

BADANIA GEOLOGICZNE MATERIAŁÓW KAMIENNYCH WCZESNOŚREDNIOWIECZNYCH BUDOWLI KRAKOWA

GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF STONWORK OF EARLY MEDIAEVAL BUILDINGS IN KRAKÓW

JAN BROMOWICZ¹, JANUSZ MAGIERA¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki badań skał użytych we wczesnośredniowiecznych budowlach Krakowa. Analiza zróżnicowania zastosowanego materiału, jego kształtów i wymiarów z uwzględnieniem znajomości budowy geologicznej okolicy miasta i możliwości złożowych w obrębie wychodni rozpoznanych w budowlach skał, pozwala na wnioskowanie o umiejętnościach wykonawców w zakresie obróbki kamienia, jego transportu i metod pozyskiwania. Informacje te są istotne przy ustaleniu sukcesji użycia poszczególnych materiałów, pozwalają też typować miejsca ich wydobywania.

Szczegółowe opisy skał w dostępnych murach budowli wykazały obecność wśród nich: dolnokredowych zwięzłych piaskowców i jurajskich wapieni o podzielnosci cienkopłytovej, dolnokredowych zwięzłych piaskowców o podzielnosci grubopłytovej, jurajskich wapieni o nieregularnej podzielnosci i miękkich ciosowych piaskowców z przełomu kredy i paleogenu (istebniańskie). Dwie pierwsze z wymienionych odmian skał występują w najstarszych, przedromańskich budowlach Wawelu, piaskowce zwięzłe o grubopłytovej podzielnosci zastosowano w murach wawelskiego kościoła św. Gereona i kościoła klasztoru Benedyktynów w Tyńcu. Wapienie o nieregularnej podzielnosci należą do najwcześniejszej i najpowszechniej stosowanych materiałów wykorzystywanych zarówno do wykonania fundamentów, jak i wypełnienia wnętrza murów o licach płytkowych. Po opanowaniu obróbki stały się surowcem do wyrobu kształtek prostopadłościenne. Miękkie ciosowe piaskowce pojawiły się jako ostatni materiał kamienny wprowadzony do krakowskiego budownictwa romańskiego. Umożliwiały one pozyskiwanie dużych brył do wyrobu kolumn i płyt nagrobnych.

Przeprowadzone analizy wykazały dużą jednorodność w zakresie stosowanych odmian skał i równocześnie wyraźne zróżnicowanie w doborze materiału stosowanego w różnych częściach budowli. Ich najważniejsze fragmenty zawierają najbardziej jednorodny materiał danej odmiany. Od powyższej zasady odbiegają mury najstarszej części klasztoru Dominikanów, co pozwala wnioskować o pochodzeniu kamiennego materiału z różnych budowli zniszczonych wskutek nieznanego dziś kataklizmu. Rekonstrukcje architektoniczne uwzględniające objętość użytego materiału pozwalają na ocenę wielkości wyrobisk potrzebnych do jego uzyskania, a wymiary detali architektonicznych wskazują na wykorzystanie występowania piaskowców istebniańskich w formie odrębnych skałek.

Słowa kluczowe: budownictwo romańskie, materiały kamienne, Kraków.

Abstract. Stones used in early mediaeval buildings in Kraków were investigated. Analysis of diversity of stones used in the buildings, their shape and size, with regard to the geology and resources of the Kraków vicinity, allowed evaluating skills of ancient miners, carriers and stonecutters. It helped considerably in reconstructing of a succession of different stones and sites of their quarrying.

The following stone types have been recognized: thin-plated compact sandstone (Carpathian flysch; Lower Cretaceous) and limestone (Upper Jurassic); thick-plated compact sandstone (Carpathian flysch; Lower Cretaceous); massive, irregularly breaking limestone (Upper Jurassic); soft, regularly splittable (dimension) Istebna sandstone (Carpathian flysch; Cretaceous/Paleocene).

Thin-plated sandstone and limestone were used in the oldest, pre-Romanesque buildings on the Wawel Hill. Thick-plated limestone was applied in the walls of the Romanesque church of Wawel's St. Gereon and in the Benedictines Abbey church in Tyniec. Irregular limestone clumps have been commonly used since the very early stages for both constructing of the foundations and filling interior of the walls faced with slabs and plates. Later, as the stonecutters skills developed, regular blocks and bricks were cut from the massive limestone. The soft Istebna sand-

¹ Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: magiera@geol.agh.edu.pl

stone appeared the last in the Romanesque buildings. Its thick-bedded deposits yielded large blocks suitable for cutting columns and tombstones.

Analysis revealed that various types of the stones were relatively very homogeneous. On the other hand, stones used in different parts of buildings were considerably variable. The only exception are the walls of the oldest part of the Dominicans convent. The stones used there stemmed probably from various, earlier demolished structures.

Volume of the stones used in buildings, estimated from the architectonic reconstructions, points to the size of ancient quarries. The largest elements were probably cut from blocks quarried from rocks (tors) or cliffs developed on natural outcrops and easily mined.

Key words: Romanesque architecture, stonework, Kraków.

WSTĘP

Autorzy wykonali badania we wszystkich dostępnych do obserwacji obiektach (fig. 1), w miarę możliwości pobrali próbki do badań mikroskopowych poprzedzonych opisami z użyciem lupy binokularnej. Dla niedostępnych obiektów przeprowadzono studia literaturowe w poszukiwaniu informacji dotyczących materiałów kamiennych. Wyniki badań były podstawą do rozważań na temat różnego pochodzenia

kamienia, możliwych miejsc jego pozyskiwania, ilości użytych materiałów kamiennych, sposobów ich wykorzystania, a także sukcesji ich pojawiania się w budowlach. Celem artykułu jest ukazanie pożytku wynikającego z wykorzystania wiedzy geologicznej do pełnej charakterystyki wczesnośredniowiecznej architektury Krakowa.

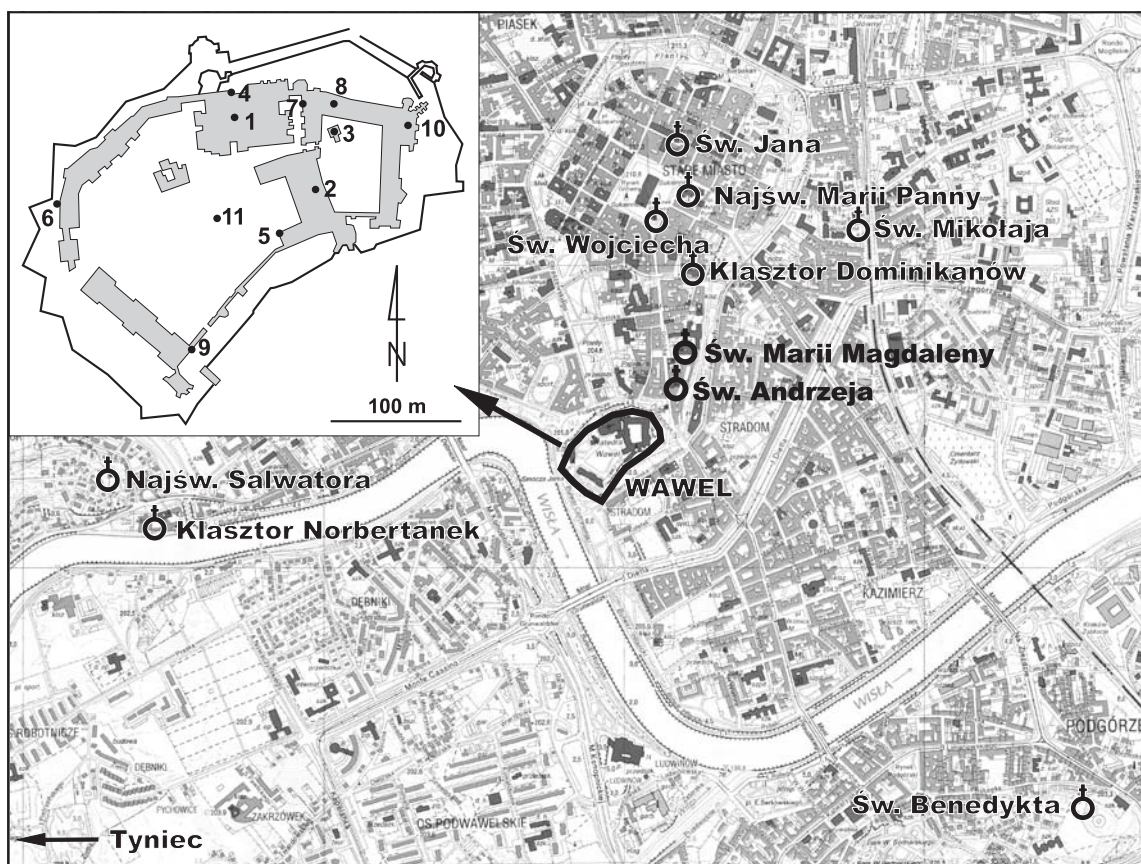


Fig. 1. Rozmieszczenie wczesnośredniowiecznych budowli Krakowa (Bromowicz, Magiera, 2008)

Budowle wawelskie: 1 – katedra, 2 – rotunda św.św. Feliksa i Adaukta, 3 – budowla czworokątna z korytarzykiem, 4 – rotunda po północnej stronie katedry, 5 – rotunda B, 6 – brama w wale obronnym grodu, 7 – bazylika zw. św. Gereona, 8 – palatium (tzw. sala o 24 słupach), 9 – rotunda koło Baszty Sandomierskiej, 10 – wieża obronna (tzw. stołp), 11 – kościół św. Michała

Early mediaeval buildings in Kraków (after Bromowicz, Magiera, 2008)

Wawel Hill buildings: 1 – cathedral, 2 – rotunda of St. Felix and Adauct, 3 – “quadrangular” building with corridor, 4 – rotunda N of the cathedral, 5 – church B, 6 – gate tower in the defense wall, 7 – church allegedly under the invocation of St. Gereon call, 8 – Palatium (chamber with 24 columns), 9 – rotunda near Sandomierska tower, 10 – defence tower (called stołp), 11 – St. Michael’s Church

MATERIAŁY KAMIENNE I ICH POCHODZENIE

W przedromańskich budowlach wyróżniane są trzy rodzaje skał (Kozieł, 1998). Wśród kamieni budowli wczesnośredniowiecznych, a więc także i romańskich, pojawiają się jeszcze dwa, co w rezultacie daje pięć podstawowych rodzajów stosowanego kamienia: piaskowce zwięzłe o podzielnosci cienkopłytowej, wapienie o podzielnosci cienkopłytowej, piaskowce zwięzłe o podzielnosci grubopłytowej, wapienie o podzielnosci nieregularnej i piaskowce miękkie, ciosowe (Bromowicz, Magiera, 2008).

Piaskowce zwięzłe o podzielnosci cienkopłytowej są opisywane głównie z budowli wawelskich (fig. 1). Poza Wawelem użyto ich do wzniesienia rotundy Św. Benedykta na wzgórzu Lasoty (Zin, Grabski, 1966).

Szczegółowo opisano je z rotundy św. św. Feliksa i Adaukta oraz z budowli czworokątnej z korytarzykiem. W murach rotundy występują dwa typy piaskowców różniące się obecnością laminacji i niejednorodnym uziarnieniem. Porównanie ich udziału w różnych fragmentach muru dało zaskakująco zgodny obraz (fig. 2). Znamienne są również wymiary użytych płytek o wysokości głównie w granicach 4–6 cm, przy długościach sięgających 50 cm. Są to w znacznej większości piaskowce twarde, o barwie szarej z lekko zielonkawym odcieniem. Zawierają niekiedy okruchy węgla o wielkości do 2 mm. W obrazie mikroskopowym charakte-

rystyczny jest udział, niekiedy bardzo licznych, igieł gąbek krzemionkowych (fig. 3A), a wśród okruchów skalnych przewaga wapieni i obecność łupków chlorytowych (tab. 1). W skład spoiwa, w różnych proporcjach, wchodzi: krzemionka, kalcyt i minerały ilaste (fig. 3B).

Obserwacje potwierdzają przypuszczenia o pochodzeniu opisywanego materiału z Karpat, najprawdopodobniej z okolic Wieliczki (Szyszko-Bohusz, 1918). Są to piaskowce należące do warstw gezowych, grodzkich i lgockich, odsłaniające się na południe od Wieliczki w obrębie jednostki podśląskiej i w brzeżnej części jednostki śląskiej (Burtan, 1954).

Rekonstrukcje rotundy św. św. Feliksa i Adaukta pozwalają na ocenę objętości użytego materiału i odniesienie jej do wielkości wyrobiska koniecznego do uzyskania takiej ilości kamienia. W zależności od przyjętej koncepcji rekonstrukcyjnej (Szyszko-Bohusz, 1918; Żurowska, 1983) jego objętość wynosiła 340 lub 792 m³, co wymagało wyrobiska o znacznych rozmiarach. Podobieństwo w udziale różnych odmian piaskowców w odmiennie usytuowanych fragmentach murów przy małych wysokościach kształtek może wskazywać na użycie materiału z osypów na zboczach wzniesień utworzonych na wychodniach ogniwi zawierających piaskowce. Nie można też wykluczyć wtórnego użycia materiału z układanych bez zaprawy murów otaczających karpacie grodziska (Bromowicz, Magiera, 2003).

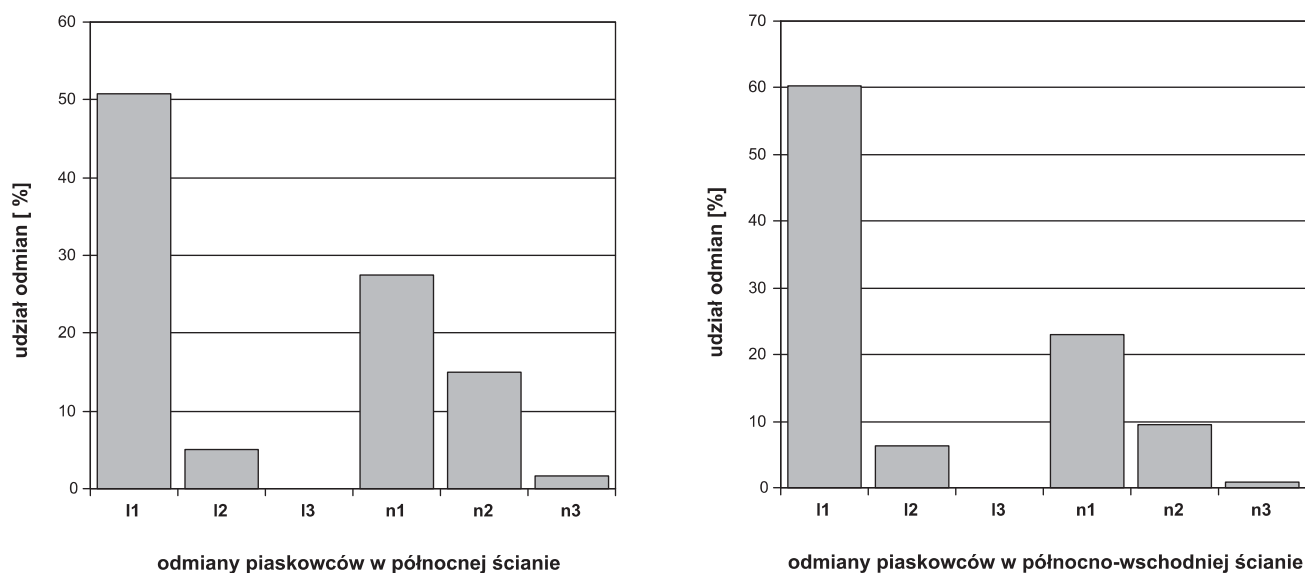


Fig. 2. Udział poszczególnych odmian piaskowców w różnych fragmentach murów rotundy św.św. Feliksa i Adaukta

Struktura: l – piaskowce laminowane, n – piaskowce nielaminowane; **tekstura:** 1 – drobno-, 2 – średnio-, 3 – gruboziarniste

Distribution of sandstone varieties in the original parts of the walls of St. Felix and Adaukt's rotunda

Structure: l – laminated, n – non laminated; **texture:** 1 – fine grained, 2 – medium grained, 3 – coarse grained

Tabela 1

Piaszkowce związane o podzielnosci cienkoplytowej w obserwacjach mikroskopowych

Microscopic petrography of compact thin-plated sandstone

Numer próbki	Barwa świeża	Barwa zwiędzła	Wielkość ziarna [mm]		Struktura	Rodzaj (upakowanie) ziarn	Charakterystyczne składniki ziarnowe				Spoiwo	Uwagi	
			od-do	średnia			igły gąbek	miki	glaukonit	okruchy wapieni			
R-1	szara	brązowa	0,1–2,0	0,7	laminowana	wolne	+	-	-	+++	+++	w	silna korozja
R-2	zielonkawoszara	żółtawoszara	0,03–0,5	0,2	kierunkowa	ustalone	-	++	++	-	-	+, k-il, w	muskowit i biotyt
R-3	szara	brązowa	0,03–0,2	0,1	laminowana	wolne	-	-	++	++	++	+++	okruchy węgla
R-4	szara, siwa	brązowa	0,03–0,3	0,1	laminowana	wolne	+++	-	-	-	++	+++	geza wapienista
R-5	zielonkawoszara	jasnobrązowa	0,03–0,5	0,1	bezlądna	wolne	-	+	+	+	++	+++	muskowit i biotyt
R-6	czerwona	wiśniowa	0,03–0,3	0,1	laminowana	nieustalone	+	+	+	-	-	++	hematyt w spoiwie
R-7	szara	szaroróżowa	0,06–5,0	0,5	bezlądna	wolne	+	+	-	+++	+++	+++	piryt
R-8	ciemnoszara	żółtobrązowa	0,06–5,0	0,5	bezlądna	wolne	-	-	-	++	++	+++	piryt
R-9	zielonkawoszara	brunatnobrązowa	0,06–0,2	0,2	laminowana	wolne	-	++	++	+	+	+++	piryt
Cz-II/3	szara	brązowa	0,06–0,4	0,15	laminowana	wolne	++	+	+	+++	+++	+++	piryt

+++ – dużo, ++ – średnio, + – mało, „-” – brak; **spoiwo**: w – wapieniste, k – krzemionkowe, il – ilaste, ż – żelaziste+++ – very common, ++ – common, + – rare, “-” – absent; **matrix**: w – calcareous, k – siliceous, il – argillaceous, ż – ferruginous

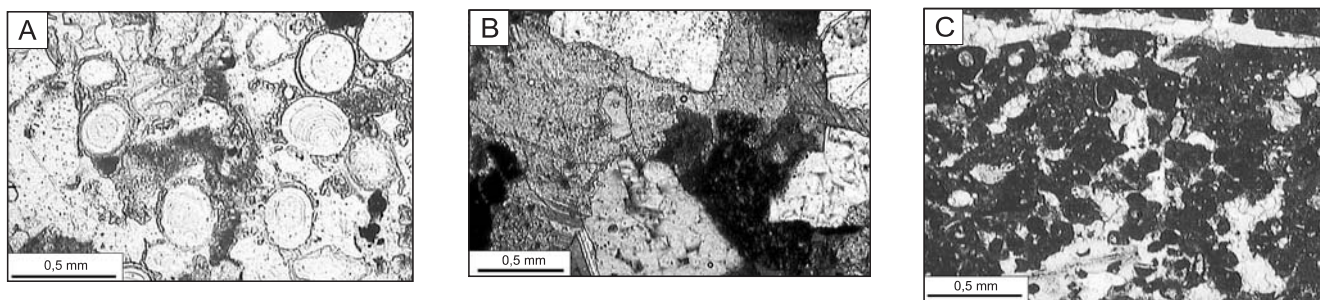


Fig. 3. **A.** Piaskowiec gezowy z muru rotundy św.św. Feliksa i Adaukta; mikrofotografia, jeden polaryzator. **B.** Piaskowce o obfitym spoiwie węglanowym z muru rotundy św.św. Feliksa i Adaukta; mikrofotografia, polaryzatory skrzyżowane. **C.** Wapień o podzielnosci cienkopłytkowej z murów przedromańskiej (chrobrowskiej) katedry na Wawelu; mikrofotografia, światło spolaryzowane, jeden polaryzator

A. Gaize sandstone from St. Felix and Adaukt's rotunda; microphotograph, plain light. **B.** Sandstone bound with coarse crystalline carbonate cement from St. Felix and Adaukt's rotunda; microphotograph, crossed polars. **C.** Thin-plated limestone from the walls of the pre-Romanesque Cathedral (Chrobrowska) on the Wawel; microphotograph, plain light

Wapień o podzielnosci cienkopłytkowej często towarzyszą opisanym powyżej piaskowcom, a niekiedy nad nimi przeważają (Firlet, Pianowski, 2000). Opisano je z wydobytych przez archeologów pozostałości katedry chrobrowskiej oraz z południowego muru aneksu rotundy św. św. Feliksa i Adaukta. Są to zwięzłe wapień pelityczne barwy białej i jasnobrązowej, z wyraźną skłonnością do dzielenia się na płytki o grubości 1 cm, niekiedy z odciskami amonitów. Pod mikroskopem widać, że podstawowym składnikiem skały jest mikryt w towarzystwie niekontaktujących się wzajemnie bio- i intraklastów stanowiących do około 20% objętości skały. Jest to typowe dla wakstonów (*wackestone*, Wright, 1992). Większość bioklastów to igły gąbek, ułożone równoległe do płaszczyzn podzielnosci wapienia (fig. 3C).

Oznaczenia paleontologiczne pozwalają przypuszczać, że opisywane wapień cienkopłytkowe występowały w obrębie Wzgórza Wawelskiego. Można zatem sądzić, że właśnie ta, występująca na miejscu, płytkowa odmiana wapienia była pierwszym kamiennym materiałem użytym w murach, a płytki piaskowcowe zastosowano, gdy zabrakło płytek wapiennych (Bromowicz, Magiera, 2003).

Piaskowce zwięzłe o podzielnosci grubopłytkowej zastosowano w budowie murów wawelskiego kościoła o domniemanym wezwaniu św. Gereona i tynieckiego kościoła klasztoru Benedyktynów (fig. 4A, B). Są to dosyć zwięzłe, wapniaste piaskowce o zróżnicowanym uziarnieniu, barwie głównie jasnoszarej, żółtawej. Obserwowana jest wśród nich pozioma, rzadziej falista laminacja (fig. 4C, D). W obrazach mikroskopowych charakterystyczna jest obecność okruchów węgla, glaukonitu, igieł gąbek wapiennych i krzemionkowych, a wśród okruchów skalnych, metamorficznych łupków łuszczkowych i fragmentów skał wapiennych. Ich spoiwo jest zróżnicowane, ze zmiennym udziałem krzemionki, węglanów w formie dużych, kalcytowych kryształów i minerałów ilastych (tab. 2).

Godne podkreślenia jest zróżnicowanie udziału poszczególnych odmian piaskowców w różnych częściach obu opi-

sywanych budowli. W licach murów zdecydowanie przeważają piaskowce średnioziarniste przy często znacznym udziale gruboziarnistych, podczas gdy w murach wewnętrznych absyd, ołtarzach czy też w kryptach dominują piaskowce drobnoziarniste w towarzystwie średnioziarnistych. Świadczy to o selektywnym doborze materiału. Wskazuje też na posiadanie zapasów zróżnicowanego strukturalnie i teksturalnie materiału, co może być świadectwem istnienia kamieniołomów.

Piaskowce te pochodzą z tych samych ogniw, co zwięzłe piaskowce o podzielnosci cienkopłytkowej, a większe wymiary użytego materiału są następnym argumentem za ich pochodzeniem z kamieniołomów. Stwierdzenie obecności w murach kościoła klasztoru tynieckiego materiału, którego kształty wskazują na wtórne użycie (fig. 5), pozwala sądzić o wykorzystaniu materiału piaskowcowego pochodzącego z rozbiórki starszych, być może wawelskich, budowli (Bromowicz, Magiera, 2007).

Wapień o nieregularnej podzielnosci pojawiają się najczęściej wśród kamieni użytych w budowach wczesnośredniowiecznego Krakowa. W formie brył o nieregularnych kształtach stanowią fundamenty najstarszych budowli, a także wypełniają mury budowane w technice *opus emplectum*. Stosowano je też jako materiał ozdobny, w formie obrobionych kształtek, uzyskując najbardziej charakterystyczny element romańskich budowli Krakowa (fig. 6). W dostępnych do obserwacji fragmentach murów przeważają zwięzłe wapień drobnodetrytyczne (ponad 75%) w towarzystwie pelitycznych, grubodetrytycznych i kredowatych pochodzących z wychodni o formach skalistych lub uławiconych. Wapień drobnodetrytyczne są zwięzłe, barwy szarej i szarobrązowej, po zwietrzeniu białej. Ich materiał okruchowy o wielkości sięgającej 2 mm jest rozpoznawalny makroskopowo dzięki barwie jaśniejszej lub ciemniejszej od jednolitego, pelitowego tła. W obrazach mikroskopowych wapień te różnią się głównie udziałem mikrytu w stosunku do materiału klastycznego. Są one wapieniami mikrytowymi (*calcimudstone*),

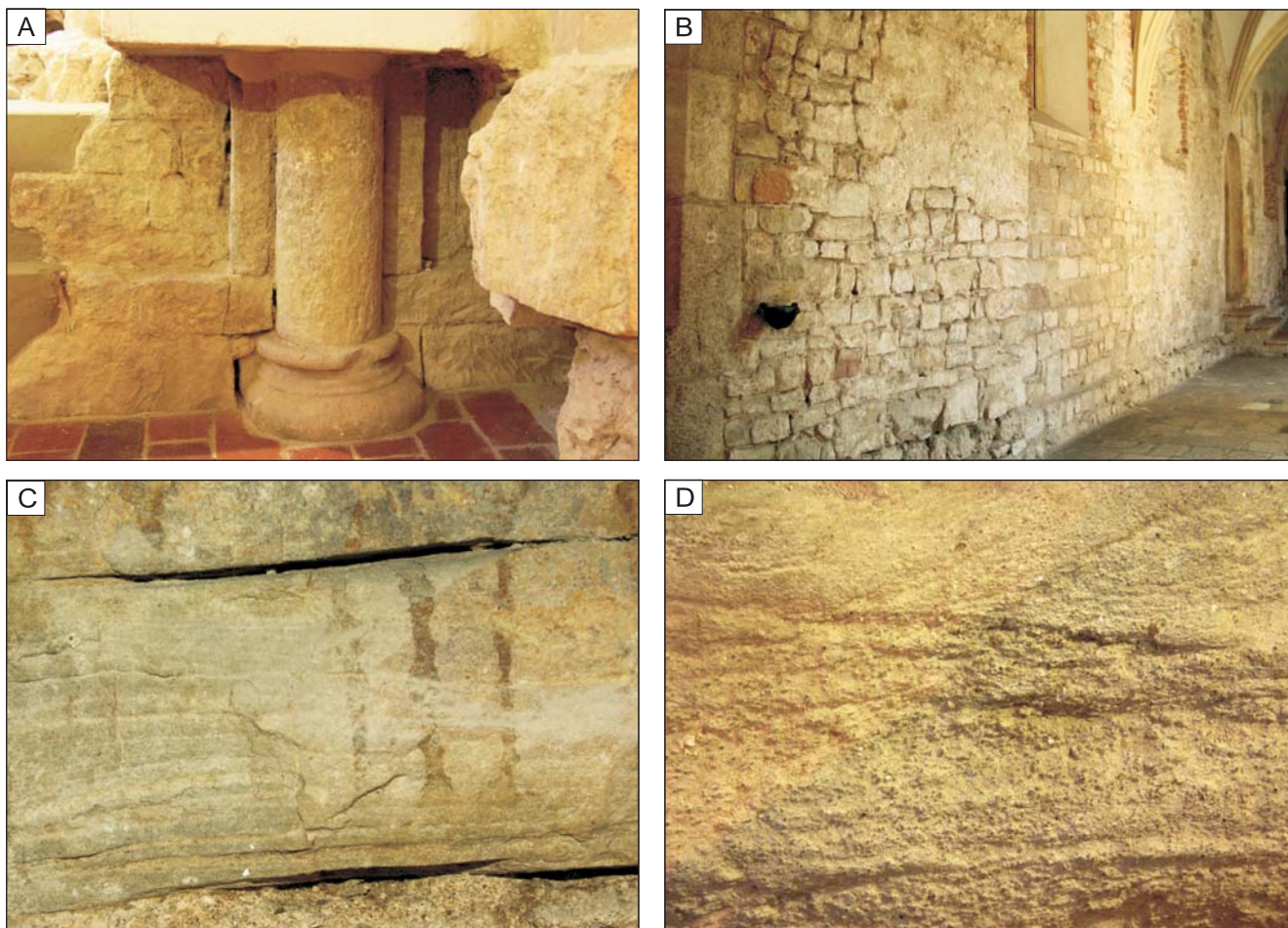


Fig. 4. **A.** Fragment murów kościoła zw. św. Gereona. **B.** Mur kościoła klasztoru Benedyktynów w Tyncu. **C.** Piaskowiec drobnoziarnisty laminowany z murów kościoła zw. św. Gereona. **D.** Piaskowiec gruboziarnisty, laminowany z murów kościoła zw. św. Gereona

A. Fragment of a wall of church allegedly under the invocation of St. Gereon call. **B.** Wall of the Benedictines Abbey church in Tyniec. **C.** Fine grained, laminated sandstone from the wall of church allegedly under the invocation of St. Gereon call. **D.** Coarse grained, laminated sandstone from the wall of church allegedly under the invocation of St. Gereon call



Fig. 5. Ściana kościoła klasztoru Benedyktynów w Tyncu
Kształt ciemniejszego kamienia wskazuje na jego wtórne użycie

Wall of the Benedictines Abbey church in Tyniec (a close-up)
The shape of the darkest stone in the center suggests its reuse

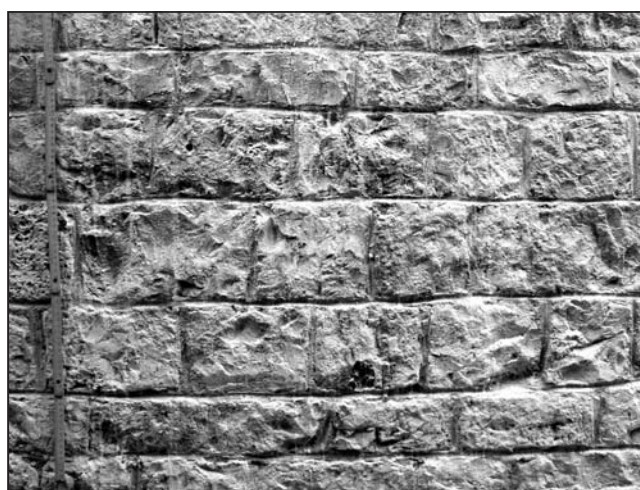


Fig. 6. Mur romański kościoła św. Wojciecha
Romanesque wall of St. Adalbert's Church

Tabela 2

Piaskowce zwięzłe o podzielnoci grubopłytkowej w obserwacjach mikroskopowych

Microscopic petrography of compact thick-plated sandstone

Typ piaskowca*	Numer próbki	Uziarnienie			Wieżba			Charakterystyczne składniki okruchowe					Spoiwo	Uwagi
		maksymalne	średnie	wysortowanie	rodzaj (upakowanie) ziarn	kontakty	skalenie	okruchy skalne	miki	inne	okruchy skalne	miki		
L/3/S	B-1	0,5	0,16	dobrze	wolne	brak	pojedyncze	wapnienie, skały krzemionkowe	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, wapniste krystaliczne	korozja
N/2/Z	B-2	0,8	0,18	dobrze	wolne	brak	pojedyncze	wapnienie, skały krzemionkowe	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, wapniste krystaliczne	korozja węgla, piryt
L/3/S	B-3	0,5	0,2	dobrze	wolne	brak	pojedyncze	wapnienie, skały krzemionkowe	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, wapniste krystaliczne	korozja węgla, piryt
N/3/S	B-4	0,5	0,2	dobrze	wolne	brak	pojedyncze	wapnienie, skały krzemionkowe	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, wapniste krystaliczne	korozja węgla, piryt
N/3/R	KB-1	1,5	0,4	złe	wolne nieustalone	nieliczne punktowe	pojedyncze	wapnienie, skały krzemionkowe, ilaste, gnejsy, wylewne	nieliczne	glaukonit, bioklasty	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, węglanowo-krzemionkowe	dużo dobrze obtoczonych ziarn
N/3/S	KB-2	0,4	0,25	średnie	wolne nieustalone	nieliczne punktowe	nieliczne	wapnienie, skały krzemionkowe	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	nieliczne	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, węglanowo-krzemionkowo-ilaste	węgiel (do 1 mm), piryt
L/2/Z	KB-3	0,26	0,06	dobrze	wolne	brak	brak	brak	brak	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	muskowit biotyty	glaukonit, igły gąbek i inne bioklasty	bogate, opalowo-ilaste z węglanami	węgiel, skała jest czertem
N/2/Z	KB-6	0,72	0,2	dobrze	wolne nieustalone	punktowe proste	pojedyncze	nieliczne wapnienie, skały krzemionkowe	nieliczny muskowit	glaukonit bioklasty	nieliczny muskowit	glaukonit bioklasty	krzemionkowe, z drobnonaziarnistego kwarcu	węgiel, piryt, w spoiwie kryształowy kalcytowy

* **Tekstura:** N – nielaminowany, L – laminowany; **struktura:** 1 – grubo-, 2 – średnio-, 3 – drobnonaziarnista; **barwa:** R – różowa, S – szara, Z – zielona, Ż – żółta* **Structure:** N – massive, L – laminated; **texture:** 1 – coarse, 2 – medium, 3 – fine grained; colour: R – pink, S – gray, Z – green, Ż – yellow

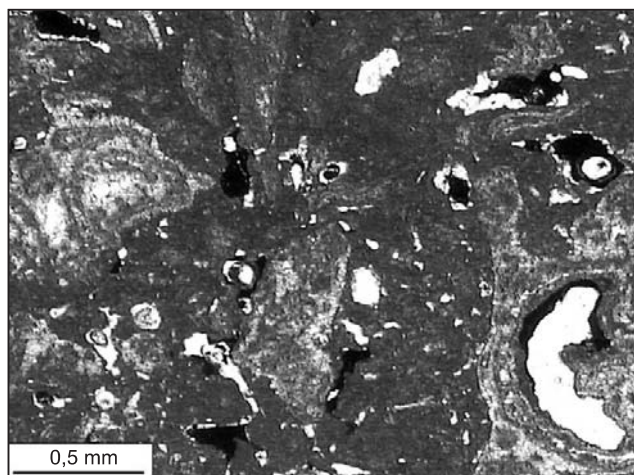


Fig. 7. Wapienie o sztywnym szkielecie – framestone (próbka PS-13) zepółnocnej ściany kościoła Najświętszego Salwatora

Mikrofotografia, jeden polaryzator

A limestone (framestone) from the northern wall of St. Salvator's Church

Microphotograph, plain light

wakstonami (*wackestone*), a najczęściej wapiennymi ziarnitami (*packstone*). Odmiany z największymi bioklastami, zwykle wzajemnie połączonymi zwapniałymi gąbkami (fig. 9), reprezentują wapienie o sztywnym szkielecie (*framestone*) (Wright, 1992).

Łupność zwana też łupliwością wapieni uławiconych sprawia, że są najlepszym surowcem dla wyrobu kształtek. Wapienie te w przeciwieństwie do skalistych rzadko tworzą wychodnie i stąd można wnosić o istnieniu kamieniołomów w okresie pojawienia się murów wykonanych z wapiennych kształtek (Bromowicz, Magiera, 2008). Porównanie wielkości użytych kształtek jest podstawą do wyróżniania kolejnych warsztatów zaangażowanych do wznoszenia poszczególnych budowli (Firlet, Pianowski, 1979).

Piaskowce miękkie, ciosowe są łatwe w obróbce, pochodzą z grubych, sięgających kilku metrów ławic, dających szansę wydobycia brył prostopadłościennych o znacznych wymiarach zwanych ciosami. Piaskowce te były wykorzystywane zwykle jako dodatek do murów wznoszonych z kształtek wapiennych. Układano je jako pojedyncze warstwy (wieża obronna – stołp), kilka warstw (kościół Najświętszego Salwatora), najczęściej jednak wykorzystywano je w węglach wznoszonych budowli (fig. 8, 9A). Były też surowcem stosowanym do wykonywania różnych detali architektonicznych, jak płyty nagrobne, kolumny, portale czy fragmenty ołtarzy (fig. 9B). Piaskowce te różnią się barwą i uziarnieniem. W obserwacjach mikroskopowych omawianych piaskowców charakterystyczne jest ich złe wysortowanie i znaczne upakowanie materiału okruszowego, duży udział skaleni, występowanie różnie zachowanego biotyту,

Tabela 3

Piaskowce miękkie, ciosowe w obserwacjach mikroskopowych

Microscopic petrography of soft dimension sandstone

Typ piaskowca *	Numer próbki	Uziarnienie [mm]			Więźba		Charakterystyczne składniki okruszowe			Spoiwo	Uwagi	
		maksymalne	średnie	wysortowanie	rodzaje (upakowanie) ziarn	kontakty	skaleni	okruszy skalne	miki			inne
N/3/Ż	KB-4	1,67	0,17	bardzo złe	ustalone	proste, punktowe, wkłęsło-wypukłe	6% dobrze zachowanych	skaly krzemionkowe, łupki chlorytowe, ilaste, granitoiody, metamorficzne	muskowit, biotyty	glaukonit	krzemionkowo-ilasto-żelaziste	limonit w spoiwie nadaje skale żółtą barwę
N/3/Ż	KB-5	1,8	0,22	bardzo złe	ustalone	proste, punktowe, wkłęsło-wypukłe	10% różnie zachowanych	skaly krzemionkowe, łupki chlorytowe, ilaste, granitoiody, gnejsy	muskowit, biotyty	skupienia minerałów ilastych	krzemionkowo-ilasto-żelaziste	limonit w spoiwie nadaje skale żółtą barwę

* objaśnienia przy tabeli 2 / for explanation see Table 2



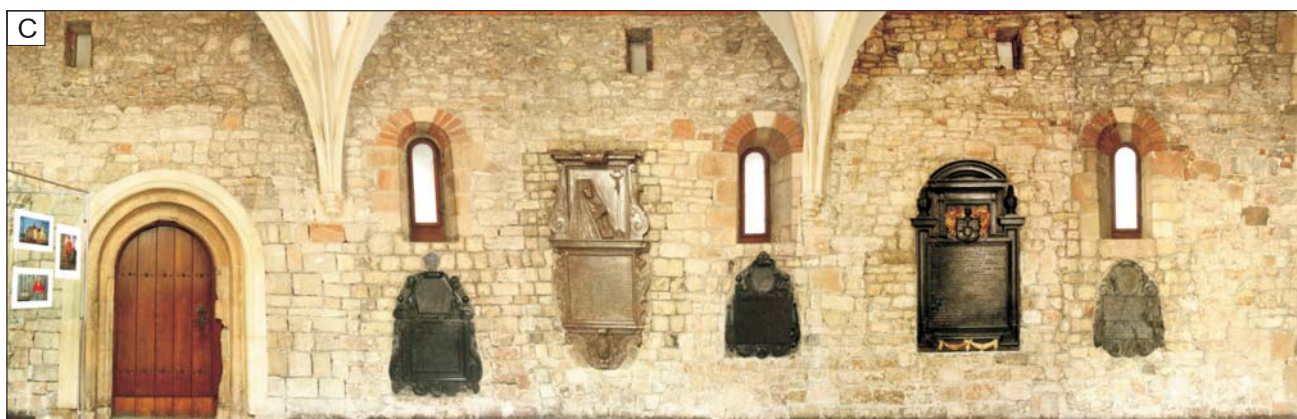
Fig. 8. Piaskowce we wschodniej ścianie kościoła Najświętszego Salwatora

Sandstone blocks in the eastern wall of St. Salvator's Church



Fig. 9. A. Bloki piaskowcowe w węgle muru Wieży Srebrnych Dzwonów Katedry Wawelskiej. B. Piaskowcowa kolumna z kościoła zw. św. Gereona. C. Ściana refektarza klasztoru Dominikanów od strony krużganków

A. Sandstone blocks forming the quoins of the Silver Bells tower (the Wawel Cathedral). B. Sandstone column. The church allegedly under the invocation of St. Gereon call. C. Wall of the refectory in the Dominicans convent seen from the cloister



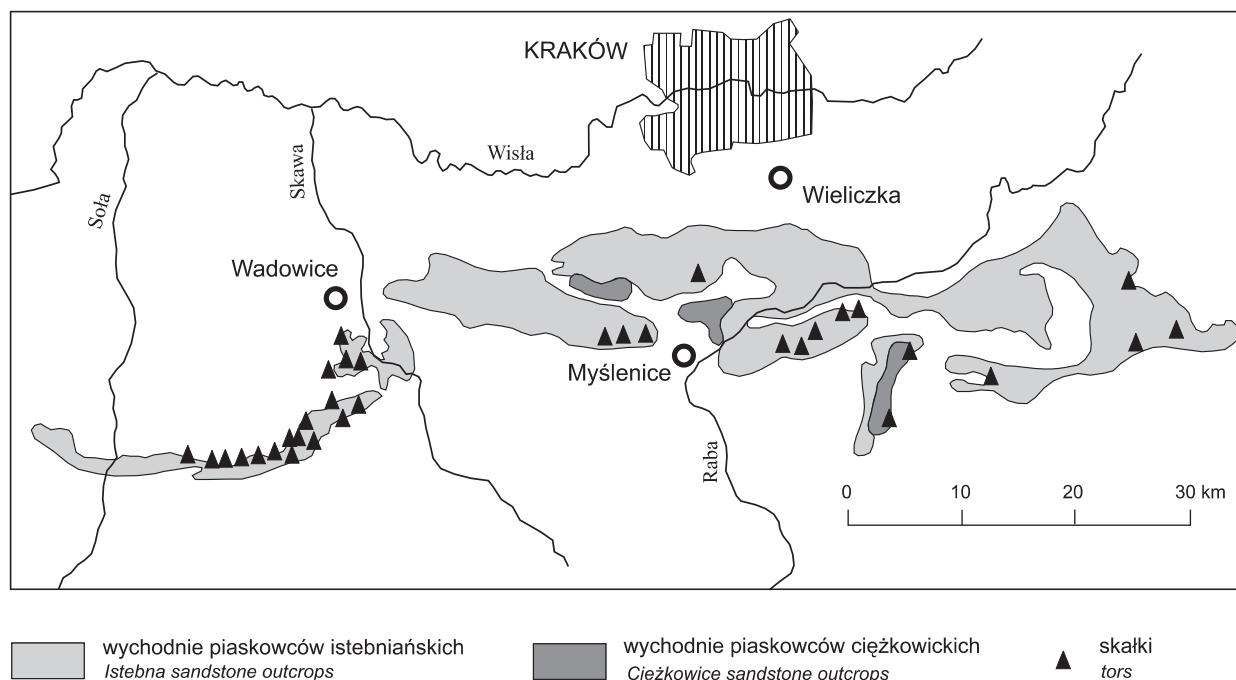


Fig. 10. Współczesne rozmieszczenie skałek na wychodniach piaskowców istebniańskich i ciężkowickich w okolicy Krakowa (Bromowicz, 2009)

Present-day distribution of tors formed on the outcrops of the Istebna and Ciężkowice sandstones nearby Kraków (after Bromowicz, 2009)

glaukonitu i chlorytów, a wśród okruchów skalnych – obecność fragmentów łupków łuszczkowych, gnejsów i granitów. Spoiwo jest w większości badanych próbek ubogie, krzemionkowo-ilaste, przy silnym rozwoju wcisków międzyziarnowych (tab. 3). Powyższe cechy mają pochodzące z Karpat piaskowce istebniańskie.

Na uwagę zasługują wymiary detali architektonicznych wykonanych, jak się wydaje, wyłącznie z piaskowców oma-

wianej odmiany. Znaleźnienie miejsc występowania tego rodzaju piaskowców, ich wydobywanie i transport należy traktować jako osiągnięcie dorównujące rozwiązaniom budowlanym czy rzeźbiarskim. Pozyskiwanie piaskowców rozpoczęło się zapewne od skałkowych form, związanych z wychodniami piaskowców istebniańskich. Brak skałek w najbliższym sąsiedztwie miasta wynika zapewne z ich wyeksploatowania (fig. 10).

UWAGI KOŃCOWE

Kolejność pojawiania się różnych materiałów kamiennych we wczesnośredniowiecznym budownictwie Krakowa wynikała ze znajomości miejsc występowania i umiejętności obróbki kamienia. Przy słabych umiejętnościach obróbki wykorzystywano miejscowe wapienie i sprowadzane z odleglejszych miejsc piaskowce o naturalnej podzielności płytkowej wraz z również miejscowymi nieregularnymi bryłami wapiennymi. Bardziej wyszukane formy elementów kamiennych wymagały nowych materiałów, których pozyskiwanie zmuszało do zakładania kamieniołomów. Były one konieczne do uzyskania zwięzłych piaskowców o podzielności grubopłytkowej i uławnionych wapieni.

Materiały kamienne były też wtórnie wykorzystywane, na co wskazują ich kształty (fig. 5) oraz „strukturalny nieład”

romańskich pozostałości murów klasztoru Dominikanów (fig. 9C). Duże urozmaicenie materiału (20 odmian skalnych) może wskazywać na pochodzenie z różnych źródeł (Firlet, Pianowski, 1989). Wobec dosyć dużej jednorodności materiałowej w murach romańskich budowli Krakowa, można wnioskować o pochodzeniu kamiennego materiału z różnych budowli zniszczonych wskutek nieznanego dziś kataklizmu. Szczegółowa analiza zmienności występowania, a także wymiarów, typów i odmian skał w murach refektarza klasztoru Dominikanów i jego krypty potwierdza dyskutowane w literaturze równoczesne powstanie obu pomieszczeń (Bromowicz, Magiera, 2006).

LITERATURA

- BROMOWICZ J., 2009 — Pochodzenie kamienia z kolumn krypty św. Leonarda na Wawelu. *Pr. Nauk. Inst. Górn. PWroc.*, **125**: 19–31.
- BROMOWICZ J., MAGIERA J., 2003 — Pochodzenie piaskowców z murów wawelskiej rotundy św. św. Feliksa i Adaukta. *W: Konferencja Naukowa „Kamień architektoniczny i dekoracyjny”*. Kraków AGH, 23–24 września 2003 r.: 13–20.
- BROMOWICZ J., MAGIERA J., 2006 — Znajomość litologii surowca pomocą w rekonstrukcjach architektonicznych romańskich budowli na przykładzie refektarza klasztoru OO. Dominikanów w Krakowie. *Górn. Odkr.*, **1/2**: 54–60.
- BROMOWICZ J., MAGIERA J., 2007 — Kamień w budowlach krakowskich benedyktynów. *Pr. Nauk. Inst. Górn. PWroc.*, **119**: 14–27.
- BROMOWICZ J., MAGIERA J., 2008 — Geologiczno-górnicza problematyka złóż kamienia dla budowli wczesnośredniowiecznego Krakowa. *Górn. Odkr.*, **2/3**: 62–71.
- BURTAN J., 1954 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Wieliczka. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- FIRLET J., PIANOWSKI Z., 1979 — Nowo odkryty kościół romański w rejonie Smoczej Jamy na Wawelu. *Spraw. Arch.*, **31**: 225–245.
- FIRLET J., PIANOWSKI Z., 1989 — Z nowszych badań nad wczesnośredniowieczną architekturą murowaną w Krakowie. *Krzysztofory*, **16**: 55–65.
- FIRLET J., PIANOWSKI Z., 2000 — Przemiany architektury rezydencji monarszej oraz katedry na Wawelu w świetle nowych badań. *Kwart. Arch. Urban.*, **44**, 4: 207–236.
- KOZIEŁ S., 1998 — Technologia murów budowli przedromańskich na Wawelu. *Acta Arch. Waweliana*, **2**: 55–78.
- SZYSZKO-BOHUSZ A., 1918 — Rotunda świętych Feliksa i Adaukta (Najśw. Panny Marii) na Wawelu. *Roczn. Krak.*, **17**: 53–79.
- WRIGHT V.P., 1992 — A revised classification of limestone. *Sedim. Geol.*, **76**: 177–185.
- ZIN W., GRABSKI W., 1966 — Wczesnośredniowieczne budowle Krakowa w świetle ostatnich badań. *Roczn. Krak.*, **38**: 33–73.
- ŻUROWSKA K., 1983 — Studia nad architekturą wczesnopiastowską. *Zesz. Nauk. UJ*, **642**, *Pr. z Hist. Sztuki*, 17: 7–53.