



Pochodzenie materiału skalnego użytego do budowy kolegiaty z Tumu koło Łęczycy

Elżbieta Poźniak¹, Ewa Słaby^{2,3}, Jerzy Nitychoruk¹



E. Poźniak



E. Słaby



J. Nitychoruk

Mała miejscowość Tumu koło Łęczycy znana jest przede wszystkim z zabytku architektury romańskiej, kolegiaty, będącej największą świątynią romańską w Polsce (ryc. 1). Reprezentuje ona typ bazylikowy trzynawowy. Trzy absydy zamykają budowlę od wschodu, dwie kwadratowe wieże wieńczą elewację zachodnią. Świątynia zachowała w zasadniczym zarysie pierwotny układ przestrzenny z XII wieku. Poniżej posadzki znajdują się relikty znacznie starszych murów z poprzedzającego kolegiatę opactwa benedyktynów. Odsłonięte fragmenty są pozostałością budowli jednonawowej, zamkniętej absydą, do której przylegały od zachodu fundamenty dwóch prostokątnych obiektów. Elementy te były składowymi bryłami, mierzącej ok. 9 × 24 m, którą rozebrano podczas budowy kolegiaty, zapewne w latach 40. XII wieku (Świechowski, 2000). Tę wcześniejszą konstrukcję wzniesiono u schyłku X wieku (Poklewski-Kozieł, 1995) lub początku XI (Świechowski, 2000).

Mury pierwotnej budowli posadowione były na fundamentach wzniesionych z gładów eratycznych, łączonych zaprawą gliniano-wapienną (Świechowski, 2000). Zachowane relikty pierwotnych ścian cechuje strefowy układ z licowaniami i narożnikami wykonanymi z ciosów piaskowca. Nadbudowane w XII wieku ściany wzniesiono również z kamienia narzutowego, jednakże obrabianego w regularną kostkę. Materiał ten jest ciekawy nie tylko z punktu widzenia estetyki budowli. Wiele „kostek” to eratyki przewodnie, na podstawie których można odtworzyć obszary alimentacyjne i ścieżki wędrówki eratyków z tychże stref do okolic Tumu.

Rozpoznanie typów eratyków i ich korelacja z obszarami macierzystymi oparta została na podziale zaproponowanym przez Czuble (2001). W opracowaniach statystycznych zebranego i zidentyfikowanego materiału posłużono się arkuszem kalkulacyjnym (Gałązka, 2004), pozwalającym na wyliczenie tzw. wskaźnika TGZ (*Theoretisches*

Geschiebezentrum, Teoretyczne Centrum Gładowe) (Lüttig, 1958). Teoretyczne Centrum Gładowe, określone dokładnymi współrzędnymi geograficznymi, wskazuje miejsce wychodni skał – źródła eratyków. Mapy zasięgów zlodowaceń posłużyły do wyznaczenia ścieżek transportu z obszarów alimentacyjnych.

Jak wspomniano, skały, z których zbudowano najstarszą, X–XII-wieczną część kolegiaty, stanowią materiał polodowcowy. Które ze zlodowaceń dostarczyło tego materiału? W otoczeniu Tumu, w podłożu osadów czwartorzędowych, występują skały starsze, jurajskie: wapień, margle, mułowce. Osady neogenu są wykształcone jako ility oraz piaski kwarcowe pojawiające się w zagłębieniach powstałych w obrębie skał jury. Nadległe osady czwartorzędowe charakteryzuje skomplikowana i zmienna litologia. Na zero-



Ryc. 1. Kolegiata z Tumu pod Łęczycą. Usytuowanie badanej ściany względem stron świata. Fot. E. Słaby

¹Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa.

²Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, Ośrodek Badawczy w Warszawie, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa.

³Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrologii, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa.

dowanej warstwie gliny zwałowej o miąższości od 5 do 15 m, z dużą ilością żwiru i gładzików, leżą ły warwowe oraz piaski ze żwirami ze stadiału mazowiecko-podlaskiego (Domośławska-Baraniecka, 1957), odpowiadającego zlodowaceniowi warty (Lindner, 1992). Powyżej znajduje się druga warstwa gliny zwałowej z wkładkami piasków i żwirów, zaliczona przez Domośławską-Baraniecką (1957) również do stadiału mazowiecko-podlaskiego. W glinach tych pojawiają się duże głązy, a nawet ich skupiska. Osady młodsze – zlodowacenia wisły – reprezentowane są przez piaski wypełniające pradolinę Bzury–Neru. Najmłodszymi osadami są piaski rzeczne pojawiające się w dolinie głównej i dolinkach bocznych oraz torfy w dolinie Neru datowane na holocen.

W okolicach Tumu, w miejscowości Borki, występują gliny zwałowe mocno wzbogacone w części stropowej w bruk pochodzący z ich rozmywania. W pobliżu Sławęcina (ok. 16 km na północny zachód od Tumu) zachodzi wzbogacenie osadów budujących morenę czołową w materiał głazowy. Zarówno w Borkach, jak i w Sławęcinie opisywane głązy są dostępne do eksploatacji.

Mur kolegiaty zbudowano głównie z eratyków pochodzenia magmowego i metamorficznego (ok. 75%), a w drugiej kolejności – ze skał osadowych (ok. 25%). Drobnziarnisty piaskowiec kwarcowy, którego użyto do wykonania portalu i większości elementów o znaczeniu dekoracyjno-konstrukcyjnym (obramowania okien, kolumnienek okien wieżowych, gzymsów, a także okantowania narożników obu wież), nie pochodził ze Skandynawii. Zastosowano tu bloki znacznych rozmiarów – niektóre z nich mierzą

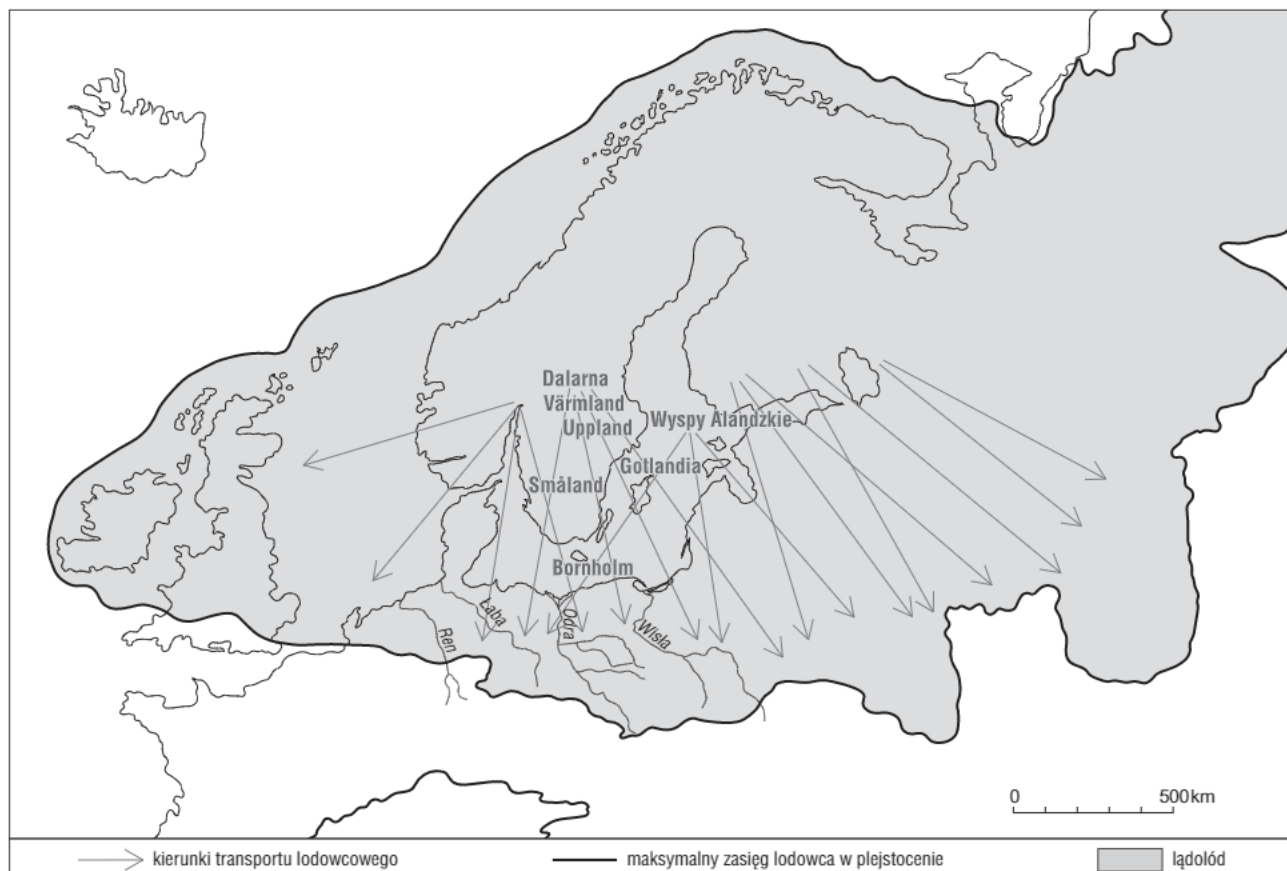
nawet ok. 75×55 cm (względnie 75×45 cm) (Walicki, 1938) – a tak dużej wielkości eratyki piaskowcowe bardzo rzadko się zachowywały. Poza tym, wśród piaskowców skandynawskich dominują czerwone piaskowce jotnickie i bałtyckie o bardzo mocno przekrzystalizowanym spoiwie krzemionkowym, zupełnie niepodobne do tych, które wykorzystano do budowy wymienionych elementów kolegiaty.

Obszarem alimentacyjnym skał magmowych i metamorficznych wbudowanych w mur może być zarówno niemalże cała Skandynawia (ryc. 2), jak i rejon dna Bałtyku. Dodatkowo, podczas ruchu lądolodów mogło dochodzić do inkorporacji materiału skalnego z napotykanego na drodze podłoża Niżu Środkowoeuropejskiego (Czubła, 2001). W materiale, jak wspomniano, dominują granity i gnejsy o zróżnicowanych cechach, dzięki którym część z nich można przypisać do konkretnego obszaru źródłowego (Meyer, 1983).

Obszary, z których mogły pochodzić eratyki, to:

1. Wyspy Alandzkie i północny Bałtyk;
2. Dalarna i Värmland;
3. Uppland i okolice Sztokholmu;
4. Småland i przyległy obszar dna Bałtyku;
5. Bornholm i Skania;
6. zachodnia Szwecja i południowa Norwegia;
7. południowa Finlandia i region Zatoki Fińskiej;
8. północna Szwecja;
9. dno środkowego i wschodniego Bałtyku i Gotlandia.

Położenie tych rejonów, jak również kierunki rozprzestrzeniania się mas lodu na teren Polski zaznaczono na rycinie 2.



Ryc. 2. Mapa maksymalnego zasięgu lądolodu w plejstocenie z zaznaczonymi obszarami alimentacji i ścieżkami transportu (źródło: <http://www.uni-muenster.de>)

Poddana analizie ściana kolegiaty w Tumie biegnie z zachodu na wschód (ryc. 1). Jest to mur typu rzędowego, wzniesiony techniką *opus emplectum*⁴. W murze wyraźnie rozpoznawalne są skały z czterech pierwszych obszarów alimentacyjnych. Udział pozostałych grup (oprócz skał osadowych grupy ósmej) jest niewielki. Podobieństwo niektórych typów skał jest często znaczne, co utrudnia ich przypisanie właściwej grupie – np. pyterlity zachodniofińskie są prawie nieodróżnialne od swoich odpowiedników z Wysp Alandzkich. Teoretyczne Centrum Głazowe policzone dla skał w ścianie wskazuje, że dominującym obszarem pochodzenia materiału jest Skandynawia. Materiał z Wysp Alandzkich i północnego Bałtyku stanowi prawie 36%, z Dalarny i Värmlandu ok. 34%, z Upplandu i okolic Sztokholmu – ok. 23%, nieznaczny udział przypada grupie skał ze Smålandii i Bornholmu oraz Skanii (5%).

Tak więc wśród badanych kostek skały skandynawskie stanowią ok. 98% ogólnej populacji. Najłatwiejszą do rozpoznania, a jednocześnie najliczniejszą grupą jest ta składająca się ze skał pochodzących z obszaru Wysp Alandzkich oraz północnego Bałtyku. Dominującymi typami są granity oraz porfiry alandzkie. Wśród granitów dwie odmiany występują z dużą częstością: granit o charakterze groszkowym (specyficzne wykształcenie skaleni) (ryc. 3A, B – patrz na str. 646) oraz granit rapakiwi o wyraźnej, czasem mniej, ale prawie zawsze obecnej i diagnostycznej szarobiałej otoczce zwietrzałego plagioklazę wokół czerwonych owoidów skaleni alkalicznych. Owoidy skaleni

osiągają rozmiary do 15 mm, a ich zabarwienie jest nieco jaśniejsze od ceglasczerwonego, miejscami szarego tła skalnego. Dodatkowo zaobserwowaną cechą granitu rapakiwi jest ograniczona ilość kwarcu, najczęściej o okrągłym pokroju.

Z wymienionej grupy skał z Wysp Alandzkich w murze znajdują się także ryolity (porfiry) z wyraźnymi groszkowymi kwarcami oraz jasnymi, kremoworóżowymi skaleniami potasowymi (ryc. 3C – patrz na str. 646) – tzw. alandzkie porfiry kwarcowe – oraz pochodzące z dna Bałtyku czerwone porfiry bałtyckie (ryc. 3D – patrz na str. 646) (wystąpienie ok. 100 km na południowy zachód od Wysp Alandzkich). Te ostatnie charakteryzują się afanitową masą skalną barwy brunatnoczerwonej, w której z trudnością rozpoznać można fenokryształy skaleni, a także – nieco wyraźniejsze – kwarcu. Wśród eratyków występują pojedyncze okazy granitu Haga (Czubla i in., 2006). Typową cechą tej skały jest obecność skaleni w otoczeniu szarych kwarców (pyterlit).

Dość liczną grupę, obok eratyków alandzkich, tworzą skały z rejonów Dalarny i Värmlandu (ryc. 4). Szczególnie częste są tu dwa typy: porfiry Venjan i Bredvad. Pierwszy z porfirów (ryolitoidów), o różowym, afanitowym tle skalnym, charakteryzuje się dużą zawartością szarych plagioklazów, często o kwadratowym pokroju. Natomiast porfir Bredvad jest ceglasto-szarą skałą z pustymi zagłębieniami po zwietrzałych plagioklazach. Sporadycznie występują granity Siljan oraz Järna. Granit Siljan obok widocznego



Ryc. 4. Granit Siljan – jeden z eratyków z Dalarny i Värmlandu występujących w ścianie (śr. monety 19 mm). Fot. E. Poźniak

⁴*Opus emplectum* – technika konstrukcji muru polegająca na układaniu jego zewnętrznej i wewnętrznej części z ociosanych bloków kamiennych i wypełnieniu przestrzeni między nimi pokruszonym kamieniem zalany zaprawą (http://pl.wikipedia.org/wiki/Opus_emplectum).

biotytu i drobnych skupisk innych minerałów ciemnych zawiera liczne plagioklasy i czerwone skalenie alkaliczne.

Eratyki z Upplandu i okolic Sztokholmu (ryc. 5) występują rzadziej od grupy Dalarna–Värmland. Wynikać to może z faktu, że skały te są bardziej podatne na procesy wietrzenia (Czubla, 2001). Ich naturalna dezintegracja jest łatwa do zaobserwowania na obszarze wybrzeża środkowej Szwecji (Marczinski, 1968). Jedynym odpornym przedstawicielem grupy jest granit sztokholmski (ryc. 5A), bardzo podobny do granodiorytu strzeelińskiego, jednak bardziej drobnoziarnisty, w niektórych przypadkach zawierający zwietrzałe skalenie o odcieniu różowym. Należący do tej grupy granit Graverfors wyróżnia się dużymi skaleniami alkalicznymi o średnicy 8–12 mm oraz niebieskawym kwarcem. Być może część użytych do budowy muru granitów to granity Uppsala o podobnych niebieskich kwarcach. Kwarc w skałach z rejonu Upplandu (wspomniany granit Uppsala) nie zawsze jest niebieskawy – czasami bywa szary (Meyer, 1983).

Zabarwienie kwarcu w sposób jednoznaczny wskazuje na pochodzenie materiału skalnego z rejonu Smålandii i dna Bałtyku. Jest to niejednokrotnie podstawą do rozpoznania eratyków z tego regionu (Marczinski, 1968). We fragmencie analizowanej ściany zidentyfikowano znaczne ilości skał z Växjö ze skupiskami ciemnych minerałów, niebieskawym kwarcem oraz dominacją skaleni o barwie szaro-czerwonej. Znalezione również grubokrystaliczny granit Uthamar, zawierający poza kwarcem prawie wyłącznie skałen potasowy, sporadyczne plagioklasy oraz zwietrzały biotyt.

Ponadto istnieje teoretyczne prawdopodobieństwo pojawienia się materiału z rejonów Bornholmu, Skanii, zachodniej Szwecji, południowej Norwegii oraz dna środkowego Bałtyku. Nie udało się jednak rozpoznać żadnej skały z wymienionych grup. Może to być efektem bardzo niskiej zawartości skał z tych grup w glinach młodszych od odrzańskich (Czubla, 2001).

Próba korelacji eratyków z okresami zlodowaceń

Jednym z pytań, jakie geoturysta postawiłby, oglądając materiał skalny wbudowany w ściany kolegiaty, jest: z którym zlodowaczeniem można by go było skorelować? Teren najbliższy kolegiacie został pokryty osadami stadiału mazowiecko-podlaskiego (Domosławska-Baraniecka, 1957), czyli zlodowacenia warty. Jednakże po przeanalizowaniu zasięgów zlodowaceń przedstawionych przez różnych autorów można przypuszczać, że prawdopodobieństwo korzystania przez budowniczych kolegiaty z materiału vistuliańskiego jest również wysokie. Istotnym argumentem jest stwierdzenie znacznych ilości skał upplandzkich (ok. 23%) w ścianie kolegiaty, co pozwala sądzić, że materiał użyty do budowy mógł być związany ze zlodowaczeniem wisły.

Zlodowacenie wisły.

Granica zasięgu zlodowacenia wisły przebiega ok. 60 km na północ od Tumu. Lob Wisły w fazie poznańskiej sięgał do wsi Maliniec – seria z Malińca i Mikorzyn (Pazdur i in., 1980; Wysota i in., 2008). Oddalone o ok. 60 km od Tumu pagóry Wału Malanowskiego i Złotych Gór powstały wprawdzie podczas zlodowacenia warty, lecz w momencie, kiedy



Ryc. 5. Najpowszechniej występujące w ścianie eratyki z Upplandu i okolic Sztokholmu (śr. monety 19 mm) – granit sztokholmski. Fot. E. Poźniak

stanowiły barierę dla transgredującego lądolodu zlodowacenia wisły, w ich obrębie akumulowany był grubszy materiał głazowy. Można uznać to nagromadzenie głazów za źródło materiału użytego do budowy.

Do budowy kolegiaty wykorzystano ogromne ilości surowca skalnego. Musiał on spełniać wymogi odpowiedniego wymiaru oraz wytrzymałości. Z uwagi na ten fakt można mniemać, że odległość, w jakiej znajdował się odpowiedni materiał, nie odgrywała znaczącej roli. Czynnikiem ograniczającym była selekcja, a może nawet tylko dostępność. Możliwe, że potrzeba nagromadzenia dużej ilości budulca skłoniła budowniczych do sprowadzania skał nawet z odległości ponad 60 km. Być może wówczas nie znano wielu miejsc występowania takiego materiału, a bazowano na tych, które już wcześniej były eksploatowane. Pomimo takiej argumentacji wiele faktów wskazuje na pochodzenie materiału głazowego z utworów zlodowacenia warciańskiego i leżących w najbliższym otoczeniu kolegiaty.

Zlodowacenie warty.

Za podstawową informację uznano obliczony TGZ, pozwalający wyprowadzić wniosek o pochodzeniu skał ze ściany. Wyniósł on 17,09°E i 59,86°N, co wskazuje na brzeżną część sektora charakterystycznego dla zlodowacenia warty. W tym miejscu należy nadmienić, że w badaniach czwartorzędu Mazowska typy petrograficzne zlodowacenia warty i wisły znajdują się w podobnych pozycjach na wykresach TGZ (Gałązka, 2004). Nierzadkim zjawiskiem jest obecność domieszek zespołów głazowych. I tak też w tym przypadku można by uznać, że skały Upplandu

są jedynie domieszką o charakterze vistuliańskim w kompleksie skał warciańskich. Jest to wprawdzie 23%, jednak dopuszczalne w uznaniu tego za akcesorium.

Ważną kwestię stanowią wydzielone zasięgi zlodowaceń. „Glacjał warty” (nazwa i jednostka stratygraficzna) został rozpoznany i wprowadzony przez Woldstedta (1927). Wyzaczył on zasięg lądolodu wzdłuż moren czołowych w rejonie Kalisza, Łodzi i Grójca. Granica zasięgu zlodowacenia wisły przebiegała znacznie dalej na północ. W strefie między oboma zasięgami zlodowaceń występują wyraźne formy rzeźby glacialnej (m.in. Terpiłowski, 2001; Klajnert, 2004; Żarski, 2004 – wszystkie cytowania za Harasimiukiem i in., 2004). W krajobrazie zaznaczają się moreny czołowe (głównie typu spiętrzonego), moreny akumulacyjne oraz zespoły pagórków kemowych. Na Wyżynie Łódzkiej określa się maksymalny zasięg zlodowacenia warty na podstawie obecności glin zwałowych i głazów narzutowych. Na obszarze zlodowacenia warty gliny zwałowe są głównymi utworami występującymi na powierzchni terenu (zajmują jej 30–80%). To pozwala stwierdzić, że możliwości poboru materiału warciańskiego były wręcz nieograniczone ze względu na powszechność występowania osadów tego wieku. Prawdopodobieństwo wykorzystania skał vistuliańskich wydaje się niskie. Odległość od wyznaczonej granicy zasięgu zlodowacenia wisły do Tumu to ok. 60 km w linii prostej. Zważywszy na możliwości transportowe w XII wieku, można uznać, że materiał pozyskiwano z terenów przyległych, najbliższych, a nie angażowano się w tak zaawansowaną, jak na tamte czasy, spedycję.

W nieznacznej odległości od Tumu (13–17 km) znajdują się wspomniane wcześniej nagromadzenia materiału skalnego pochodzenia warciańskiego. W wierceniach archiwalnych z okolic Łęczycy między warstwami glin zlodowacenia warty stwierdzono duże głazy, a miejscami ich skupiska. Koło Borka, Bronna i Parsek występują piaski i żwiry ze znaczną zawartością głazów (Domosławska-Baraniecka, 1957). Może to świadczyć o istnieniu w przeszłości miejsc bogatych w materiał budowlany. Mogły być one wtedy również dostępne i nawet łatwiejsze do eksploatacji.

Warto również zwrócić uwagę na pas moren kutnowskich na linii Sławoszew–Sławęcina–Grabów. Powstał on w momencie postępu lądolodu. Następową wtedy znaczna akumulacja osadów. Grubszy materiał skalny pochodzący z powierzchni lądolodu oraz materiał przemyty gromadziły się jako moreny czołowe (Domosławska-Baraniecka, 1957). Obecne w tych utworach głazy, szczególnie te osiągające 10–20 cm, są doskonałym materiałem budulcowym. Osady budujące taras nadzalewowy przecinają pas moren kutnowskich. Dziś są to tereny podmokłe, powstałe przypuszczalnie w miejscach wcześniejszych potoków, którymi być może spławiano materiał skalny wydobywany ze wzgórz morenowych na południe od Tumu. Odległość nie była duża, a i transport wodny był znacznie prostszy. Obecnie

tego rodzaju osady z warstw warciańskich są pozyskiwane w Sławęcynie i Drzykoczach. Możliwe, że niegdyś miejsca eksploatacji głazów polodowcowych znajdowały się również nieco bliżej Tumu.

Zakończenie

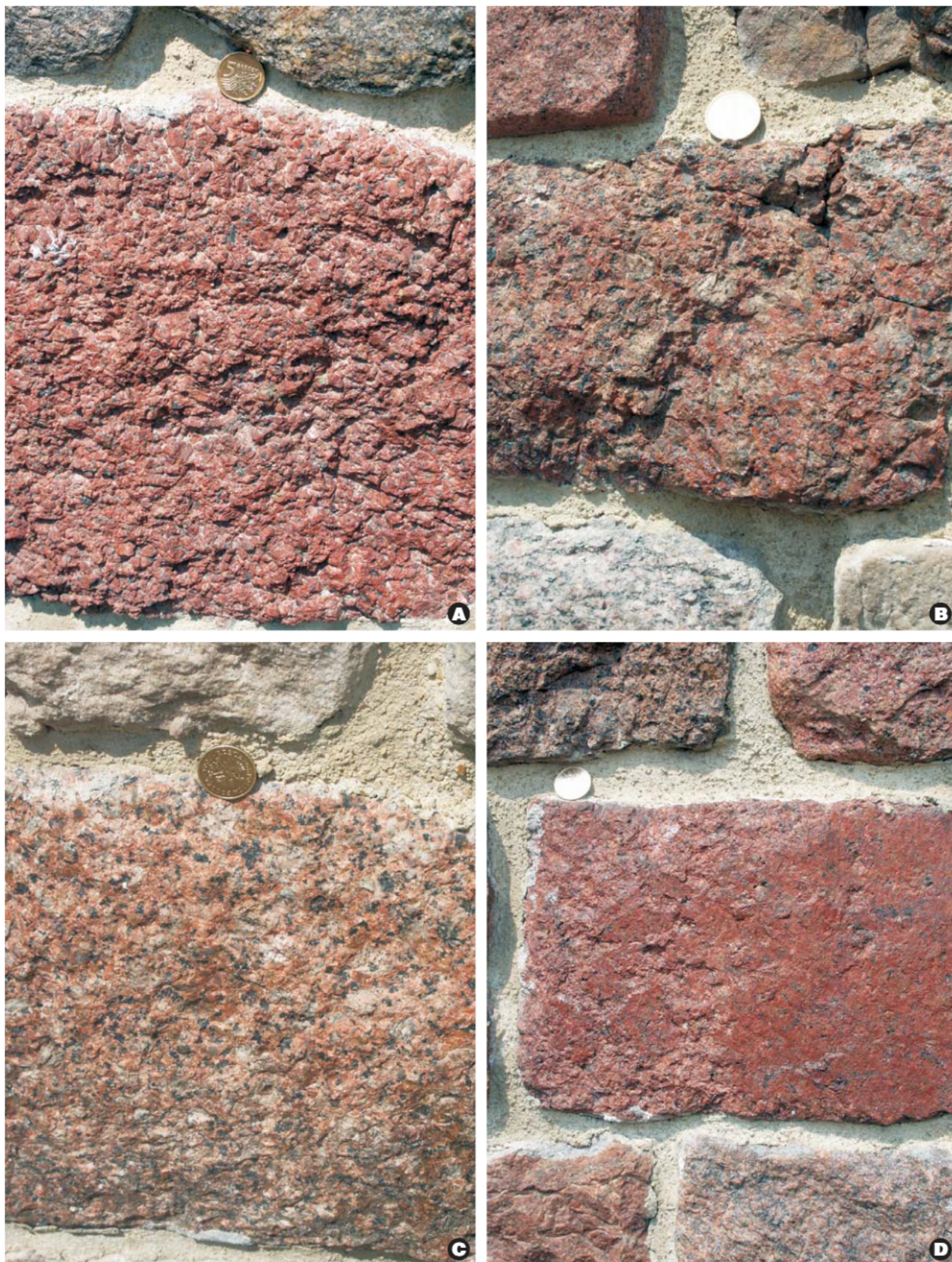
Tum jest wspaniałym miejscem, zarówno pod względem historycznym, jak i turystycznym i geoturystycznym. Daje wyjątkową możliwość studiowania różnorodnych typów skał: magmowych, metamorficznych, a także osadowych. Unikalność tych okolic polega również na tym, że można tu zrekonstruować bogatą historię transportu lodowcowego, przyporządkowując materiał głazowy konkretnym zlodowaceniom. Warto byłoby pomyśleć o umieszczeniu w pobliżu kolegiaty tablicy, która pokazywałaby historię pochodzenia materiału głazowego wykorzystanego do wzniesienia tej wspaniałej budowli.

Autorzy dziękują dr. P. Czubli za bardzo wnikliwą i konstruktywną recenzję.

Literatura

- CZUBLA P. 2001 – Eratyki fennoskandzkie w utworach czwartorzędowych Polski Środkowej i ich znaczenie stratygraficzne. *Acta Geogr. Lodz.*, 80: 174.
- CZUBLA P., GAŁĄZKA D. & GÓRSKA M. 2006 – Eratyki przewodnie w glinach morenowych Polski. *Prz. Geol.*, 54, 352–362.
- DOMOSŁAWSKA-BARANIECKA M.D. 1957 – Objąsnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Łęczycza (N 34-135C). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GAŁĄZKA D. 2004 – Zastosowanie makroskopowych badań eratyków do okrelenia stratygrafii glin lodowcowych środkowej i północnej Polski. Praca doktorska, Uniwersytet Warszawski (niepublikowana).
- HARASIMIUK M., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., RUTKOWSKI J. & TERPIŁOWSKI S. (red.) 2004 – Zlodowacenie warty w Polsce. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Komitet Badań Czwartorzędu PAN, Lublin.
- LINDNER L. (red.) 1992 – Czwartorzęd. Osady, metody badań, stratygrafia. Wydaw. PAE SA: 683.
- LÜTTIG G. 1958 – Methodische Fragen der Geschiebeforschung. *Geol. Jahrbuch*, 75: 361–418.
- MARCZINSKI R. 1968 – Zur Geschiebekunde und Stratigraphie des Saaleglazials (Pleistozän) im nördlichen Niedersachsen zwischen Unterweser und Unterelbe. *Rotenb. Schr. Sonderh.*, 11: 132.
- MEYER K.-D. 1983 – Indicator pebble and stone count methods. [W:] Ehlers J. (red.) *Glacial deposits in North-West Europe*. Balkema, Rotterdam: 275–287.
- POKLEWSKI-KOZIEŁŁ T. 1995 – Kolegiata w Tumie k. Łęczycy. Miejska Biblioteka Publiczna, Łęczycza.
- ŚWIECHOWSKI Z. 2000 – Architektura romańska w Polsce. Wydaw. DiG, Warszawa.
- WALICKI M. 1938 – Kolegiata w Tumie pod Łęczyczą. Wydaw. Łódzkiego Obywatelskiego Komitetu Ratowania Kolegiaty w Tumie, Łódź.
- WOLDSTEDT P. 1927 – Über die Ausdehnung der letzten Vereisung in Norddeutschland. *Sitz.-Ber. Preuss. Geol. Landesanst.*, 2: 115–119.
- WYSOTA W., MOLEWSKI P. & SOKOŁOWSKI R.J. 2008 – Dynamika lobu Wisły podczas ostatniego zlodowacenia w świetle nowych badań. *Landform Analysis*, 9: 264–266.

Pochodzenie materiału skalnego użytego do budowy kolegiaty z Tumu koło Łęczycy (patrz str. 666)



Ryc. 3. Eratyki z Wysp Alandzkich najpowszechniej występujące w murze kolegiaty w Tumie. **A, B** – granity alandzkie. Fot. E. Stąby; **C** – alandzki porfir kwarcowy. Fot. E. Poźniak; **D** – czerwony porfir bałtycki. Fot. E. Poźniak

