Dala Sandstone, Digebergs Sandstone and Conglomerate, 16 — Heden Porphyry, 17 — Venjan Porphyry, 18 — Järna Granite, 19 — Siljan Granite, Siljan Rapakivi, Månsta Porphyry, 20 — Red and Brown Graversfors Granites, 21 — Västervik Quartzite, 22 — Uthammar Granite, 23 — Marianelund Granite, Emarp, Nymala, Fagerhult and Lönneberga Porphyries, 24 — Grey and Red Växjö Granites, 25 — Red Småland Granites, Vislanda Granite, Småland Porphyries, 26 — Vänevik Granite, 27 — Kalmarsund and Tessini Sandstones, 28 — Filipstad Granite, 29 — Kinne Diabase, 30 — Kullaite, Scolithos and Hardeberga Sandstones, 31 — Bohuslän Granite, 32 — Hammer and Vang Granites, Bornholm Gneiss, 33 — Dolomites, 34 — Red Cambrian Sandstones, 35 — Red Ordovician Limestones, 36 — Old-Red Sandstone, 37 — Beyrichia Limestone, 38 — Palaeoporella Limestone



Ryc. 6. Obszary alimentacyjne skał przewodnich z przypowierzchniowej gliny z odkrywki „Adamów-Smulsko” — S3; objaśnienia jak na ryc. 4

Fig. 6. Parent areas of indicator erratics in the upper till in the „Adamów-Smulsko” exposure — S3; explanation see Fig. 4

nich stawia zatem pod znakiem zapytania proponowane przez niektórych badaczy rozszerzenie zasięgu zlodowacenia wisły daleko na południe (Mańkowska, 1975; Mańkowska & Gogołek, 1988; Trzmiel, 1996).

W świetle przeprowadzonych badań nie wydaje się celowe wykorzystywanie dla celów stratygraficznych zawartości dolomitów oraz krzemieni i czertów ani opartych na nich współczynników petrograficznych. Udział dolomitów wykazuje zdecydowanie większą zmienność w obrębie tego samego poziomu glin, aniżeli pomiędzy różnymi horyzontami morenowymi. Krzemienie i czerty mają w analizowanym odsłonięciu znikomy udział we wszystkich glinach, a ich rozrzut wydaje się mieć charakter przypadkowy.

Duże zróżnicowanie zawartości skał lokalnych w dwóch, tak blisko siebie położonych, profilach (w zachodnim minimalna zmienność, we wschodnim wyraźny spadek ku górze) pozwala wnioskować o pochodzeniu tego materiału z bliskiego, północnego przedpola dzisiejszej odkrywki.

Wiarygodnych danych stratygraficznych dostarcza głównie analiza składu jakościowego i ilościowego eratyków przewodnich, wyrażona położeniem teoretycznych ośrodków gładzowych (Lüttig, 1958). Proporcje skał przewodnich i wskaźnikowych w najniższej glinie odkrywki „Smulsko” pozwalają przypisać ją do zlodowaceń południowopolskich. Gлина w zachodniej części odkrywki

odpowiada składem glinom nidziańskim w innych odsłonięciach, na co wskazuje położenie TGZ. Najstarsza glina ze wschodniej części odkrywki Smulsko ma nieco inne proporcje skał przewodnich, co przesuwają jej teoretyczny ośrodek gładzowy na południowy wschód — w kierunku sektora charakterystycznego dla glin bełchatowskich o niepewnej przynależności stratygraficznej (san lub odra) — Czubla (2001). Wszystkie próbki pobrane w środkowej i górnej glinie analizowanej odkrywki (zarówno we wschodniej, jak i zachodniej jej części) wykazują typowe spektrum warciańskie, tzn. zdominowane są przez skały alandzkie i dalarneńskie, a ich teoretyczne ośrodki gładzowe przesunięte są na północny wschód i wschód.

Wyraźna odrębność petrograficzna utworów morenowych obydwu zlodowaceń środkowopolskich stwierdzona w Bełchatowie (Czubla, 2001), jak też zróżnicowanie petrograficzne utworów Saalianu w Niemczech, w powiązaniu z wynikami nowych badań petrograficznych w Smulsku, wykluczają proponowaną wcześniej interpretację, według której gliny odrzańskie miałyby tworzyć ciągły pokład na znacznym obszarze wschodniej Wielkopolski (Trzmiel, 1996). Najwyższa glina, ani — tym bardziej — niższe nie wykazują cech petrograficznych glin vistuliańskich. W powiązaniu z datowaniami wkładek organicznych w przykrywających je utworach piaszczystych, ich przynależność do vistulianu, którego doszukuje się na tym obszarze m.in. Trzmiel (1996), jest co najmniej dyskusyjna.

## Literatura

- CZUBLA P. 1999 — Badania gładzowe jako narzędzie stratygraficzne na przykładzie utworów morenowych wschodniej Wielkopolski. [W:] VI Konferencja stratygrafii plejstocenu Polski „Czwartorzęd wschodniej części Kotliny Sandomierskiej” Czudec, 31 sierpnia–4 września 1999: 14–18, Kraków.
- CZUBLA P. 2001 — Eratyki fennoskandzkie w utworach czwartorzędowych Polski Środkowej i ich znaczenie stratygraficzne. *Acta Geograph. Lodz.*, 80: 1–174.
- GÓRSKA M. 2000 — Wybrane właściwości petrograficzne vistuliańskich moren dennych środkowej i zachodniej Wielkopolski oraz ich znaczenie dla dynamiki ostatniego lądolodu. *Pr. Kom. Geograf.-Geol.*, 28: 1–145.
- KLATKOWA H. 1993 — Niektóre cechy glaciogenicznych osadów warty w środkowej Polsce. *Acta Geograph. Lodz.*, 65: 99–140.
- KLATKOWA H. 1995 — Remarks on the Warta Stage in Middle Poland. *Acta Geograph. Lodz.*, 68: 97–107.
- KLATKOWA H., CZYŻ J. & ZAŁOBA M. 1993 — Adamów-Smulsko. Pierwsze wyniki badań litostratygraficznych w odkrywce kopalni węgla brunatnego. [W:] *Przew. Teren. Konfer. pt. Stratygrafia i paleogeografia zlodowacenia warty*: 12–20.
- KRZYSZKOWSKI D. 1992 — Czwartorzęd rowu Kleszczowa: litostratygrafia i tektonika. Zarys problematyki na podstawie obserwacji w odkrywce KWB „Bełchatów”. *Acta Univ. Wratisl.*, 1252, Stud. Geograf., 54: 1–158.
- LÜTTIG G. 1958 — Methodische Fragen der Geschiebeforschung. *Geologisches Jahrbuch* 75: 361–418.
- MAŃKOWSKA A. 1975 — Wybrane zagadnienia czwartorzędowego rejonu Konina. *Kwart. Geol.*, 19: 464–465.
- MAŃKOWSKA A. & GOGOLEK W. 1988 — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Kotwasice. *Inst. Geol.*
- PETERA J. & FORYSIAK J. 2003 — The problem of the Last Glaciation extent in Central Poland. *Geol. Quarter.*, 47: 357–366.
- TRZMIEL B. 1996 — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000, ark. Turek. *Inst. Geol.*