

**BADANIA UŁOŻENIA KLASTÓW W GLINACH MORENOWYCH
JAKO ELEMENT REKONSTRUKCJI KIERUNKÓW TRANSPORTU LODOWEGO
W OBSZARZE MIĘDZY PIOTRKOWEM TRYBUNALSKIM, RADOMSKIM
A PRZEDBORZEM (ŚRODKOWA POLSKA)**

ZARYS TREŚCI

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów orientacji osi dłuższej klastów w glinie morenowej w 11 stanowiskach (w 12 ścianach), w strefach I–IV wyróżnionych form glaciogenicznych. Położona w części zachodniej strefa III odpowiada skrajowi dobrze poznanego w regionie łódzkim lobu Widawki. Zajmujące większą część terenu badań strefy I, II i IV powiązane z hipotetycznym lobem Pilicy-Luciąży łądolodu warty. Pomiary ułożenia głązików w strefie III potwierdziły pogląd, że łądolód napływał tam z kierunków NNW i NW (330–340°). W świetle badań w pozostałym obszarze (strefy I, II i IV), transgresja nastąpiła z kierunków N, NE i NNE (357–52°). łądolód dotarł do linii Kamieńsk–Rzejowice–Przedbórz. Na garbie łódzkim, w pasie południkowym między Tuszynem a Radomskiem (Kamieńskim), występują różne kierunki ułożenia klastów, co zinterpretowano jako wynik konfluencji obu lobów.

Słowa kluczowe: glina morenowa, orientacja głązików, łądolód warty, region łódzki, środkowa Polska

WPROWADZENIE

Pomiary ułożenia głązików w glinach lodowcowych (*fabric till*) są stosowane w badaniach glacialnych i paleogeograficznych od ponad pół wieku, również w Polsce (por. m.in. Niewiarowski 1971; Racinowski 1973; Gradziński i in. 1986; Mycielska-Dowgiałło 1980; Marks 1992; Rutkowski 1995).

Z biegiem lat analizy kierunkowe są rozwijane metodycznie, zarówno w zakresie pomiarów i sposobów prezentacji wyników, jak i pod względem celu, a także przedmiotu badań. Udowodniono, że również cienkie warstewki piasku w glinie bazalnej oraz drobne struktury (do 1 cm): żłobiny, ślady płużenia, struktury dziobowate oraz żebra są równoległe uporządkowane w stosunku do dawnego kierunku płynięcia lodu i świadczą o kierunku ruchu łądolodu, podobnie jak głązy w kształcie pocisków, głązy z rysami lodowcowymi oraz linearne nagromadzenia drobnych klastów, którym towarzyszą rowki i bruzdy (Wysota 2004; Piotrowski i in. 2006; Narloch i in. 2015). Jednym z częstych celów pomiarów ułożenia klastów jest również rozróżnie-

nie facji glin. Badacze są zgodni (m.in. Wysota 2002; Molewski 2007; Roman 2010; Salomon 2012), że gliny subglacialne (*lodgement tills*) charakteryzują się dużą koncentracją ułożenia dłuższych osi głązików, odpowiadającą kierunkowi ruchu lodowca, co wyraża się wysokim współczynnikiem zwartości pomiarów ($V_1 > 0,66$). W typie gliny wytopieniowej (*melt-out till*) również występuje dość duże uporządkowanie ($0,33 > V_1 > 0,66$), a w glinie spływowej (*flow till*) zaznacza się rozproszenie orientacji ($V_1 < 0,33$) lub koncentracja zgodna z kierunkiem lokalnych spływów, nawiązująca do morfologii (Klatkova 1993).

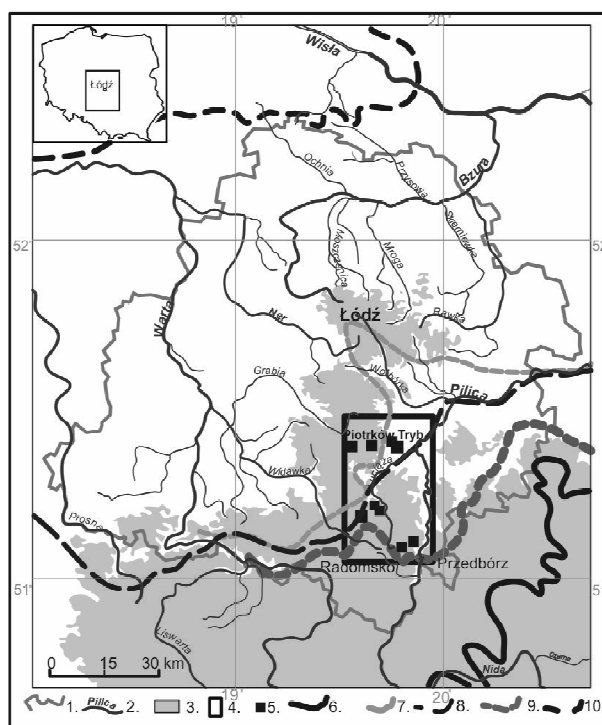
Powyższe przykłady ilustrują coraz szerszy wachlarz możliwości, zarówno obiektów badawczych, jakimi są gliny, jak i celów analiz kierunkowych tych osadów. Ich poznanie z wykorzystaniem innych przesłanej wynikających z obserwacji terenowych, było pomocne przy wyborze stanowisk pomiarowych i interpretacji otrzymanych wyników pomiarów orientacji klastów w glinie bazalnej.

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: lucyna.wachecka@geo.uni.lodz.pl

OBSZAR I CEL BADAŃ

Badania orientacji głązików w glinie morenowej przeprowadzono w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedbórzem, do ostatnich lat prawie w całości interpretowanym jako ekstraglacialny względem maksymalnego zasięgu lądolodu warciańskiego w regionie łódzkim (rys. 1). Rekonstrukcja kierunków na-

plywu lodu w każdej z wyróżnionych w tym terenie stref I–IV miała na celu odpowiedź na pytanie o dotarcie lądolodu warty do północnych stoków wyżyn Polski do linii Radomsko-Przedbórz oraz istnienie niewielkiego lobu Pilicy-Luciaży, stanowiącego południowo-zachodnią część lobu Rawki.



Rys. 1. Położenie terenu badań w regionie łódzkim na tle wybranych poglądów na zasięg lądolodu warty (por. załącznik na końcu tomu)

1 – granice województwa; 2 – rzeki; 3 – obszar powyżej 200 m n.p.m.; 4 – obszar badań; 5 – rozmieszczenie analizowanych próbek; zasięgi lądolodów: 6 – maksymalny odry według Różyckiego (1972), 7 – stadia lądolodu według Różyckiego (1972), 8 – zlodowacenia warty według Marksa i in. (2006), 9 – stadia lądolodu według Turkowskiej (2006); 10 – zlodowacenia warty według Roman (2012)

Location of investigated area in the Łódź region against selected views of limit of the Wartanian ice-sheet (compare Annex)

1 – voivodship borders; 2 – rivers; 3 – area over 200 m a.s.l., 4 – study area; 5 – sample sites; limit of glaciation: 6 – Odranian maximum stage according to Różycki (1972), 7 – Wartanian stage according to Różycki (1972), 8 – Wartanian glaciation according to Marks *et al.* (2006), 9 – Wartanian Stadium according to Turkowska (2006); 10 – LGM according to Roman (2012)

Analizy ułożenia głązików w powierzchniowej glinie lodowcowej stanowią nawiązanie do cyklu pomiarów zrealizowanych w regionie łódzkim pod kierunkiem Klatkowej na początku lat dziewięćdziesiątych, w okresie przygotowań ogólnopolskiej konferencji: *Stratygrafia i paleogeografia zlodowacenia warty* oraz międzynarodowego sympozjum podkomisji INQUA SEQS: *The Cold Warta Stage – Lithology, Palaeogeography, Stratigraphy* organizowanych przez Katedrę

Badań Czwartorzędu UŁ, odpowiednio w 1993 i 1994 r. W świetle ugruntowanych poglądów na temat transgresji lądolodu warty w analizowanym obszarze tylko z kierunku NW (czyli poprzez lob Widawki), wyniki badań otrzymane w glinie zwałowej rozłożonej wzdłuż osi Wyżyny Łódzkiej nie zostały wtedy wyjaśnione i opublikowano je w wersji niepełnej, jako azymuty kierunku transportu bez podania zwrotu wektora wypadkowego (Klatkowa 1992, 1993, 1995). Dopiero po

około dziesięciu latach, w ramach prac związanych z podsumowaniem badań geomorfologicznych i paleogeograficznych w regionie, niezrozumiałe wcześniej wyniki stały się jedną z przesłanek

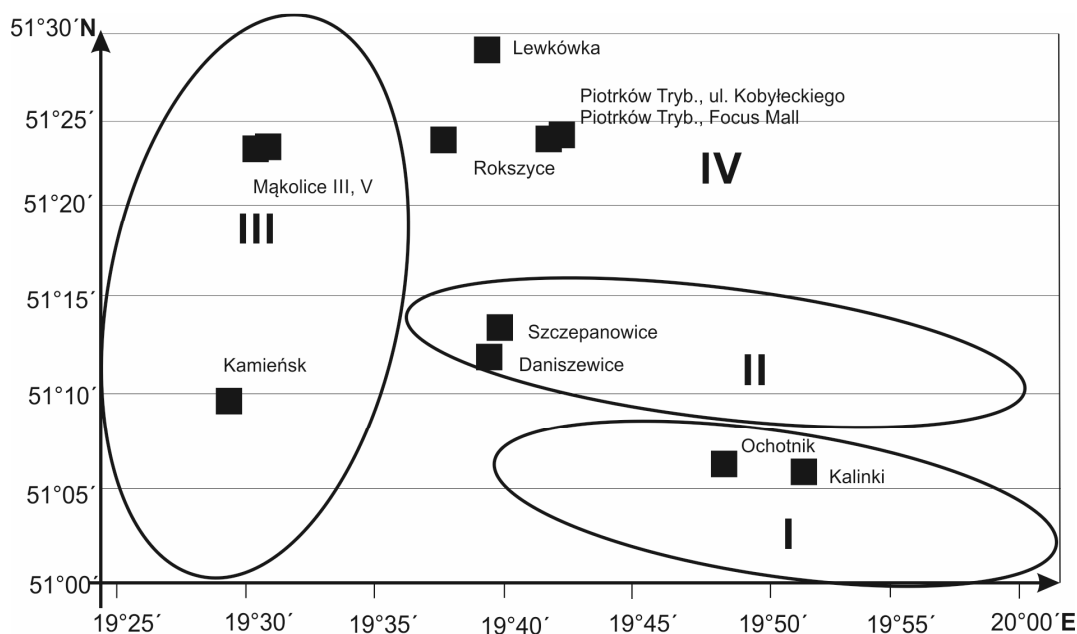
hipotezy dwukierunkowego napływu mas lodowych podczas transgresji warciańskiej na garb łódzki (Turkowska 2006).

METODA BADAŃ

Orientację i inklinację długich osi klastów wyznaczano głównie w bazalnej glinie lodowcowej zgodnie z założeniem, że podczas transgresji dłuższe osie głazików ustawiają się zgodnie z kierunkiem ruchu lądolodu. Mierzono co najmniej 50 głazików w każdym stanowisku, odnotowując azymut osi dłuższej (A – deklinację) i wartość upadu (I – inklinację). Analizie poddano jedynie klasty w przedziale wielkości 3–12 cm oraz w których relacja osi dłuższej do krótszej wynosiła minimum 3:2. Zgodnie z sugestią Klatkowej (1993) odrzucano głaziki, których kąt nachylenia osi przekraczał 40°. W celu uniknięcia błędu związanego z przemieszczeniami głazików podczas przemarzania gruntu (Rutkowski 1995), pomiarów dokonywano możliwie głęboko, chociaż mała miąższość powierzchniowej gliny lodowcowej w niektórych miejscach spowodowała, że nie wszędzie udało się przeprowadzić badania poniżej 2 m od powierzchni terenu. Przestrzegano, żeby były to miejsca pozbawione śladów deformacji postsedymencyjnych.

Przy wyliczeniach statystycznych wektora wypadkowego i współczynnika zwartości pomiarów założono przedział ufności 99%. Współczynnik zwartości (długości wektora wypadkowego), w zależności od stosowanego narzędzia czy programu statystycznego jest różnie określany (V, R lub S). W niniejszej publikacji przyjęto symbol V_1 (dla orientacji) i V_2 (dla inklinacji). W związku z przewidzianym porównaniem wyników badań Klatkowej (1992, 1993, 1995) do obliczenia wskaźników statystycznych i przedstawienia graficznego paleokierunków wykorzystano bezpłatny program Oriana (<http://oriana.en.malavida.com/>) w wersji software, a do prezentacji wyników badań użyto diagramów rozetowych, a nie używanego obecnie najczęściej programu Stereogram.

Badania terenowe przeprowadzono w 11 stanowiskach (12 ścianach), po 2, 3 w każdej ze stref glacyogenicznych I–IV (rys. 2, tab. 1). Dla wszystkich profili opracowano logi litofacjalne (Wachecka-Kotkowska 2015), do których nawiązywano przy interpretacji.



Rys. 2. Położenie stanowisk w strefach glacyogenicznych I–IV (por. załącznik do tomu)

Sites location according to in glacial zones I–IV (compare Annex)

Lokalizacja stanowisk badawczych i wyniki badań
Sites location according to research zones with results of investigations

Stanowisko	Geomorfologia	Lokalizacja			Liczba pomiarów	Orientacja		Długość wektora wypadkowego	
		Wysokość [m n.p.m.]	λ [E]	φ [N]		Azy-mut/bieg A [°]	Nachylenie I [°]	V ₁	V ₂
STREFA I - WZGÓRZA RADOMSZCZAŃSKIE I GRZBIET PRZEDBORSKI									
Ochotnik	wysoczyzna morenowa	237,0	19° 48' 51"	51° 07' 35"	50	359,0	19,0	0,70	0,89
Kalinki	poligeniczny pagór glacialny	228,0	19° 51' 07"	51° 06' 17"	56	4,5	17,0	0,76	0,91
STREFA II - WZGÓRZA DOBRYSZYCKIE									
Szczepanowice	wysoczyzna morenowa	228,0	19° 40' 23"	51° 13' 13"	50	2,08	19,5	0,951	0,98
Daniszewice	poligeniczny wał glacialny	220,4	19° 37' 46"	51° 13' 29"	51	10,98	19,32	0,481	0,978
STREFA III - WYSOCZYRNA BĘŁCHATOWSKA									
Kamieńsk	morena	232,0	19° 29' 54"	51° 10' 58"	50	21,44	19,0	0,596	0,68
Mąkolice V	martwego lodu	233,4	19° 30' 52"	51° 22' 49"	57	332,0	12,0	0,657	0,91
Mąkolice III/glina dolna	poligeniczny pagór glacialny	229,1	20° 31' 05"	52° 23' 18"	51	346,56	23,1	0,207	0,881
Mąkolice III/glina górna		233	20° 31' 06"	52° 23' 18"	50	337,0	18,8	0,904	0,989
STREFA IV - RÓWNIANA PIOTRKOWSKA									
Rokszycze	wysoczyzna morenowa płaska	210,0	19° 37' 48"	51° 24' 29"	50	52,3	18,9	0,737	0,932
Piotrków Trybunalski, Focus Mall		207,8	19° 40' 04"	51° 24' 38"	51	52,0	19,776	0,533	0,970
Piotrków Trybunalski, ul. Kobyleckiego		206,2	19° 40' 23"	51° 24' 32"	50	20,5	16,0	0,555	0,919
Lewkówka III		212,8	19° 38' 43"	51° 28' 59"	51	350,1	18,1	0,298	0,939

WYNIKI I INTERPRETACJA

Strefa I – Wzgórza Radomszczańskie i Grzbiet Przedborski

W strefie I, hipotetycznie związanej z maksymalnym zasięgiem lądolodu warty w regionie łódzkim, badania kierunkowe dla glin wykonano w stanowisku Ochotnik (rys. 3A), położonym na zapleczu pagórków morenowych na stoku Bąkowej Góry, i w stanowisku Kalinki (rys. 3B) w pobliżu pagórka morenowego. W obydwu stanowiskach gliny powierzchniowe rozpoczynają się ostrym kontaktem z podścielającymi osadami wodnolodowcowymi. Oprócz partii stropowych, diamikton burzy z kwasem solnym.

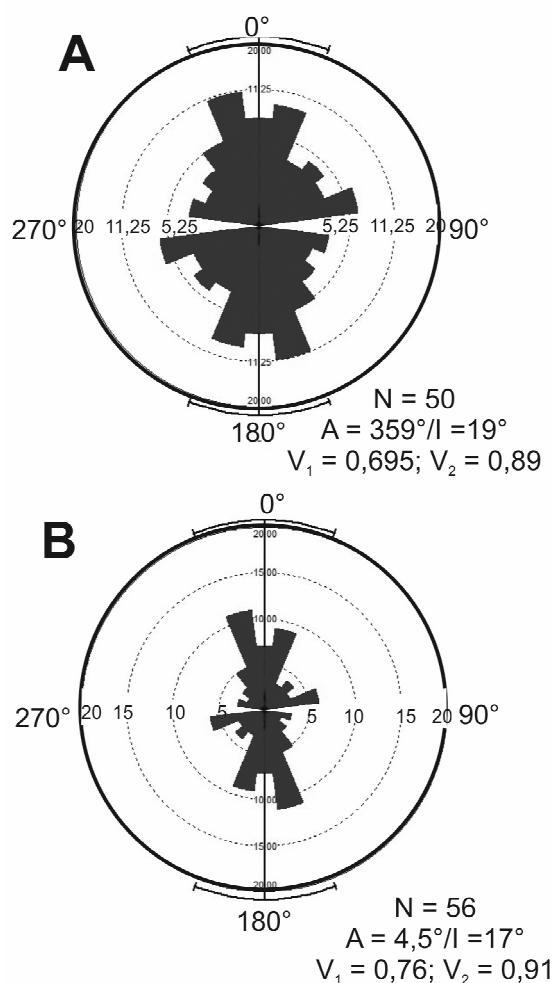
W stanowisku Ochotnik miąższość gliny wynosi około 4 m, a w stropie subległych piasków i żwirów brak warstwy deformacyjnej. Diamikton w spągu (ca 60 cm) ma barwę brązową, jest masywny o małej zawartości klastów w rozproszonym szkielecie ziarnowym, tylko

z niewielkimi soczewkami piaszczystymi (por. Wachecka-Kotkowska 2015). Występują Spękania o układzie wertykalnym, które być może wskazują na spokojne wytapianie materiału ze stopy lądolodu (reżim ciepły?). Na głębokości 3,5–3,8 m wektor wypadkowy dla 50 gładzików określono na 359° przy inklinacji 19° (V₁ = 0,7 i V₂ = 0,9). Charakterystyczne jest, że układ osi na wykresie jest silnie rozproszony, ale jednocześnie wyraźnie symetryczny w stosunku do kierunku N–S (rys. 3A). Wyniki zostały zinterpretowane jako dowód, że napływający generalnie z północy lód opływał barierę w postaci północnych wzniesień Grzbietu Przedborskiego, które powyżej 250 m n.p.m. stanowiły nunatak (jw.).

W Kalinkach na głębokości 1,2–2 m, na kontakcie gliny z zalegającymi niżej osadami wodnolodowcowymi, występują zlicowane gładziki wielkości 15–20 cm, na powierzchni których

pojawiają się pojedyncze rysy milimetrowej głębokości, zorientowane w kierunku N–S. Złupkowacenie części spągowej gliny jest powszechne. Nieco powyżej, rozwleczone wkładki

piaszczyste (*sand stringers*) wskazują na możliwość jej odspojenia, a w pierwszych 60 cm od spągu widoczna jest akrecja gliny w kilku epizodach, co potwierdza bazalny charakter gliny.



Statystyczne wyniki z badań ułożenia głazików w glinie w Kalinkach (rys. 3B) są zbliżone do tych w Ochotniku ($A = 4,5^\circ$; $V_1 = 0,8$; $I = 17^\circ$; $V_2 = 0,9$); odchylenie wektora wypadkowego w kierunku NEE o $5,5^\circ$ uznano za nieistotne. Dużo wyraźniej zaznacza się jednak bimodalność w rozkładzie i niższe są wartości inklinacji osi poszczególnych głazików. Odmienny obraz wykresów rozetowych wyjaśniono różnym położeniem Kalinek w stosunku do wzgórz ostańcowych Grzbietu Przedborskiego: glina w tym stanowisku powstała z wytopienia ze stopy lodowca, który przepływał między Czartorią i Majową Górą i przykrył powierzchnię lokalnie mniej urozmaiconą niż w Ochotniku.

Taką interpretację wzmacnia ukierunkowanie rys lodowcowych stwierdzonych na płaskich wychodniach jurajskich wapieni w Dębie, 4 km na północ od Przedborza (por. Wachocka-Kot-

Rys. 3. Wyniki pomiarów osi dłuższych głazików w glinie morenowej w strefie I

stanowiska: A – Ochotnik (gł. 3,8 m), B – Kalinki (gł. 1,2 m)
N – liczba pomiarów; A – azymut wektora wypadkowego ($^\circ$); I – nachylenie ($^\circ$); V_1 , V_2 – długość wektora wypadkowego (dla A i I)

Till fabric results in zone I

sites: A – Ochotnik (3.8 m depth), B – Kalinki (1.2 m depth)
N – number of observations; A – azimuth, mean vector ($^\circ$); I – inclination ($^\circ$); V_1 , V_2 – length of mean vector (for A and I)

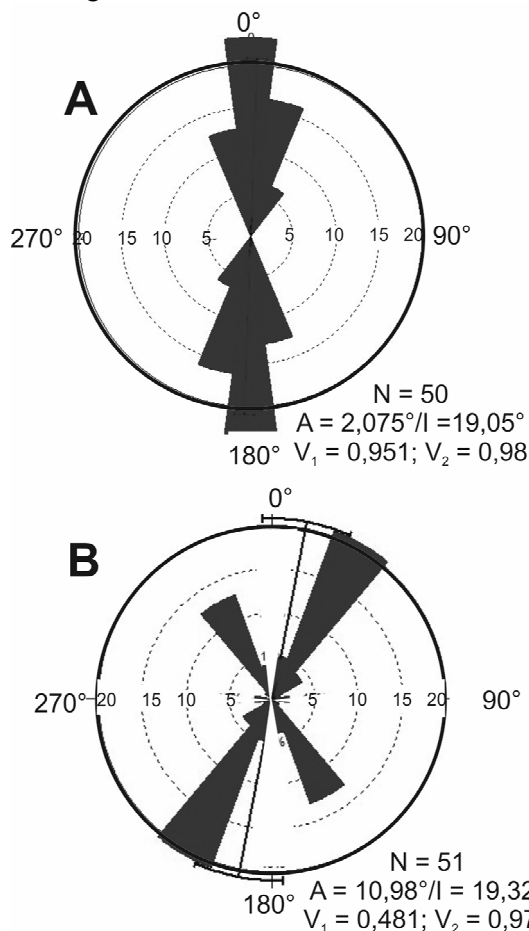
kowska 2015). Ich generalna orientacja N–S odpowiada interpretacji wynikającej z pomiarów układu klastów w glinie. Należy również podkreślić, że jest to kierunek zgodny z osią morfologiczną doliny środkowej Pilicy.

Strefa II – Wzgórza Dobryszyckie

W drugim skupisku form marginalnych pomiary kierunkowe wykonano w części zachodniej, w Szczepanowicach, w najbliższym zapleczu ciągu morenowego i w jego części środkowej, w kulminacji wału w Daniszewicach (rys. 2).

W stanowisku Szczepanowice piaszczysty i ilasty diamikton o strukturze masywnej zalega do głębokości 2 m. W spągu gliny występują zakorzenione i ukierunkowane ($2\text{--}7^\circ$) głaziki o średnicy od kilku do kilkunastu centymetrów. Pomiary osi dłuższych klastów wykonane w glinie bazalnej

w Szczepanowicach (rys. 4A) wskazały, że średni wektor wypadkowy (A) wynosi $2,08^\circ$, a średni kąt nachylenia (I) – $19,05^\circ$. Długość wektora wypadkowego V_1 określono na 0,95 a V_2 na 0,98. Jest to



W Daniszewicach glina morenowa w znacznej części odsłoniętego przekroju nie buduje powierzchni, a jest przykryta późnowistuliańskimi osadami piaszczysto-mułkowymi wypełniającymi obniżenie w kulminacji Wzgórz Dobryszyckich. Analizowana glina typu *lodgement* sięga do głębokości 2–3,75 m, gdzie zaczyna się ostrym kontaktem z osadami podścielającymi, piaskami i żwirami zwieńczonymi brukiem (do 25 cm) z pseudomorfozami po klinach lodowych wypełnionych wtórnie gliną. Pod gliną zwałową brakuje warstwy deformacyjnej. W części spągowej widoczne jest złupkowacenie i znaleziono pojedyncze ślady płuzenia. Sporadycznie pojawiają się również plamiste odbarwienia diamiktonu – w matriksie brązowym występują szare smugi oraz spękania pionowe świadczące o migracji wód podczas depozycji.

Jak wynika z wykonanych pomiarów w Daniszewicach (rys. 4B), wynik średniego azymutu ($A = 11^\circ$) wskazuje tutaj na kierunek prawie północny, ale wielkość długości wektora wypad-

kowego, w którym uzyskano największą koncentrację rozkładu gładzików, określającą z bardzo dużym prawdopodobieństwem lokalny kierunek napływu mas lodowcowych z północy.

Rys. 4. Wyniki pomiarów osi dłuższych gładzików w glinie morenowej w strefie II (objaśnienia na rys. 3)

stanowiska: A – Szczepanowice (2 gł. m), B – Daniszewice (gł. 2 m)

Till fabrics results in zone II
(explanations on Fig. 3)

sites: A – Szczepanowice (2 m depth), B – Daniszewice (2 m depth)

kowego ($V_1 = 0,5$) pokazuje znaczącą dyspersję orientacji gładzików. Większość pomiarów oscylowała w granicach $15\text{--}25^\circ$. Na wykresie widać jednak, że drugorzędnie, ale bardzo wyraźnie, pojawia się również kierunek NNW ($A = 330\text{--}340^\circ$). Być może można go wiązać z rowem Kleszczowa występującego w osi moren dobryszyckich, którą to sytuacją interpretowano ślady niewielkiej oscylacji udokumentowane w sąsiednim stanowisku w Jelicy-Grabowcu (por. Wachecka-Kotkowska 2015).

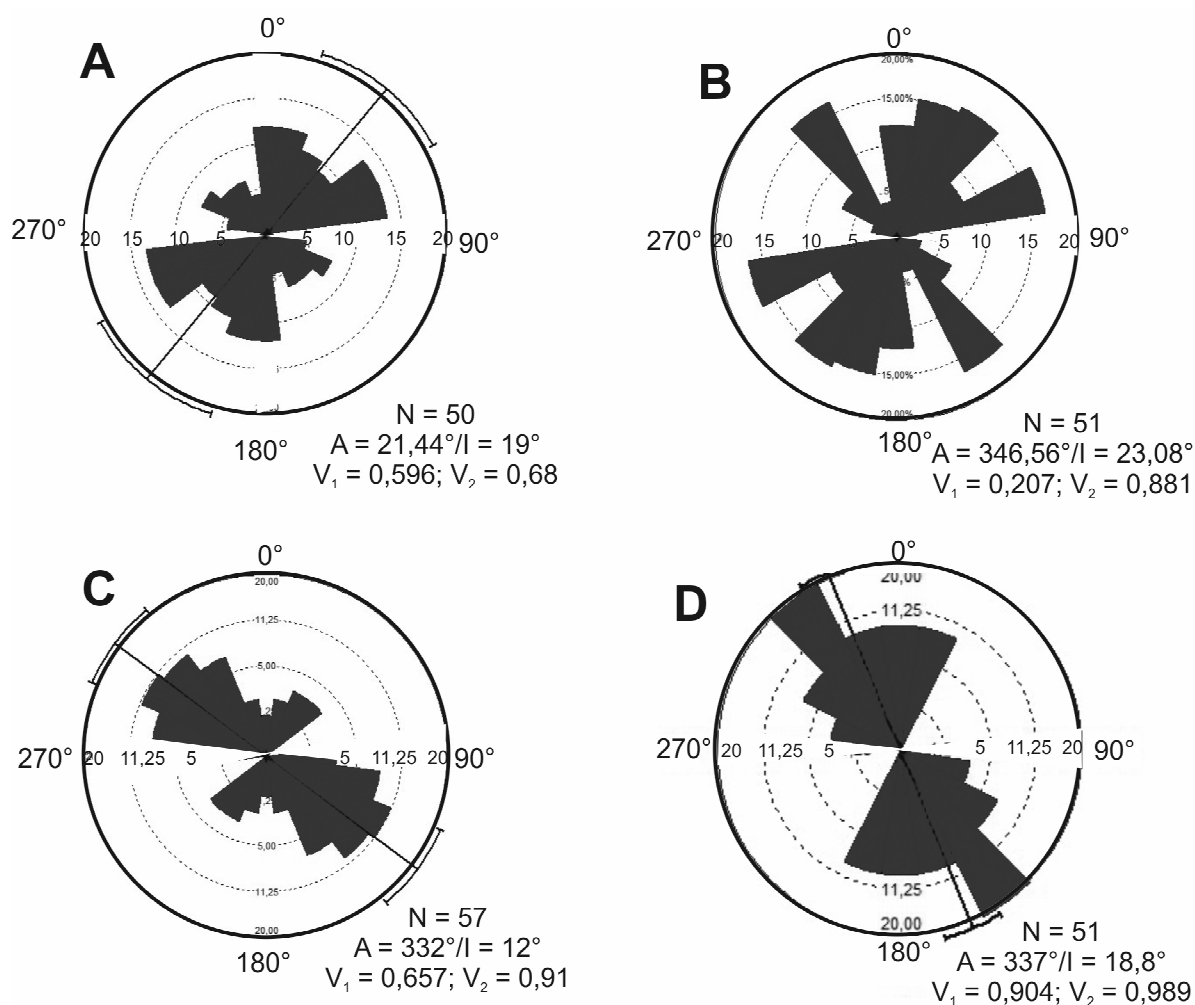
Strefa III – Wysoczyzna Bełchatowska

W strefie III, w zachodniej części terenu badań łączonej powszechnie z morfogenezą warciańską i lobem Widawki, do analiz kierunkowych wybrano trzy stanowiska: Mąkolice III, Mąkolice V oraz Kamieńsk (rys. 2).

W Mąkolicach, w obrębie poligenicznego pagóra położonego w osi garbu łódzkiego, na dziale wodnym Wisły i Odry, było zrealizowane szereg

badań (por. Wachecka-Kotkowska i in. 2012). Pomiary osi dłuższych gładzików wykonano w trzech miejscach, w dwóch różnych horyzontach glin zwałowych: dolnym (rys. 5A) i górnym (rys. 5B, C). Gлина dolna odsłonięta u podstawy pagóra w stanowisku Mąkolice III stanowi wyjątek w przeprowadzonych analizach, gdyż powstała podczas zlodowaceń południowopolskich, prawdopodobnie san 2 (por. Czubla 2015, w tym tomie). Jej cechy strukturalne wskazują na deformacje postsedymentacyjne (por. Król, Wachecka-Kotkowska 2015, w tym tomie). Orientacja gładzików (rys. 5A) wykazuje polimodalność i największe rozproszenie pośród wszystkich stanowisk, w których wykonano pomiary, co

wyraża się najniższą wartością $V_1 = 0,21$. Oprócz kierunków N, NNE i NEE, podrzędnie występuje sektor NW. Średni azymut został wyliczony na 347° , ale największa liczba pomiarów plasuje się w przedziale azymutów 10° – 30° i 65° – 75° . Z punktu widzenia wyniku statystycznego – kierunku wektora wypadkowego – należy wyciągnąć wniosek, że lądolód nasunął się z NW. Z diagramu rozetowego wynika jednak większa koncentracja osi dłuższej gładzików na kierunku NE. Pozwala to na przypuszczenie, że do deformacji gliny doszło podczas transgresji lobu wschodniego lądolodu warty (lobu Rawki, w badanym terenie nazwanego lobem Pilicy-Luciaży).



Rys. 5. Wyniki pomiarów osi dłuższych gładzików w glinie morenowej w strefie III (objaśnienia na rys. 3)

stanowiska: A – Kamieński, glina górna (gł. 1,8 m), B – Mąkolice III, glina górna (gł. 2,5 m), C – Mąkolice III, glina dolna, san 2, zdeformowana (gł. 3,5 m), D – Mąkolice V, glina górna (gł. 1,9 m)

Till fabric results in zone III (explanations on Fig. 3)

sites: A – Kamieński, upper till (1.8 m depth), B – Mąkolice III, upper till (2.5 m depth), C – Mąkolice III, lower till, Sanian 2, deformed (3.5 m depth), D – Mąkolice V, upper till (1.9 m depth)

W Mąkolicach III i V, na stoku północnym i południowym (rys. 5B, C) występuje brązowa glina górna, która przykrywa całość kompleksu glacyfluwalnego i zalega na dużej powierzchni, głównie na stoku zachodnim, ale płatowo na całym pagórze. Gлина rozpoczyna się ostrym kontaktem z osadem wodnolodowcowym. Jest to diamikton ilasty brązowy, przechodzący ku górze w diamikton piaszczysty i piaszczysto-pyłowy o małej zawartości klastów i rozproszonym szkielecie ziarnowym. Ma miąższość zaledwie 1,1–3 m. Zawartość węgla wapnia jest tu niska i wynosi 0–2%. Na głębokości 80 cm występuje ciągły horyzont bruku kamienistego, powyżej którego przykrywający stok, spiaszczony i zawierający struktury fluidalne diamikton, mógł podlegać splywom w warunkach klimatu peryglacialnego (obecnie jest to diamikton rolniczy). Pomiarów orientacji głazików dokonano tylko w partiach spągowych, w miejscach niezmiennych postsedymentacyjnie, tuż nad kontaktem erozyjnym na głębokości 2,5 m i 1,9 m.

Średni azymut w obu stanowiskach wyliczono na $A = 337^\circ$ (Mąkolice III) i na $A = 332^\circ$ (Mąkolice V). Inklinacja jest większa w Mąkolicach III ($I = 18,8^\circ$) niż w Mąkolicach V ($I = 12^\circ$). Wartości długości wektora wypadkowego ($V_1 = 0,904$ w Mąkolicach III i $V_1 = 0,657$ w Mąkolicach V) wskazują na dużą koncentrację na kierunku NW–SW rozkładów zbliżonych do unimodalnych. Powyższe dane dowodzą, że lądolód który złożył glinę górną napłynął z sektora północno-zachodniego i należy wiązać go z lobem Widawki lądolodu warty.

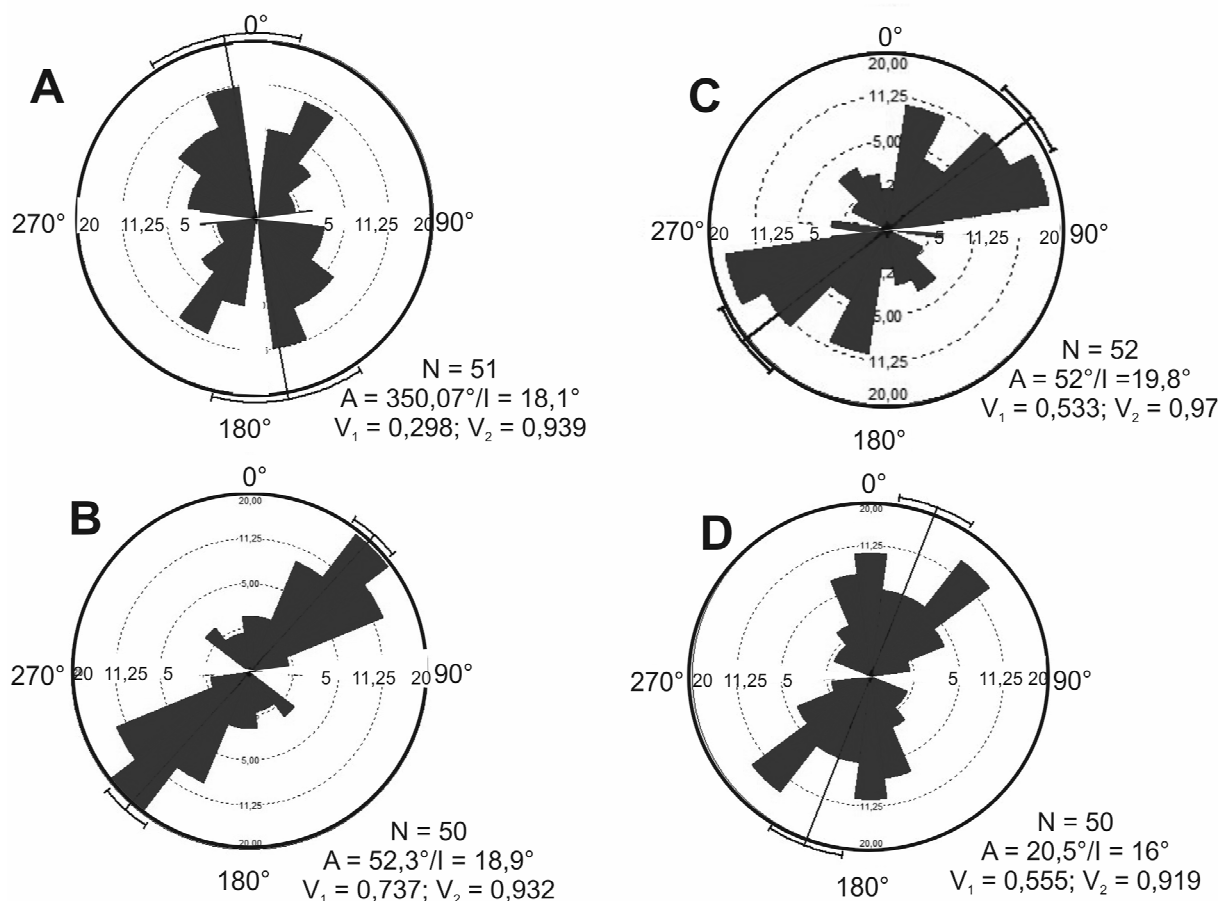
Stanowisko Kamięnsk (rys. 5D) wybrano do badań ze względu na jego kluczowe znaczenie w rozwiązaniu hipotezy na temat istnienia węzła interlobalnego w osi garbu łódzkiego. Interpretowany wcześniej jako położony w obrębie warciańskiej moreny czołowej pagór (Baraniecka 1967, 1971), okazał się formą poligeniczną zbudowaną z różnowiekowych osadów plejstocenских (Wachecka-Kotkowska 2015). Osady piaszczysto-mułkowe budujące trzon pagóra, o dużej miąższości (do 9 m), wieńczy otulający wzniesienie nieciągły, miejscami zwietrzały pokład gliny morenowej o miąższości 1–2,5 m.

Gлина zwałowa występująca w Kamięnsku to diamikton piaszczysty lub ilasty o barwie jasno-brunatnej, o zwartym szkielecie ziarnowym. W spągu występują drobne i pojedyncze struktury fałdowe. Wykonane badania osi dłuższych głazików w miejscach niezmiennych przez procesy

postsedymentacyjnie wykazały, że średni kierunek ich orientacji A wynosi 21° , a średnie nachylenie $I = 19^\circ$. Długość wektorów wypadkowych jest statystycznie dość satysfakcjonująca i wynosi $V_1 = 0,6$; $V_2 = 0,7$. Z diagramu rozetowego widać, że istnieją dwa większe wychylenia dla kierunków: N ($0\text{--}5^\circ$) i NEE ($70\text{--}80^\circ$) oraz podrzędny kierunek NW (310°). Jest to wynik przedstawiający jako główny kierunek transportu z północnego wschodu, charakterystyczny dla lobu Pilicy-Luciąży, a jako marginalny z zachodu, typowy dla lobu Widawki.

Strefa IV – Równina Piotrkowska

Na Równinie Piotrkowskiej dokonano pomiaru w czterech stanowiskach (rys. 2, 6A–D): w Lewkówe III, w glinie przykrywającej kopalny sandr Karlina, w Rokszycach u postawy pagórów III strefy, na zapleczu ciągu morenowego Wzgórz Dobryszyckich i w Piotrkowie Trybunalskim na wysoczyźnie morenowej falistej w stanowiskach Focus Mall i przy ul. Kobyleckiego. Badania przeprowadzono w glinie górnej, zalegającej na powierzchni topograficznej, której miąższość w wymienionych stanowiskach wynosi 1,5–2 m. Gлина rozpoczyna się ostrym kontaktem z osadami podścielającymi. W Piotrkowie Trybunalskim w Focus Mall brak jest warstwy deformacyjnej, natomiast w Lewkówe III oraz Rokszycach występują deformacje w stropie osadów wodnolodowcowych. We wszystkich stanowiskach występują dowody na depozycję typu *lodgement*: zlicowane klasty i bruki głazowe zorientowane generalnie w kierunku NNW–SSE. W Lewkówe III zaobserwowano bruki, w których od spodu widać obleczenia diamiktonem brązowym. W brązowym matriksie występują rozwleczone wkładki piaszczyste *sand stringers* (w st. Focus Mall, Rokszyce i Lewkówka III), świadczące o odspojeniach. Ponadto są obecne ślady akrecji gliny w kilku epizodach *lodgement*. W Piotrkowie w stanowisku przy ul. Kobyleckiego w glinie występuje złupkowacenie, widoczne w pierwszych 100 cm od spągu diamiktonu. Powyżej zalega diamikton masywny, ilasty, z wkładkami szarego piasku, bez spękań. Soczewki piaszczyste mają układ kieszeniowaty lub wertykalny, który świadczy o ich spokojnym wytapieniu ze stopy lądolodu. W profilu widać większą strukturę piaszczystą o głębokości do 30 cm, którą interpretowano jako wypełnienie kanału typu N. W stanowisku Focus Mall występuje



Rys. 6. Wyniki pomiarów osi dłuższych głązików w glinie morenowej w strefie IV (objaśnienia na rys. 3)

stanowiska: A – Lewkówka III (gł. 1,5 m), B – Rokszycy (gł. 1,8 m), C – Focus Mall (gł. 1,9 m), D – ul. Kobyleckiego (Piotrków Tryb., gł. 2 m)

Till fabrics result in zone IV (explanations on Fig. 3)

sites: A – Lewkówka III (1.5 m depth), B – Rokszycy (1.8 m depth), C – Focus Mall (1.9 m depth), D – Kobyleckiego Str (Piotrków Tryb., 2 m depth)

natomiast diamikton piaszczysto-pyłowy, miejscami piaszczysty o małej zawartości klastów i rozproszonym szkielecie ziarnowym z plamistymi odbarwieniami. Diamikton na powierzchni podlegał procesom peryglacialnym a następnie glebowym. Po zdjęciu warstwy gleby, na powierzchni (20–40 cm p.p.t.) rysuje się regularna sieć poligonów o wielkości 50–100 cm; pomiary orientacji głązików przeprowadzono poniżej struktur kontrakcji termicznej.

Badania osi dłuższych głązików w glinie zwałowej pozwoliły odtworzyć lokalne kierunki napływu mas lodowych w czterech stanowiskach. W Rokszycach uzyskano azymut $A = 52,3^\circ$. Średni kąt nachylenia głązików wynosi $I = 18,9^\circ$, a długość wektorów wypadkowych $V_1 = 0,7$ i $V_2 = 0,9$. W Piotrkowie, w stanowisku Focus Mall średni kierunek osi dłuższych obli-

czono na $A = 52,0^\circ$, a nachylenie na $I = 19,8^\circ$. Tutaj wektor wypadkowy dla orientacji jest nieco krótszy ($V_1 = 53$). W Rokszycach na diagramie widać jedno maksimum, zbliżone do wartości średniego azymutu, natomiast w Focus Mall występują dwa kierunki – NNE i NEE, stąd wyliczony sektor pośredni – NE.

Inaczej jest w Lewkówce III i Piotrkowie przy ul. Kobyleckiego. Na diagramach rysują się dwa maksima, a azymut średni pokrywa się z jednym z nich. Przy ul. Kobyleckiego w diamiktonie głąziki są zorientowane w kierunku N–S i NE–SW. Średni kąt ich nachylenia A wynosi $20,5^\circ$ ($V_1 = 0,555$; $V_2 = 0,9$). W Lewkówce III układ jest bimodalny w kierunkach NWW–SEE i NEE–SWW. Średni wektor wypadkowy A obliczono na 350° . Długość wektora wypadkowego V_1 wynosi zaledwie 0,3, co świadczy o dużej dys-

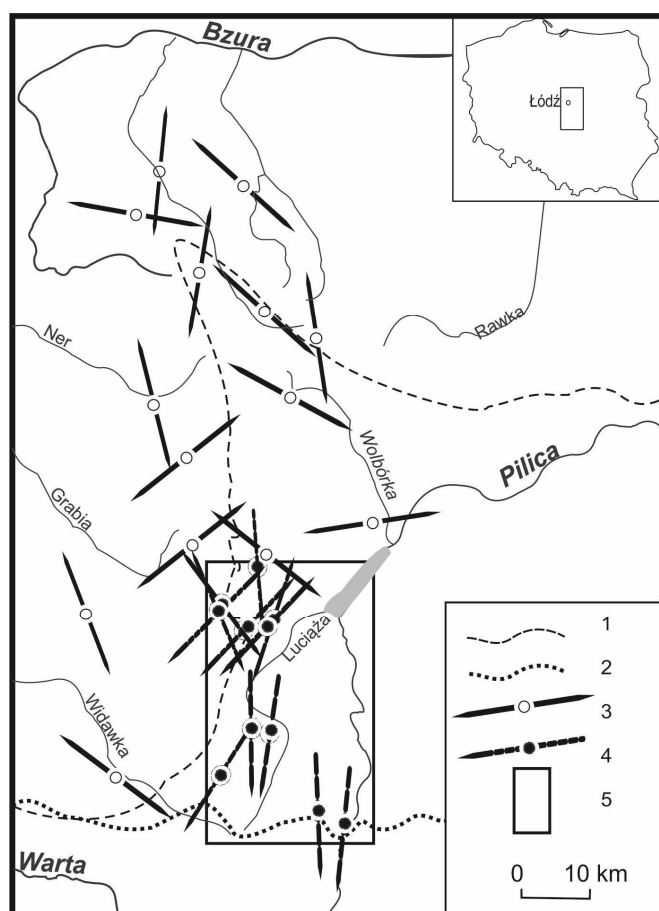
persji kierunków, tak z NNW, jak i z NNE, przy braku głązików o orientacji na kierunku N–S. Jak wynika z przedstawionych pomiarów kierunkowych na Równinie Piotrkowskiej, w części północnej dominował transport lodowy z kie-

runku północnego, a na zapleczu Wzgórz Dobryrzyckich masy lodowe napłynęły z kierunku północno-wschodniego, odpowiadającego osi kopalnej doliny Włodzimierzowa, wykorzystywanej obecnie przez dolną Luciążę.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Rezultaty analizy cech kierunkowych glin morenowych przedstawione w artykule potwierdzają napływanie w osi garbu łódzkiego mas lodowych z dwóch kierunków, co wyjaśniło

wyniki badań Klatkowej (1992, 1993, 1995). Zbieganie się kierunków napływu lodu z sektorów NNW/NW i NNE/NE przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Lokalne kierunki transportu lodowego we wschodniej części regionu łódzkiego

zasięg maksymalny łądolodu warty według: 1 – Różyckiego (1972), 2 – Wacheckiej-Kotkowskiej (2015); lokalne kierunki transportu lodowego: 3 – zestawione przez Klatkową (1995), 4 – przedstawione w tym artykule; 5 – obszar badań

Local directions of glacial transport in the eastern part of the Łódź Region

maximum extent of the Wartanian ice-sheet according to: 1 – Różycki (1972), 2 – Wachecka-Kotkowska (2015); local direction of ice transport: 3 – summary by Klatkowa (1995), 4 – presented in this article; 5 – investigated area

Na południu badanego obszaru (strefa I) łądolód przykrył gliną bazalną proksymalne części stożków wodnolodowcowych uformowanych przed czołem w okresie transgresji pomiędzy ostańcami powierzchni mezozoicznej. Statystyczne wyniki badań orientacji głązików przeprowadzonych w stanowiskach Ochotnik i Kalinki oraz rys lodowcowych w Dębie dowodzą, że kierunek paleotransportu przebiegał generalnie z północy, czyli był zgodny z przebiegiem osi doliny środkowej Pilicy. Bardziej szczegółowa analiza azymutów i inklinacji osi głązików

wyraźnie pokazuje lokalne dostosowywanie się transportu lodowego do ukształtowania podłoża.

W centralnej części terenu (strefa II), łądolód transgredował również z kierunku północnego (Szczepanowice $A = 4,5^\circ$). Bimodalność w rozkładzie głązików w Daniszewicach i delikatne zaznaczenie kierunku z NNW ($A = 330\text{--}340^\circ$) powiązано z rowem Kleszczowa, który być może wymusił dłuższy postój mas lodowcowych na osi Wzgórz Dobryrzyckich i niewielką oscylację z NW.

Na obszarze Wysoczyzny Bełchatowskiej (strefa III) wyniki badań kierunkowych potwierdziły krzyżowanie się na osi garbu łódzkiego kierunków transportu lodowego z NW i z NE (rys. 7). Masy lodowcowe napłynęły najpierw z kierunku NE (Kamieńsk $A = 21^\circ$), deformując podłoże i wyciskając glinę san 2 (Mąkolice III). Następnie doszło do transgresji z kierunku NW/NNW (Mąkolice III i V $A \text{ ca } 330^\circ$). W strefie interlobalnej, w zależności od miejsca, napływ mas lodowcowych ze wschodu i/lub zachodu uczestniczył w różnych proporcjach. Pozwala to mówić o konfluencji obu lobów – Widawki i Rawki. Na Równinie Piotrkowskiej (strefa IV) łądolód warciański napłynął z kierunków NE i NNE. Wyliczony azymut *ca* 52° w Rokszycach i Piotrkowie Focus Mall nawiązuje do kierunku osi kopalnej doliny Włodzimierzowa (obecnej doliny dolnej Luciąży – patrz Wachecka-Kotkowska 2004). Bimodalność z kierunków N i NE pokazuje różne preferencje sektora Pilicy (S–N) i dolnej Luciąży

(SW–NE). Na równinie moreny dennej w północnej części badanego obszaru udokumentowano również ślady transportu lodowego z sektora zachodniego NNW (Lewkówka $A = 350^\circ$).

Dokonana interpretacja kierunków transgresji warciańskich mas lodowych pozwala na wysunięcie następujących wniosków:

- łądolód warty napłynął nie tylko na zachodnią część badanego terenu z NNW i NW ($330\text{--}340^\circ$) jako lob Widawki, ale również, na cały pozostały obszar (strefy I, II, IV) z N, NE i NNE ($357\text{--}52^\circ$) jako lob Pilicy-Luciąży, który starymi szlakami dolinnymi dotarł do północnych stoków wyżyn w okolicach Przedborza,
- na garbie łódzkim doszło do konfluencji lobów lodowcowych łądolodu warty Widawki (zachodniego) oraz Pilicy-Luciąży (wschodniego).

Prace badawcze zostały sfinansowane z grantu N N306 721140 „Morfogeneza obszaru pomiędzy Radomskiem, Przedborzem i Piotrkowem Trybunalskim jako świadectwo uwarunkowań, przebiegu i roli najmłodszych zdarzeń glacialnych pogranicza Niżu i Wyżyn środkowej Polski”.

Cyfrowy model terenu z wyróżnionymi strefami rzeźby glacialnej oraz zestawienie wszystkich omówionych stanowisk badawczych i ich lokalizację na tle interpretacji kierunków nasunięcia lobów przedstawiono w załączniku na końcu tomu.

LITERATURA

- Baraniecka M.D. 1967. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 ark. Kamieńsk. Warszawa: Inst. Geol.
- Baraniecka M.D. 1971. Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Kamieńsk. Warszawa: Wyd. Geol.
- Czubła P. 2015. „Analiza zespołów eratyków w glinach lodowcowych i ich znaczenie w rekonstrukcji zasięgu łądolodu warciańskiego w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (środkowa Polska)”. *Acta Geographica Lodziensia* 103: 25-43.
- Gradziński R., A. Kostecka, A. Radomski, R. Unrug. 1986. Zarys sedymentologii. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
- Klatkova H. 1992. „Niektóre wskaźniki kierunków transportu lodowego w środkowej Polsce i ich przydatność do wyróżnień facjalnych i stratygraficznych oraz rekonstrukcji paleogeograficznych”. *Acta Geographica Lodziensia* 63: 39-79.
- Klatkova H. 1993. „Niektóre cechy glacialnych osadów warty w środkowej Polsce”. *Acta Geographica Lodziensia* 65: 99-140.
- Klatkova H. 1995. „Remarks on the Warta Stage in Middle Poland”. *Acta Geographica Lodziensia* 68: 95-108.
- Król E., L. Wachecka-Kotkowska. 2015. „Anizotropia podatności magnetycznej jako potencjalne narzędzie wyznaczenia kierunków paleopórądków na osadach glacialnych na obszarze pomiędzy Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (środkowa Polska)”. *Acta Geographica Lodziensia* 103: 79-97.
- Marks L. 1992. Osady i formy rzeźby lodowcowej i wodnolodowcowej. W *Czwartorzęd. Osady, metody badań, stratygrafia*, 92-153. Warszawa: Wyd. PAE.

- Marks L., A. Ber, W. Gogołek, K. Piotrowska 2006. Mapa Geologiczna Polski w skali 1:500 000. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny.
- Molewski P. 2007. Neotektoniczne i glacydynamiczne uwarunkowania wykształcenia plejstocenu Wysoczyzny Kujawskiej. Toruń: Wyd. Naukowe UMK.
- Mycielska-Dowgiałło E. 1980. Wstęp do sedimentologii (dla geografów). Kielce: WSP.
- Narloch W., J.A. Piotrowski, W. Wysota, K. Tylmann. 2015. „Till formation under a soft-bedded palaeo-ice stream of the Scandinavian Ice Sheet, constrained using qualitative and quantitative microstructural analyses”. *Sedimentary Geology* 326: 64-78.
- Niewiarowski W. 1971. „Ułożenie kamieni w utworach morenowych ostatniego lądolodu na terenie Dolnego Powiśla”. *Zeszyty Naukowe UMK, Nauki Mat.-Przyr.* 26, *Geografia VIII*: 31-49.
- Piotrowski J.A., N.K. Larsen, J. Menzies, W. Wysota. 2006. „Formation of subglacial till under transient bed conditions: Deposition, deformation, and basal decoupling under a Weichselian ice sheet lobe, central Poland”. *Sedimentology* 53 (1): 83-106.
- Racinowski R. 1973. Badanie osadów morenowych. W *Metodyka badań osadów czwartorzędowych*: 436-453. Warszawa: Wyd. Geologiczne.
- Roman M. 2010. Rekonstrukcja lobu płockiego w czasie ostatniego zlodowacenia. *Acta Geographica Lodziensia* 96.
- Roman M. 2012. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Gostynin (481). Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.
- Różycki S.Z. 1972. Plejstocen Polski Środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie Warszawa: PWN.
- Rutkowski J. 1995. O niektórych strukturach kierunkowych i sposobach ich przedstawiania. W: *Badania osadów czwartorzędowych*: 204-219. Warszawa: Uniwersytet Warszawski.
- Salamon T. 2012. „Rekonstrukcja kierunków ruchu lodu w obrębie lobu górnej Odry”. *Przegląd Geologiczny* 60 (10): 539-545.
- Turkowska K. 2006. Geomorfologia regionu łódzkiego. Łódź: Wydawnictwo UŁ.
- Wachecka-Kotkowska L. 2004. Ewolucja doliny Luciąży – uwarunkowania klimatyczne a lokalne. *Acta Geographica Lodziensia* 86.
- Wachecka-Kotkowska L. 2015. Rozwój rzeźby obszaru między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedbórzem w czwartorzędzie. Łódź: Wydawnictwo UŁ.
- Wachecka-Kotkowska L., P. Czubła, M. Górską-Zabielska, E. Król. 2012. „Poligeneza pagóra w okolicach Mąkolic na wododziale Wisły i Odry na Wysoczyźnie Bełchatowskiej, region łódzki”. *Acta Geographica Lodziensia* 100: 161-178.
- Wysota W. 2002. Stratygrafia i środowiska sedymentacji zlodowacenia wisły w południowej części dolnego Powiśla. Toruń: Wydawnictwo UMK.
- Wysota W. 2004. „Facje glin subglacialnych zlodowacenia wisły w południowej części dolnego Powiśla”. *Przegląd Geologiczny* 52 (4): 347-349.

MEASUREMENTS OF TILL FABRIC ORIENTATION IN THE MORAINIC TILLS FOR RECONSTRUCTION OF THE ICE FLOW DIRECTION IN THE PIOTRKÓW TRYBUNALSKI, RADOMSKO AND PRZEDBÓRZ (CENTRAL POLAND)

SUMMARY

Abstract. The article presents the results of measurements of the longer axes orientation in the morainic tills at 11 sites and 12 outcrops in zones I–IV of the glacial forms in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz. Zone III located in the western part of the said area corresponds to the well-recognised Widawka lobe in the Łódź region. Zones I, II and IV in the eastern part of the study area associated with the hypothetical Pilica-Luciaza lobe (S part of the Rawka lobe) and both coming from the Warta ice-sheet. Measurements of fabric clasts in zone III proved that the ice sheet has arrived from NNW and NW (330°–340°). In zones I, II, and IV transgression came from the NNE and NE (357°–52°). The lobe reached the Kamieńsk–Rzejowice–Przedbórz line. In the Łódź hump, the meridian belt between Kamieńsk and Łódź fabric tills are of various orientation interpreted as a confluence of the two lobes.

Key words: morainic till, till fabrics, Wartanian ice-sheet, Łódź Region, central Poland

Till fabrics orientation was carried out in glacial till in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz, until

recent years almost entirely interpreted as extraglacial terms of the maximum range of the Wartanian ice sheet in central Poland. Recon-

struction of ice flow directions in each of the highlighted zones I–IV of the glacial forms would be one way to answer to the question of the hypothetically established relationship of till in the whole SE Łódź Region covered by the Warta ice-sheet (Fig. 1), and generally verify the hypothesis calling into question the existence of the interlobal zone in SE part of Łódź Region (cf. Turkowska 2006).

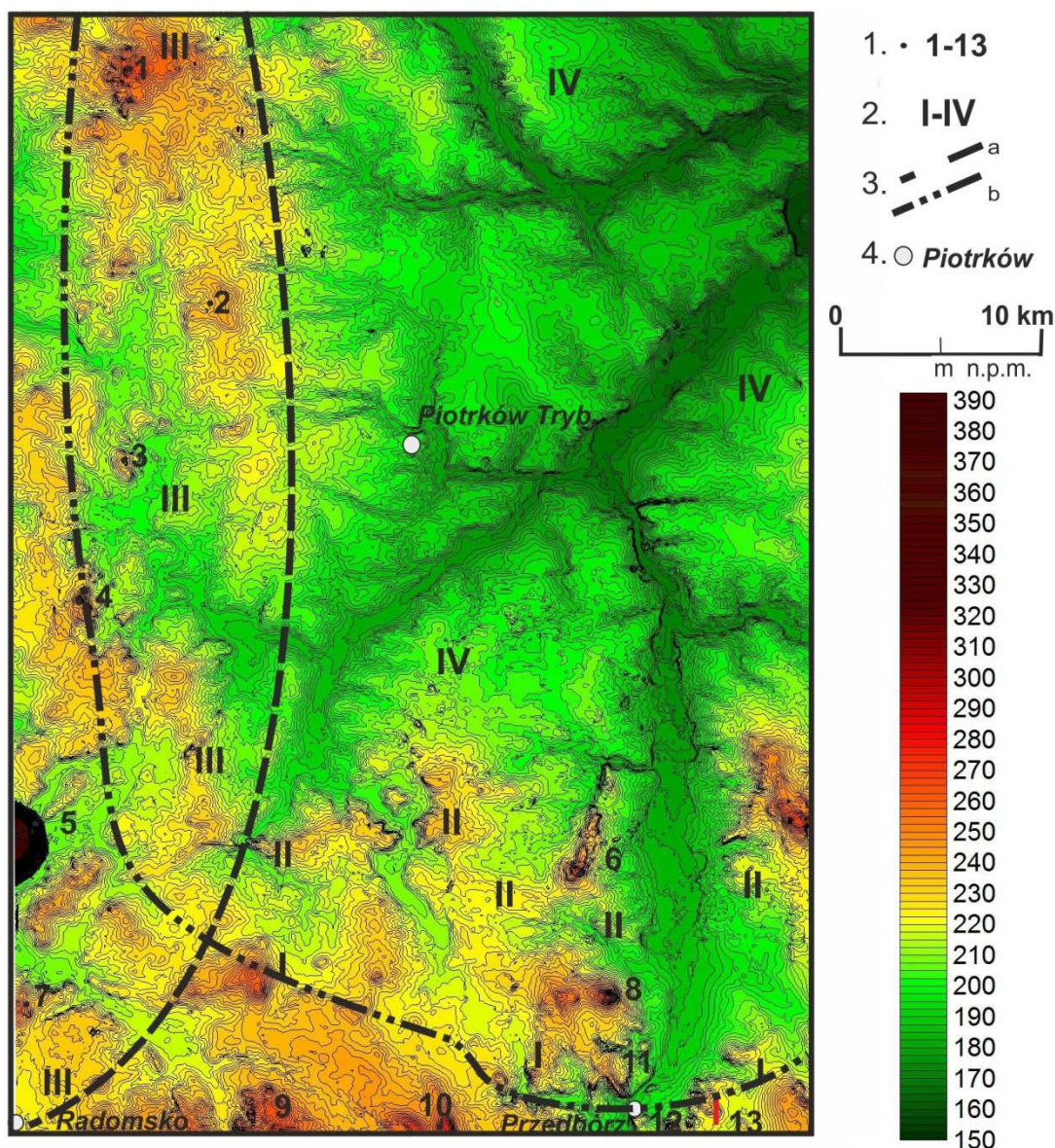
Main results of the characteristics of the directional tills are shown in four zones (Figs 2–6; Tab. 1) against the test results along the axis of the Łódź hump completed in the nineties under the direction by Klatkova (1992, 1993, 1995) (Fig. 7). In the south of the study area (zone I) ice sheet covered the proximal part of the basal till glaciofluvial cones against his forehead during transgression, creating glacial forms of marginal spread between outliers of the Mesozoic surface, situated above 250 m a.s.l. Statistical results of investigation conducted in the orientation of gravels in till at the Ochotnik and Kalinki sites and glacial striae in Dęba prove that the palaeotransportation ran generally from the north, which was in line with axis of the central part of the Pilica valley. A more detailed analysis of azimuth and inclination of the axis of till fabrics clearly shows the local adaptation of transport to the formation of substratum.

In the central part of the area (zone II), the ice sheet also transgressed from the north (Szczepanowice $A = 4,5^\circ$). Bimodality in the distribution of gravels in Daniszewice and slide direction change of NNW ($A = 330\text{--}340^\circ$) associated with the Kleszczów Graben which might have forced a longer stop of the ice-masses axis along the Dobryczyce moraines and a small oscillation of the NW and/or postglacial till on the fossil slope.

In the Bełchatów Plateau (zone III) results of the axis direction confirmed was the crossing of ice transport directions in the Łódź hump from NW and NE (Fig. 7). First, glacial masses sprang from the NE (Kamieńsk $A = 21^\circ$), deforming the ground and squeezing of the San 2 till (Mąkolice III). Then there was a transgression from the NW/NNW (Mąkolice III and V $A \text{ ca } 330^\circ$). In the interlobate zone, depending on the location, the influx of ice masses from the east and/or west participated in different proportions. Generally, this is to assume a confluence of both lobes – the Widawka and Rawka ones.

In the Piotrków Plain (zone IV) the Wartanian ice sheet inflowed from NE and NNE directions. At the Rokszyce and Piotrków Focus Mall sites, the azimuth calculated *ca* 52° refers to the direction of the axis of the fossil Włodzimierzów and Niechcice valleys (now the lower Luciąża valley – see Wachecka-Kotkowska 2004). The bimodality of the directions N and NE shows different preferences the Pilica sector (S–N) and the lower Luciąża (SW–NE). On the plain ground moraine in the northern part of the study area also documented were traces of ice transport from the western sector (Lewkówka $A = 350^\circ$).

The interpretation directions of the Wartanian ice masses transgression allows to draw following conclusions. The Warta ice-sheet inflowed not only in the western part of the investigated area of the NNW and NW ($330\text{--}340^\circ$) as Widawka lobe, but also on the previously interpreted as an extraglacial area (in relation to the Warta transgression) of N, NE and NNE ($357\text{--}52^\circ$) as a Pilica-Luciąża lobe. It used the old valley routes reaching the northern slopes of the highlands in the vicinity of Przedbórz. On the Łódź hump came to a confluence of the Warta ice lobes from west (Widawka lobe) and east (Rawka, Pilica and Luciąża lobes).



Model cyfrowy rzeźby (DTM) obszaru między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem na podstawie map topograficznych 1:10 000, układ 1992 (cięcie poziomicowe 2,5 m)

1 – wybrane kulminacje terenu: 1 – Górki Duże (274 m n.p.m.), 2 – Pagórki Boryszewskie (242 m n.p.m.), 3 – Mąkolice (236 m n.p.m.), 4 – Borowa Góra (278 m n.p.m.), 5 – Góra Kamieński (384 m n.p.m.), 6 – Czartoria (267 m n.p.m.), 7 – Biała Góra (252 m n.p.m.), 8 – Bąkowa Góra (287 m n.p.m.), 9 – Górki k/Zakrzowa (275 m n.p.m.), 10 – Góra Chełmo (323 m n.p.m.), 11 – Majowa Góra (245 m n.p.m.), 12 – Brzustek (268 m n.p.m.), 13 – Miejskie Pola (247 m n.p.m.) i Sokola Góra (241 m n.p.m.); 2 – strefy form glacygenicznych: strefa I – Wzgórza Radomszczańskie i Grzbiet Przedborski, strefa II – Wzgórza Dobryrzyckie, strefa III – Wysoczyzna Bełchatowska, strefa IV – Równina Piotrkowska; 3 – zasięgi łobów: a – Widawki, b – Pilicy-Luciaży (część S lobu Rawki); 4 – główne miejscowości

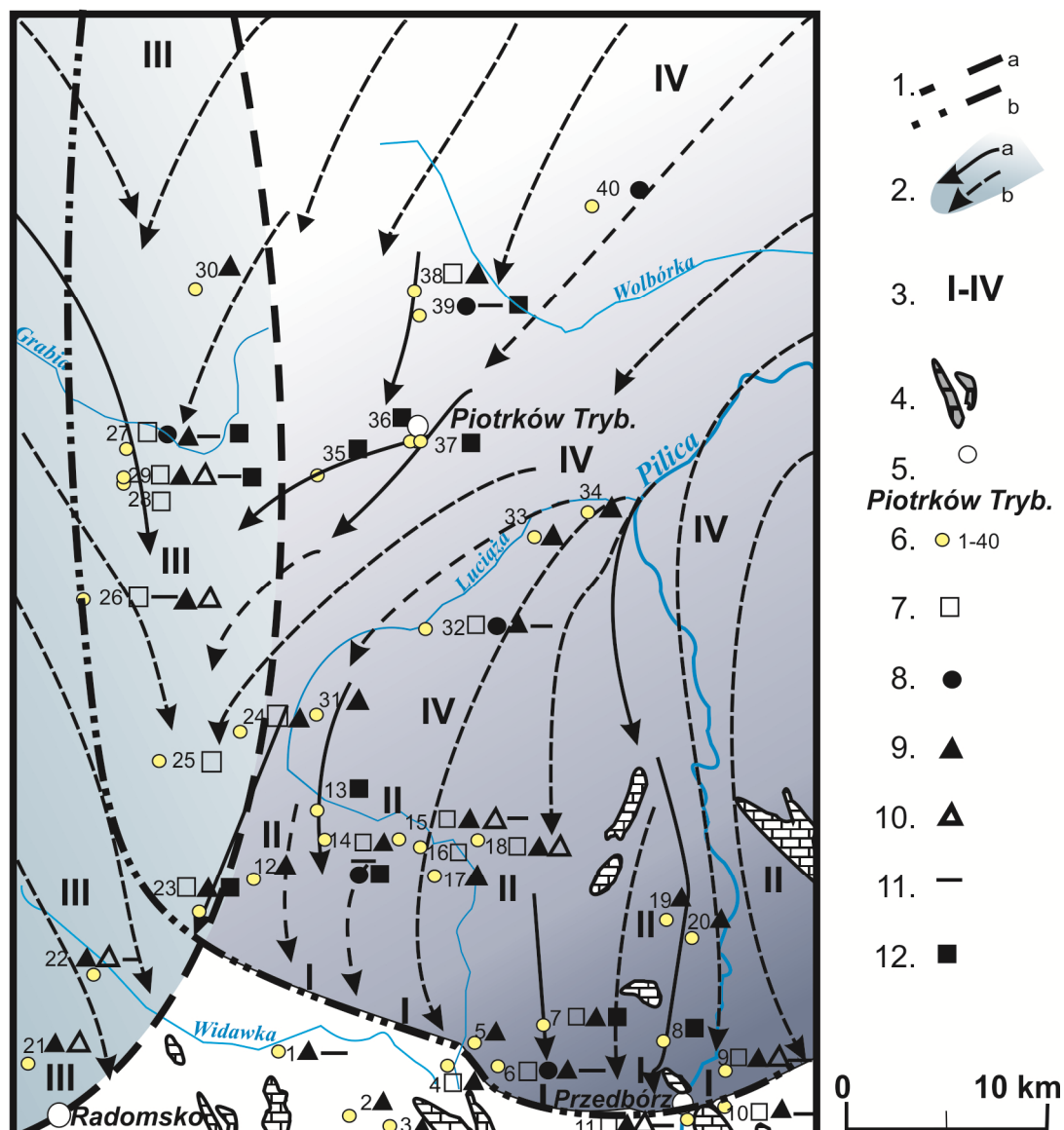
Digital terrain model (DTM) of the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz based on topographic maps of 1:10 000, 1992 system (contour lines every 2.5 m)

1 – selected elevations: 1 – Radomsko Hills (274 m a.s.l.), 2 – Boryszów Hills (242 m a.s.l.), 3 – Mąkolice (236 m a.s.l.), 4 – Borowa Hill (278 m a.s.l.), 5 – Kamieński Mt. (384 m a.s.l.), 6 – Czartoria (267 m a.s.l.), 7 – Biała Hill (252 m a.s.l.), 8 – Bąkowa Hill (287 m a.s.l.), 9 – Hills near Zakrzów (275 m a.s.l.), 10 – Chełmo Mt. (323 m a.s.l.), 11 – Majowa Hill (245 m a.s.l.), 12 – Brzustek (268 m a.s.l.), 13 – Miejskie Pola (247 m a.s.l.) and Sokola Hill (241 m a.s.l.); 2 – zones of glacygenic forms: zone I – Radomsko Hills and Przedbórz Range; zone II – Dobryrzyckie Hills, zone III – Bełchatów Plateau, zone IV – Piotrków Plain; 3 – limits of lobes: a – Widawka, b – Pilica-Luciaża (S part of the Rawka lobe); 4 – main cities

Typ i liczba analiz wykonanych dla glacialnych utworów powierzchniowych

Type and number of analyses made for glacial areal deposits

STREFA	Numer i nazwa stanowiska	Typ analizy					Anizotropia podatności magnetycznej (AMS)	Orientacja głazików
		Minerały ciężkie	Petrografia żwirów		20–60 mm (w tym TGZ)			
			z glin ziarna > 20 mm (w tym TZG)	wodnolodowcowych				
I. WZGÓRZA RADOWSZCZAŃSKIE /GRZBIET PRZEDBORSKI	1. Kuźnica Piaszcyce				2		1	
	2. Małowana Wola				1			
	3. Biestryków Mały				1			
	4. Rzejowice-Borki	1			1			
	5. Wola Przerębska				1			
	6. Masłowice PGR	1	1		2		1	
	7. Ochotnik	1			2			1
	8. Kalinki							1
	9. Ludwików	2			1	1	1	
	10. Miejskie Pola	2			1		1	
	11. Jabłonna				1	1	1	
II. WZGÓRZA DOBRYSZYCKIE	12. Gertrudów				1			
	13. Szczepanowice							1
	14. Daniszewice	6	1		4		1	1
	15. Teklin I	2			5	1	1	
	16. Teklin II	2						
	17. Jelica-Grabowiec				1			
	18. Kolonia Trzepnica	3			1	1		
	19. Kolonia Ręczno	3			1			
20. Zbyłowice				1				
III. WYSOCZYNA BĘLCHATOWSKA	21. Stobiecko Szlacheckie				3			
	22. Dobryszycie Małutkie				3	1	1	
	23. Kamięnsk	1			3		1	1
	24. Gościnna-Wilkoszewice	2			2			
	25. Wola Niechcicka Stara	1						
	26. Borowa III, Moników	2			3	1	1	
	27. Mąkolice III, I	1	1		2		1	2
	28. Mąkolice IV	1						
	29. Mąkolice V	3			3	1	1	1
	30. Boryszów				1			
IV. RÓWNIANA PIOTRKOWSKA	31. Rajsko				1			
	32. Łazy Dąbrowa (Łazy Duże)	3	1		1		1	
	33. Kłudzice Nowe				1			
	34. Polanka				1			
	35. Rokszyce							1
	36. Piotrków Trybunalski Focus Mall							1
	37. Piotrków Trybunalski ul. Kobyłeckiego							1
	38. Lewkówka I	1	1		6			
	39. Lewkówka III						1	1
	40. Moszczenica		1					



Kierunki napływu mas lodowych w strefie marginalnej lobu Widawki i Pilicy-Luciaży na tle lokalizacji stanowisk badawczych

1 – zasięgi lobów: a – Widawki, b – Pilicy-Luciaży (część S lobu Rawki); 2 – kierunki napływu lodu: a – wyznaczone na podstawie badań, b – przypuszczalne; 3 – strefy form glacialicznych; 4 – nunataki/ostańce (wzgórza zbudowane ze skał mezozoicznych); 5 – główne miejscowości; 6 – stanowiska badawcze i miejsca poboru próbek do badań (zgodnie ze spisem w tabeli obok); 7 – analiza minerałów ciężkich; 8 – petrografia glin; 9 – petrografia osadów wodnolodowcowych 4–10 mm; 10 – petrografia osadów wodnolodowcowych (20–60 mm); 11 – analiza anizotropii podatności magnetycznej (AMS); 12 – pomiary orientacji gładzików w glinie

Ice flow directions in the marginal zone of the Widawka and Pilica-Luciaża lobes against the location of investigated sites

1 – lobes limits: a – Widawka, b – Pilica-Luciaża (S part of the Rawka lobe); 2 – ice flow directions: a – designated under the study, b – presumed; 3 – zone of glacial forms; 4 – nunataks/monadnocks (hill built of Mesozoic rocks); 5 – main cities; 6 – sites and places of sampling for testing (according to a list in Table); 7 – heavy minerals analyses; 8 – till petrography; 9 – glaciofluvial deposits petrography (4–10 mm); 10 – glaciofluvial deposits petrography (20–60 mm); 11 – anisotropy of magnetic susceptibility analysis (AMS); 12 – measurements of the fabric tills orientation