

Jakie cechy składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych mogą być przydatne w litostratygrafii?

Ryszard Zabielski*

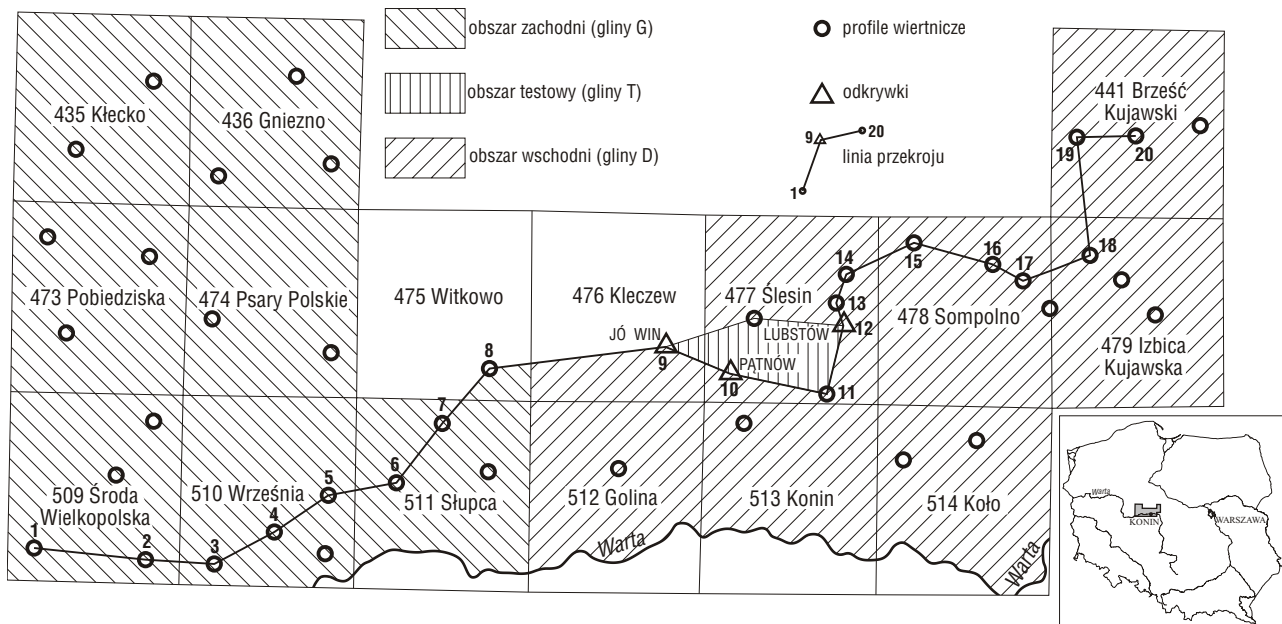
Prowadzone od wielu lat w Państwowym Instytucie Geologicznym w ramach realizacji *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 (SMGP)* badania litologiczne osadów czwartorzędowych są coraz częściej przedmiotem opracowań syntetycznych (min.: Czerwonka & Krzyszkowski, 1994; Kenig, 1998; Lisicki, 2003). Zgromadzony materiał, a w szczególności wyniki badań składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych (frakcja 5–10 mm) rzadko były analizowane statystycznie (Gałązka i in., 1999; Zabielski, 2000a). Należy jednak zaznaczyć, że zastosowanie metod statystycznych w opracowaniach litologicznych wykonywanych dla poszczególnych arkuszy *SMGP* nie zawsze jest możliwe z uwagi na zbyt małą liczebność próbek uzyskiwanych z poszczególnych glin lodowcowych. Natomiast metody analizy statystycznej mogą być z powodzeniem zastosowane w syntetycznych opracowaniach wyników badań litologicznych dla większych obszarów. W niniejszym artykule przedstawiono próbę zastosowania metod statystycznych do interpretacji wyników analizy składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych. Wykorzystano wyniki badań litologicznych glin lodowcowych występujących w rdzeniach wiertniczych oraz w dużych odślonięciach, gdzie było możliwe pobranie statystycznie reprezentatywnych próbek.

Teren badań

Teren badań jest położony we wschodniej Wielkopolsce (ryc. 1). Kluczowe stanowiska badawcze to odkrywki: Lubstów (L), Patnów (P) i Józwin (J), należące do Kopalni Węgla

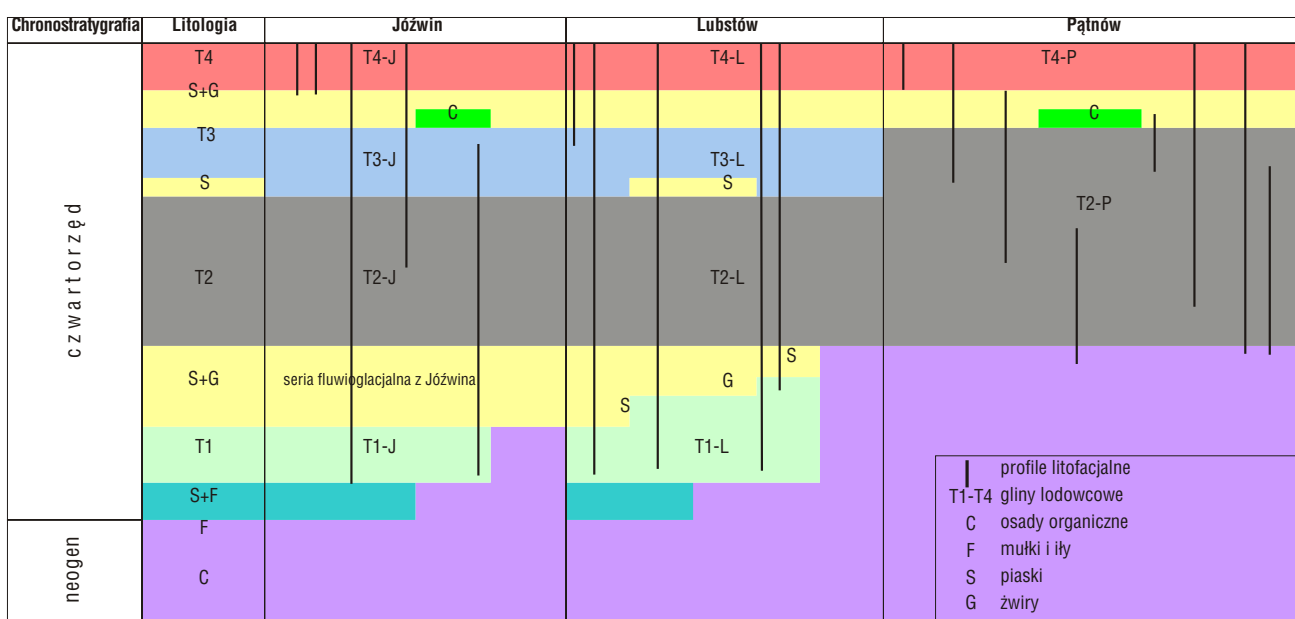
Brunatnego Konin (KWB-Konin). Odsłania się w nich od 2 do 4 glin lodowcowych (gliny o symbolach T1-T4) o zróżnicowanym składzie petrograficznym frakcji żwirowej. Litostratygrafia tych glin w odkrywkach jest zgodna ze schematem litostratygrafii kenozoiku zaproponowanym przez Stankowskiego i Krzyszkowskiego (1991) dla rejonu konińskiego (tab. 1). Wymienione odkrywki stanowią **obszar testowy**, dla którego z uwagi na szczegółowe i liczne oprobowanie glin lodowcowych, było możliwe zastosowanie metod analizy statystycznej do interpretacji wyników badań składu petrograficznego żwirów oraz określenie typów petrograficznych glin.

Materiał porównawczy dla obszaru testowego (odkrywki KWB-Konin) stanowią wyniki analiz składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych uzyskane z rdzeni wiertniczych. Analizy były wykonane w ramach realizacji arkuszy *SMGP*. Wykorzystane przez autora arkusze są położone na zachód (obszar zachodni) oraz wschód i południe (obszar wschodni) od obszaru testowego (ryc. 1). Są to następujące arkusze *SMGP*: Kłecko (Balwierz, 1996), Gniezno (Dobosz & Skawińska-Dobosz, 1999a), Pobiedziska (Dobosz, 1995), Psary Polskie (Dobosz & Skawińska-Dobosz, 2000), Witkowo (Dobosz, 2003), Środa Wielkopolska, Września, Słupca (Dobosz & Skawińska-Dobosz, 1999b) oraz Brześć Kujawski (Zabielski, 2002), Ślesin (Kenig, 1993), Sompolno (Zabielski, 1995, Zabielski 1996), Izbica Kujawska (Zabielski, 2000b), Golina (Balwierz, 2001), Konin (Szałamacha, 1997a), Koło (Szałamacha, 1997b).

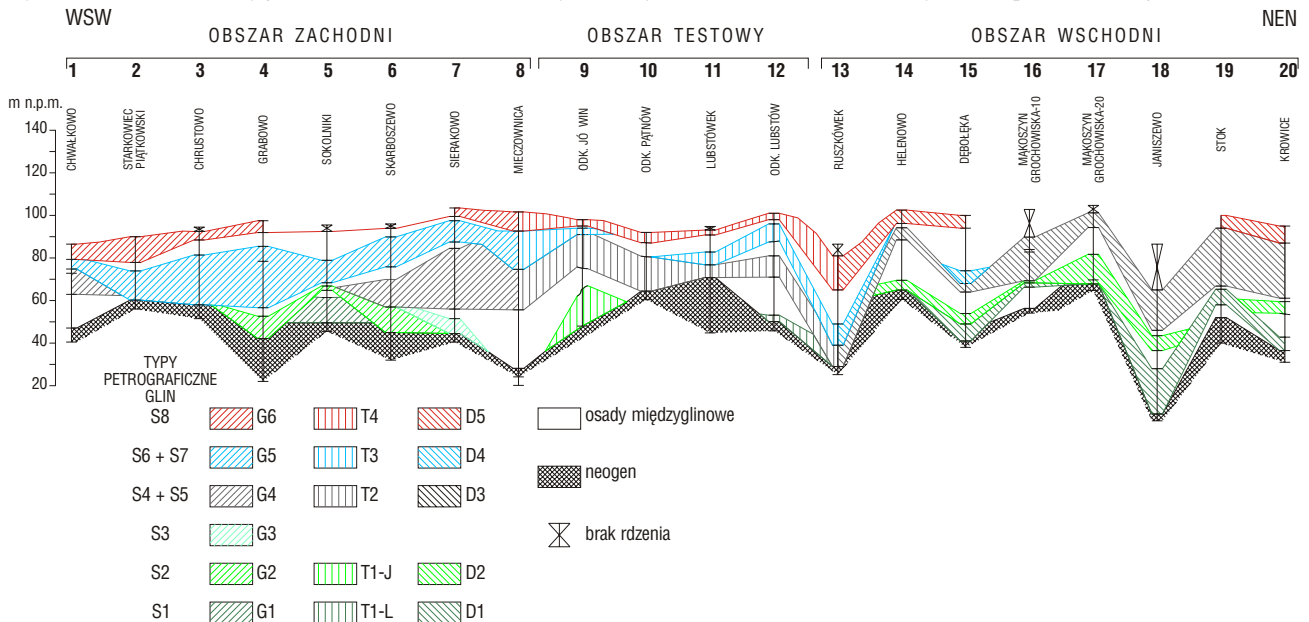


*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-957 Warszawa

Ryc. 1. Położenie terenu badań na tle arkuszy *SMGP* 1 : 50 000



Ryc. 2. Schemat litostratygrafii czwartorzędu w zbadanych odkrywkach KWB-Konin oraz wykonane profile litofacjalne



Ryc. 3. Litostratygrafia i korelacja typów petrograficznych glin lodowcowych w zbadanych odkrywkach i wybranych profilach wiertniczych

W obszarze zachodnim występuje do 6 glin lodowcowych o autorskich symbolach litostratygraficznych: G1-G6. Natomiast gliny występujące w obszarze wschodnim, z uwagi na różną symbolikę stosowaną przez autorów opracowań litologicznych, zgrupowano w pięć jednostek litostratygraficznych o symbolach: D1-D5.

Schemat chonostratygrafii i litostratygraficznego następstwa glin w obszarach zachodnim i wschodnim podano w tabeli 2.

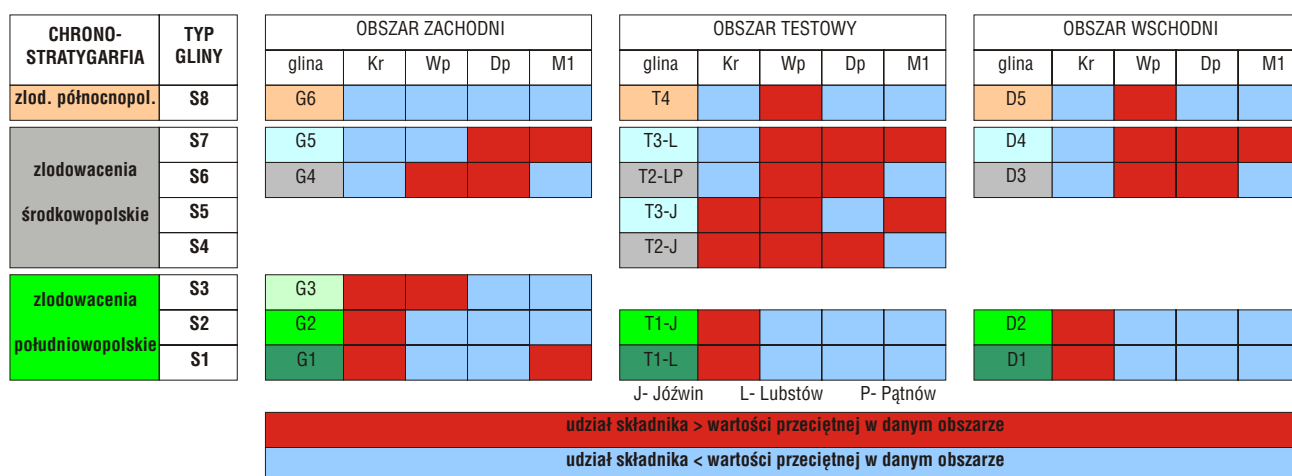
Metodyka badań

Opróbowania glin lodowcowych dokonano na wybranych ścianach odkrywek KWB-Konin. Wykonano 18 profili w celu zbadania zmienności składu petrograficznego żwirów między różnowiekowymi glinami jak i w obrębie jednowiekowego pokładu gliny (ryc. 2). Oznaczenie składu petrograficznego żwirów wykonano standardową

metodą stosowaną w Państwowym Instytucie Geologicznym (Rzechowski, 1971, 1974, 1977; Metodyka, 1999). Wydzielono skały skandynawskie: Kr — skały krystaliczne, Wp — wapień, Dp — dolomity, Pp — piaskowce, Qp — kwarc oraz skały lokalne, określając ich przeciętny udział procentowy w danej glinie. Ponadto wyliczono wskaźniki petrograficzne ($O/K=Wp+Dp+Pp/Kr+Qp$, $K/W=Kr+Qp/Wp+Dp$, $A/B=Wp+Dp/Kr+Pp+Qp$, oraz dodatkowo Dp/Wp i $M1/L$ =mułowce paleogeńskie/suma skał lokalnych) pomocne w podziale litostratygraficznym i korelacji glin.

Analiza statystyczna

Udziały procentowe żwirów w poszczególnych grupach petrograficznych oraz wartości wskaźników petrograficznych w ujęciu statystycznym są zmiennymi losowymi i stanowią bazę numeryczną do zastosowanych



Ryc. 4. Schemat litostratygrafii i korelacji glin lodowcowych w zbadanych obszarach na podstawie cech składu petrograficznego żwirów w ujęciu „jakościowo-ilościowym”

metod analizy statystycznej (Sobczyk, 1998; Stanisław, 2001). Zastosowano testy istotności różnic (w zależności od cech rozkładu danej zmiennej: test *T Studenta*, test *C Cochran-Coxa* lub test *U Manna-Whitneya*) oraz analizę dyskryminacyjną (Sokołowski, 2002; Stanisław, 2001). Wynika z nich, że skały skandynawskie są najbardziej diagnostyczne dla określenia typów petrograficznych glin lodowcowych. Skały lokalne mają o wiele mniejsze znaczenie.

Analiza dyskryminacyjna spośród wszystkich analizowanych grup petrograficznych (skały skandynawskie i

lokalne) wykluczyła te, które są najmniej istotne, pozostawiając jednocześnie te o największej randze identyfikacyjnej dla poszczególnych glin. Są nimi: udziały procentowe wapieni (Wp) i dolomitów skandynawskich (Dp), oraz mułowców paleogeńskich (M1) różnicujące gliny we wszystkich analizowanych obszarach. Znaczenie diagnostyczne, chociaż mniejszej rangi, posiada również udział procentowy skał krystalicznych [Kr]. W przypadku wskaźników petrograficznych różnice istotne statystycznie występują dla O/K, K/W, Dp/Wp, M1/L w obszarze zachodnim i testowym oraz dla K/W i M1/L w obszarze wschodnim (tab. 3). Wskaźnik A/B nie odgrywa znaczącej roli w identyfikacji glin w zbadanych obszarach, podobnie jak piaskowce skandynawskie (Pp) i kwarc (Qp) pochodzący z dezintegracji skał krystalicznych.

Wśród skał lokalnych jedynie udział mułowców paleogeńskich (M1) jest istotny w identyfikacji glin w zbadanych obszarach (tab. 3). Natomiast pozostałe grupy petrograficzne nie mają statystycznego znaczenia.

Oceny zróżnicowania składu petrograficznego żwirów w różnowiekowych oraz w jednowiekowych glinach lodowcowych dokonano poprzez weryfikację hipotez statystycznych.

Hipoteza wyjściowa (zerowa) H_0 ma postać:

$$H_0 : m_1 = m_2$$

Tab. 2. Schemat litostratygraficznego następstwa glin lodowcowych w obszarze zachodnim (gliny G) i wschodnim (gliny D)

Chronostratygrafia	Litostratygrafia	
	Zachodni obszar	Wschodni obszar
Zlodowacenie północnopol.	G6	D5
Zlodowacenie środkowopolskie	G5	D4
	G4	D3
?	G3	
Zlodowacenie południowopolskie	G2	D2
	G1	D1

Tab. 1. Litostratygrafia osadów czwartorzędowych w rejonie konińskim (wg Stankowskiego & Krzyszkowskiego, 1991; zmienione)

Chronostratygrafia		Litostratygrafia		
Holocen	Nierozdzielony			
Czwartorzęd	Plejstocen	górnny	osady glaci-fluwialne	
			zlodowacenie wisły	gлина lodowcowa T4
			osady glaci-fluwialne	osady glaci-fluwialne
		seria rzeczna z Malińca	osady org. z Józwinia	
		interglacjał eemski		
		środkowy	zlodowacenie warty	gлина lodowcowa T3
			osady glaci-fluwialne	
			gлина lodowcowa T2	
	interglacjał zbójnowski		osady org. z Marantowa	
	dolny	hiatus		
zlod. południowopolskie lub/i zlodowacenie najstarsze		seria zastoiskowa z Władysławowa		
		seria glaci-fluwialna z Józwinia	gлина lodowcowa T1	
nirozdzielony		hiatus		
	seria preglacjałna			

gdzie:

m_1, m_2 wartości przeciętne danej cechy

i zakłada porównywalność zmiennych (wartości danej cechy składu petrograficznego żwirów) w dwóch populacjach, na przykład porównywalność udziałów procentowych wapieni skandynawskich (Wp) w dwóch różnowiekowych glinach lub w jednowiekowej glinie występującej w różnych obszarach.

Hipoteza alternatywna H_1 ma postać:

$H_1: m_1 \neq m_2$

i wskazuje na nieporównywalność zmiennych.

W przypadku, gdy są porównane zmienne opisujące cechy składu petrograficznego żwirów glin różnowiekowych, oczekiwane jest odrzucenie hipotezy H_0 , a przyjęcie hipotezy alternatywnej H_1 wskazującej na znaczące różnice między odpowiadającymi sobie zmiennymi w obu porównywanych grupach. Mamy wówczas matematyczną podstawę do interpretacji glin jako odrębnych pod względem danej cechy.

W przypadku, gdy są porównywane zmienne opisujące cechy składu petrograficznego żwirów glin jednowiekowych zależy nam na przyjęciu hipotezy wyjściowej H_0 wskazującej na porównywalność cech w obu grupach.

W celu weryfikacji powyższych hipotez statystycznych zastosowano popularne testy istotności różnic: t Studenta oraz U Manna-Whitneya (Sobczyk, 1998; Stanisław, 2001). Istnieje wiele odmian testu t zależnie od typu rozkładu, jaki ma dana zmienna (wymagany jest rozkład typu Gausa — normalny), wariacji w poszczególnych grupach (czy są one jednorodne) oraz liczebności grupy. Najpopularniejszy jest test T oraz jego modyfikacja dla grup o niejednorodnych wariacjach — test C Cohrana-Coxa.

Tab. 3. Wyniki analizy funkcji dyskryminacyjnej dla cech składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych w zbadanych obszarach

Obszar zachodni — gliny G					Obszar testowy — gliny T					Obszar wschodni — gliny D				
Grupy skalne														
zmiennie	Lambda Wilksa	Cząstk. Wilksa	F usun. (5,500)	poziom p	zmiennie	Lambda Wilksa	Cząstk. Wilksa	F usun. (9,316)	poziom p	zmiennie	Lambda Wilksa	Cząstk. Wilksa	F usun. (4,269)	poziom p
Kr	0,414	0,889	12,484	0,000	Kr	0,107	0,804	8,551	0,000					
Wp	0,418	0,879	13,719	0,000	Wp	0,181	0,474	39,007	0,000	Wp	0,507	0,638	38,239	0,000
Dp	0,457	0,805	24,195	0,000	Dp	0,192	0,446	43,569	0,000	Dp	0,387	0,835	13,295	0,000
M1	0,492	0,748	33,645	0,000	M1	0,125	0,689	15,834	0,000	M1	0,491	0,658	34,954	0,000
Wskaźniki petrograficzne														
O/K	0,407	0,826	21,056	0,000	O/K	0,123	0,796	9,034	0,000					
K/W	0,462	0,728	37,451	0,000	K/W	0,194	0,505	34,494	0,000	K/W	0,564	0,447	83,490	0,000
Dp/Wp	0,391	0,860	16,365	0,000	Dp/Wp	0,160	0,611	22,416	0,000					
M1/L	0,516	0,651	53,689	0,000	M1/L	0,137	0,717	13,869	0,000	M1/L	0,411	0,614	42,441	0,000

Skały skandynawskie: Kr — skały krystaliczne, Wp — wapień, Dp — dolomity; skały lokalne: M1 — mułowce paleogenu; wskaźniki petrograficzne: O/K — skały osadowe/skały krystaliczne, K/W — skały krystaliczne/skały węglanowe, Dp/Wp — dolomity skandynawskie/wapień skandynawskie, M1/L — mułowce paleogenu/suma skał lokalnych

zmiennie — zmienne pozostawione w modelu statystycznym — mają znaczenie w identyfikacji poszczególnych glin lodowcowych; lambda Wilksa — wartość statystyki — stosunek wyznacznika macierzy wariacji/kowariancji wewnątrzgrupowej do wyznacznika macierzy wariacji/kowariancji całkowitej; cząstk. Wilksa — cząstkowa lambda — multiplikatywny przyrost lambda, który wynika z dodania odpowiedniej zmiennej;

F usun. — statystyka F określająca istotność statystyczną danej zmiennej w dyskryminowaniu grup

poziom p — poziom istotności (związany z odpowiednią wartością F usun.)

Dla zmiennych nie posiadających rozkładu Gausa (normalnego) zastosowano test nieparametryczny U Manna-Whitneya bazujący na analizie rozkładu danej zmiennej.

Przykładowe zastosowanie wyżej wymienionych testów dla składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych obszaru KWB-Konin (testowego) przedstawiono w tab. 4 i 5.

Interpretacja wyników

Przeprowadzone testy (T, C, U) wskazują na istotne statystycznie różnice w składzie petrograficznym żwirów w różnowiekowych oraz jednowiekowych glinach lodowcowych występujących w zbadanych obszarach.

W przypadku różnowiekowych glin lodowcowych, na przykład gliny T1-J i T2-J w odkrywce Józwin (ryc. 2), różnice o statystycznej istotności występują dla większości kluczowych cech składu petrograficznego (tab. 4B). Udziały procentowe w grupach petrograficznych oraz wartości wskaźników petrograficznych stanowią oddzielne populacje statystyczne. Jedynie udział mułowców paleogeńskich (M1) i wyliczony na ich podstawie wskaźnik M1/L są porównywalne w obu glinach. W tym przypadku możemy mówić o zróżnicowanych petrograficznie glinach lodowcowych występujących we wzajemnej superpozycji. Z drugiej strony, gliny T2-J i T3-J mimo ich wzajemnej superpozycji (ryc. 2) są podobne pod względem składu petrograficznego. Większość kluczowych cech, z wyjątkiem wapieni paleozoicznych (Wp), mułowców paleogeńskich (M1) oraz wskaźnika M1/L, jest porównywalna w obu glinach (tab. 4A). Sugeruje to wspólny obszar alimentacyjny dla tych glin.

W przypadku jednowiekowych glin lodowcowych, na przykład glina T2-L w odkrywce Lubstów i glina T2-P w odkrywce Pątnów (ryc. 2), wszystkie kluczowe cechy składu petrograficznego żwirów są porównywalne. Zgodność ta wspiera ich korelację (tab. 5A) i przyjęte założenia

metodyczne. Jednak skład petrograficzny żwirów w tych glinach jest zróżnicowany stosunku do tego, jaki oznaczono w glinie T2-J (odkrywka Józwin) występującej w porównywalnej pozycji litostratygraficznej (ryc. 2). W tym przypadku, tylko wartości wskaźnika M1/L są porównywalne (tab. 5B). Pozostałe odpowiadające sobie cechy składu petrograficznego (zmienne) są nieporównywalne. Gliny te są zróżnicowane pod względem składu petrograficznego (tab. 5B).

Zatem w ujęciu ilościowym, skład petrograficzny żwirów glin lodowcowych wykazuje zróżnicowanie zarówno litostratygraficzne, jak i regionalne. Podobne analogie zaobserwowano między obszarami zachodnim i wschodnim, gdzie różnice statystyczne występują zarówno w pro-

filu pionowym (między poszczególnymi glinami), jak i poziomym (między obszarami).

Tym niemniej, analiza składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych przeprowadzona w obszarze testowym oraz w obszarach zachodnim i wschodnim wykazała zmienność cech, które można nazwać „jakościowo-ilościowymi”. Wartości przeciętne kluczowych zmiennych uzyskane w poszczególnych glinach porównano z wartościami przeciętnymi uzyskanymi dla wszystkich glin w danym obszarze (tak zwane „tło petrograficzne”). Takie porównanie pozwoliło zaakcentować aspekt jakościowy w składzie petrograficznym żwirów.

Charakterystyka składu petrograficznego żwirów przedstawiono według powyższej relacji okazała się

Tab. 4. Wyniki testów istotności różnic w składzie petrograficznym żwirów w różnowiekowych glinach lodowcowych na przykładzie glin w T1, T2, T3 w odkrywce Józwin (J)

Test t	X _{sr}		test T	T df	P (test T)	test C	C df	P (test C)	N		SD		Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
	T3-J	T2-J							T3-J	T2-J	T3-J	T2-J			
Kr	36,521	36,744	-0,281	65	0,779	-0,283	64,527	0,778	35	32	3,505	2,936	1,044	65	0,311
Wp*	43,058	45,135	-2,156	65	0,035	-2,164	64,998	0,034	35	32	4,095	3,762	0,065	65	0,799
Dp	5,253	6,207	-1,646	65	0,105	-1,626	57,614	0,109	35	32	2,038	2,690	3,301	65	0,074
O/K	1,284	1,361	-1,671	65	0,099	-1,680	64,960	0,098	35	32	0,198	0,176	0,991	65	0,323
K/W	0,849	0,791	1,850	65	0,069	1,863	64,714	0,067	35	32	0,137	0,117	0,855	65	0,359
Dp/Wp	0,124	0,139	-1,088	65	0,281	-1,079	60,471	0,285	35	32	0,051	0,062	1,311	65	0,256
Test U	SR		U	Z	P	Z popr.	p popr.	N		A *Zmienne o istotnych różnicach ilościowych Gliny T3-J i T2-J — podobne typy petrograficzne					
Zmienna	T3-J	T2-J						T3-J	T2-J						
M1*	1565,5	712,5	184,5	4,713	0,000	4,721	0,000	35	32						
M1/L*	1532,5	745,5	217,5	4,299	0,000	4,306	0,000	35	32						
Testy t	X _{sr}		test T	T df	P (test T)	test C	C df	P (test C)	N		SD		Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
	T2-J	T1-J							T2-J	T1-J	T2-J	T1-J			
Kr*	36,744	39,305	-3,549	71	0,001	-3,581	68,729	0,001	32	41	2,936	3,150	0,124	71	0,726
Wp*	45,135	41,857	3,779	71	0,000	3,759	65,392	0,000	32	41	3,762	3,609	0,090	71	0,765
O/K*	1,361	1,129	5,346	71	0,000	5,393	68,725	0,000	32	41	0,176	0,189	0,283	71	0,597
K/W*	0,791	0,986	-5,551	71	0,000	-5,804	70,005	0,000	32	41	0,117	0,170	4,317	71	0,041
Test U	SR		U	Z	P	Z popr.	p popr.	N		B *Zmienne o istotnych różnicach ilościowych Gliny T2-J i T1-J — różne typy petrograficzne					
Zmienna	T2-J	T1-J						T2-J	T1-J						
Dp*	1568	1133	272	4,269	0,000	4,269	0,000	32	41						
M1	1135	1566	607	-0,545	0,586	-0,553	0,580	32	41						
Dp/Wp*	1526	1175	314	3,802	0,000	3,802	0,000	32	41						
M1/L	1169	1532	641	-0,167	0,868	-0,169	0,865	32	41						

objaśnienia do tabel 4 i 5

Kr, Dp, M1 ... — analizowane zmienne; testy parametryczne t: X_{sr} — wartości przeciętne zmiennych w analizowanych grupach, T3-L, T3-J — nazwy analizowanych grup (symbole glin, przykładowe), test T — wartość testu T, T df — liczba stopni swobody testu T, p (test T) — komputerowy poziom prawdopodobieństwa (prawdopodobieństwo testowe) dla testu T, test C — wartość testu C Cochran-Coxa dla grup o niejednorodnych wariancjach, C df — liczba stopni swobody testu C, p (test T) — komputerowy poziom prawdopodobieństwa (prawdopodobieństwo testowe) dla testu C; N — liczebności w porównywanych grupach; SD — odchylenie standardowe w porównywanych grupach; Levene F(1,df) — wartość testu Levene'a sprawdzającego jednorodność wariancji; df Levene — liczba stopni swobody testu Levene'a, p Levene — komputerowy poziom prawdopodobieństwa dla testu Levene'a; test nieparametryczny U: SR — sumy rang w porównywanych grupach, T1-J, T1-L — nazwy (symbole) porównywanych grup, U — wartość testu U Manna-Whitneya stosowana do małych liczebności (poniżej 20), Z — wartość testu U Manna-Whitneya brana pod uwagę w przypadku gdy liczebność obu grup jest większa od 20;

p — komputerowy poziom prawdopodobieństwa (prawdopodobieństwo testowe) — poziom istotności wyliczony dla wartości Z, Z popraw. — wartość testu skorygowanego, stosowanego ze względu na rangi wiązane dla liczebności powyżej 20, p popraw. — poziom istotności wyliczony dla Z popraw; N — liczebności w porównywanych grupach

podobna w glinach lodowcowych występujących w porównywalnych pozycjach litostratygraficznych w analizowanych obszarach (ryc. 3, 4). Na tej podstawie, zbadane gliny (G, T, D) zgrupowano w 8 typów petrograficznych: S1–S8 o odmiennych cechach jakościowo-ilościowych składu petrograficznego żwirów (ryc. 4, tab. 6). Zastosowana numeracja typów petrograficznych glin nie zawsze wskazuje na ich litostratygraficzną pozycję (na przykład typy S4–S7, tab. 6).

Gliny zaliczone do typu S1 i S2 charakteryzują się niską zawartością wapieni paleozoicznych (Wp) i podwyższoną zawartością skał krystalicznych (Kr). Dla typu S6,

obejmującego glinę T2-LP oraz jej litostratygraficzne odpowiedniki w obszarze zachodnim (G4) i wschodnim (D3), charakterystyczna jest podwyższona zawartość doloMITÓW skandynawskich. Wyżej występujący typ S7 (gliny: G5, T3-L, D4) charakteryzuje się podwyższoną zawartością mułowców paleogeńskich (M1) (ryc. 4).

Wymienione typy petrograficzne glin lodowcowych są na tyle charakterystyczne, że mogą być traktowane jako „reperowe”, między którymi lokują się pozostałe typy glin, to jest: S3, S4, S5 mające lokalny zasięg.

Typy S4 (głina T2-J) i S5 (głina T3-J) wyodrębniono tylko w obszarze testowym i mogą być one traktowane

Tab. 5. Wyniki testów istotności różnic w składzie petrograficznym żwirów w jednowiekowych glinach lodowcowych między stanowiskami Józwin (J) oraz Lubstów (L) (lub Lubstów i Pątnów (LP))

Test t	X̄sr		test T	df	P (test C)	test C	df	P (test C)	N		SD		Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
	T2-L	T2-P							T2-L	T2-P	T2-L	T2-P			
Dp	9,363	9,488	-0,183	100	0,855	-0,228	69,683	0,820	26	76	2,054	3,270	9,934	100	0,002
O/K	1,537	1,553	-0,337	100	0,737	-0,383	56,173	0,703	26	76	0,162	0,211	2,247	100	0,137
Dp/Wp	0,216	0,223	-0,397	100	0,692	-0,500	71,961	0,619	26	76	0,054	0,089	10,211	100	0,002
Test U	SR		U	Z	p	Z popr.	p popr.	N		A Brak istotnych różnic ilościowych między zmiennymi Gliny T2-L i T2-P — te same typy petrograficzne					
Zmienna	T2-L	T2-P						T2-L	T2-P						
Kr	1420	3833	907	0,622	0,534	0,622	0,534	26	76						
Wp	1376	3877	951	0,284	0,776	0,284	0,776	26	76						
M1	1153	4100	802	-1,428	0,153	-1,430	0,153	26	76						
K/W	1354	3899	973	0,115	0,908	0,115	0,908	26	76						
M1/L	1145,5	4107,5	794,5	-1,486	0,137	-1,488	0,137	26	76						
Test t	X̄sr		test T	T df	P (test T)	test C	C df	P (test C)	N		SD		Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
Zmienna	T2-LP	T2-J							T2-LP	T2-J	T2-LP	T2-J			
Kr*	32,989	36,744	-6,566	132	0,000	-6,388	49,777	0,000	102	32	2,787	2,936	0,111	132	0,739
Dp*	9,456	6,207	5,476	132	0,000	5,796	57,199	0,000	102	32	2,998	2,690	0,694	132	0,406
O/K*	1,549	1,361	4,781	132	0,000	5,096	57,937	0,000	102	32	0,199	0,176	1,359	132	0,246
Dp/Wp*	0,222	0,139	5,307	132	0,000	6,109	67,555	0,000	102	32	0,081	0,062	3,200	132	0,076
Test U	SR		U	Z	p	Z popr.	p popr.	N		B *Zmienne o istotnych różnicach ilościowych Gliny T2-LP i T1-J — różne typy petrograficzne					
Zmienna	T2-LP	T2-J						T2-LP	T2-J						
Wp*	6499	2546	1246	-2,014	0,044	-2,014	0,044	102	32						
M1*	7320	1725	1197	2,270	0,023	2,275	0,023	102	32						
K/W*	6096	2949	843	-4,117	0,000	-4,117	0,000	102	32						
M1/L	6973,5	2071,5	1543,5	0,462	0,644	0,463	0,643	102	32						

Tab. 6. Typy glin lodowcowych i ich cechy jakościowo-ilościowe

Typ gliny	Opis podstawowych cech identyfikacyjnych	Symbole regionalne glin	Cechy jakościowo-ilościowe glin
S8	Wysoki, ale bardzo zmienny udział Wp	G6, T4-JLP, D5	gliny wapienne
S7	Wysoki udział Dp i M1	G5, T3-L, D4	gliny mułowcowo-dolomitowe
S5	Umiarkowany udział Dp, wysoki udział M1	T3-J	
S6	Wysoki udział Dp, niski udział Kr	G4, T2-LP, D3	gliny dolomitowe
S4	Przewaga Wp nad Kr, umiarkowana zawartość Dp	T2-J (?)	
S3	Przewaga Wp nad Kr, umiarkowana zawartość Dp	G3 (?)	gliny zubożone w wapienie
S2	Wyrównany udział lub niewielka przewaga Wp nad Kr	G2, T1-J, D2	
S1	Niska zawartość Wp i wysoka Qp	G1, T1-L, D1	

jako odmiany petrograficzne typów reperowych, z którymi współwystępują. Różnice między S4 i S6 oraz S5 i S7 są przede wszystkim natury ilościowej. Typ S3 stwierdzono tylko w obszarze zachodnim (głina G3), a jego pozycja litostratygraficzna jest dyskusyjna. Typ S3 w superpozycji z typem S2 i S6 stwierdzono go tylko w profilu Jaworowo na arkuszu Psary Polskie (Dobosz & Skawińska-Dobosz, 2000).

Powyzsza zmienność cech składu petrograficznego żwirów, to jest idąc od spągu: gliny o niskiej zawartości wapieni, gliny o podwyższonej zawartości dolomitów, gliny o podwyższonej zawartości mułowców paleogeńskich, zaznacza się w pionowym następstwie glin lodowcowych we wszystkich analizowanych obszarach. Zaobserwowana sukcesja zmian może być wykorzystana korelacji glin lodowcowych (ryc. 4, tab. 6). Korelacji takiej dokonano w wybranych profilach wiertniczych i odsłonięciach (ryc. 1, 3).

Wnioski

1. Wydzielone typy glin lodowcowych charakteryzują się odmiennymi cechami składu petrograficznego żwirów frakcji 5–10 mm.

2. Zróżnicowanie petrograficzne ma charakter ilościowy i/lub jakościowo-ilościowy. Występuje ono w skali lokalnej i regionalnej.

3. Cechami o największej istotności statystycznej są udziały procentowe wapieni i dolomitów skandynawskich oraz mułowców paleogeńskich, w mniejszym stopniu skał krystalicznych. Wśród wskaźników petrograficznych kluczową rolę odgrywają O/K, K/W oraz Dp/Wp i M1/L. Cechy te są identyfikacyjne dla glin lodowcowych występujących w zbadanych obszarach.

4. Większą istotność różnic obserwuje się w glinach występujących w różnej pozycji litostratygraficznej (gliny różnowiekowe) niż w glinach o porównywalnej pozycji litostratygraficznej (w obrębie glin jednowiekowych).

5. Cechy składu petrograficznego glin lodowcowych w ujęciu ilościowym mają silną rangę litostratygraficzną w skali lokalnej, co umożliwia podział glin lodowcowych w profilu pionowym.

6. Cechy ilościowe mają ograniczoną rangę korelacyjną w skali regionalnej (między obszarami) z uwagi na lateralne zróżnicowanie składu petrograficznego żwirów w glinach lodowcowych.

7. Cechy składu petrograficznego żwirów glin lodowcowych w ujęciu „jakościowo-ilościowym” charakteryzują się porównywalną sukcesją zmian w litostratygraficznym następstwie glin w różnych obszarach i mogą być zastosowane do ich korelacji.

Literatura

BALWIERZ J. 1996 — Badania litologiczno-petrograficzne osadów kenozoicznych. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Kłocko (435). CAG Państw. Inst. Geol.

BALWIERZ J. 2001 — Badania litologiczno-petrograficzne osadów kenozoicznych. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Golina (512). CAG Państw. Inst. Geol.

CZERWONKA J. & KRZYSZKOWSKI D. 1994 — Pleistocene stratigraphy and till petrography of the central great Poland Lowland, western Poland. *Fol. Quat.*, 65: 5–71.

DOBOSZ T. 1995 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Pobiedziska (473). Badania litologiczno-petrograficzne i palinologiczne osadów kenozoicznych. CAG Państw. Inst. Geol.

DOBOSZ T. & SKAWIŃSKA-DOBOSZ B. 1999a — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Gniezno (436). Badania litologiczno-petrograficzne. CAG Państw. Inst. Geol.

DOBOSZ T. & SKAWIŃSKA-DOBOSZ B. 1999b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski, ark. Środa Wielkopolska (509), Września (510), Słupca (510). Badania litostratygraficzne osadów kenozoicznych. CAG Państw. Inst. Geol.

DOBOSZ T. & SKAWIŃSKA-DOBOSZ B. 2000 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50000, ark. Psary Polskie (474). Badania litologiczno-petrograficzne. CAG Państw. Inst. Geol.

DOBOSZ T. 2003 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Witkowo (475). Badania litologiczno-petrograficzne. CAG Państw. Inst. Geol.

GAŁĄŻKA D., MARKS L. & ZABIELSKI R. 1999 — Czy litostratygrafia glin lodowcowych może być przydatna dla stratygrafii czwartorzędu? *Prz. Geol.*, 47: 261–265.

KENIG K. 1993 — Szczegółowa mapa geologiczna polski w skali 1 : 50 000. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych, ark. Ślesin (447). CAG Państw. Inst. Geol.

KENIG K. 1998 — Petrograficzne podstawy stratygrafii glin morenowych Polski północno-wschodniej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 380: 1–99.

LISICKI S. 2003 — Litotypy i stratygrafia glin lodowcowych plejstocenu dorzecza Wisły. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 177: 1–105.

Metodyka opracowania szczegółowej mapy geologicznej polski w skali 1 : 50 000, 1999. Państw. Inst. Geol.

RZECHOWSKI J. 1971 — Granulometryczno-petrograficzne własności glin zwałowych w dorzeczu środkowej Widawki. *Biul. Inst. Geol.*, 254: 111–150.

RZECHOWSKI J. 1974 — O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego plejstocenu na Niżu Polskim. *Zesz. Nauk. UAM Ser. Geograf.*, 12: 33–48.

RZECHOWSKI J. 1977 — Main lithotypes of tills in the central Polish area. *Biul. Inst. Geol.*, 305: 31–43.

STANKOWSKI W. & KRZYSZKOWSKI D. 1991 — Stratygrafia czwartorzędu okolic Konina. [W:] *Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin–Turek*: 1–31. Wyd. Nauk. im. A. Mickiewicza w Poznaniu.

SOBCZYK M. 1998 — Statystyka, podstawy teoretyczne, przykłady — zadania. Wyd. UMCS, Lublin.

SOKOŁOWSKI A. 2002 — Analizy wielowymiarowe. *Mat. kursowe*. StatSoft Polska, Kraków

STANISZ A. 2001 — Przystępny kurs statystyki. StatSoft Polska, Kraków.

SZAŁAMACHA B. 1997a — Badania litologiczno-petrograficzne osadów kenozoicznych. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Konin (513). CAG Państw. Inst. Geol.

SZAŁAMACHA B. 1997b — Badania litologiczno-petrograficzne osadów kenozoicznych. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50000, ark. Koło (514). CAG Państw. Inst. Geol.

ZABIELSKI R. 1995 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych, ark. Sompolno (478). CAG Państw. Inst. Geol.

ZABIELSKI R. 1996 — Application of petrographic method to identification of the till floes. *Geol. Quart.*, 40: 283–298.

ZABIELSKI R. 2000a — Charakterystyka petrograficzna glin lodowcowych rejonu Konina w świetle analizy statystycznej. *Prz. Geol.*, 48: 345–350.

ZABIELSKI R. 2000b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych, ark. Izbica Kujawska (479). CAG Państw. Inst. Geol.

ZABIELSKI R. 2002 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych, ark. Brześć Kujawski (441). CAG Państw. Inst. Geol.