

Beata Figarska-Warchoł
Katarzyna Guzik
Jan Bromowicz
Zbigniew Złonkiewicz

Wybrane skały Polski wykorzystywane w architekturze Krakowa i Kielc

Skały okolic Krakowa

Wapienie górnourajskie (oksford) występują w licznych odsłonięciach, często o charakterze zrębów tektonicznych na obszarze Jury Krakowsko-Wieluńskiej (także na obszarze samego Krakowa, np. Wzgórze Wawelskie czy Krzemionki Podgórskie). Wykształcone są jako białe lub kremowe wapienie skaliste, uławiczone oraz pelityczne płytowe. Do celów budowlanych wykorzystywane były wapienie skaliste i uławiczone. Wydobywać można było z nich bloki o dość dużych rozmiarach. Kamień dawał się łatwo obrabiać i przyjmował poler, który jednak matowiał pod wpływem działania atmosfery. Duża zmienność litologiczna tych osadów spowodowana jest zróżnicowaniem w obrębie jurajskiego zbiornika morskiego i ich rafowym charakterem. Opalowe igły gąbek, budujących tę rafę, były źródłem krzemionki, która gromadziła się w warstwach i soczewkach, tworząc charakterystyczne buty krzemienne. Wszystkie odmiany wapieni jurajskich odznaczają się wysoką zawartością węgla wapnia, co wykorzystywane było w procesie wypału wapna. Odmiany najbardziej zbite, nazywane niekiedy „marmurami” np. *marmur bł. Salomej*, charakteryzowały się dobrymi parametrami technicznymi (Tab. 1). Jako zwięzły i łatwo dostępny materiał lokalny wapienie te należą do surowców wykorzystywanych już w budowach romańskich.

Tab. 1. Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni górnourajskich (Bromowicz, Figarska-Warchoł 2016, Dębski 1963)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,38–2,66 g/cm ³
Porowatość	2,1–12,4%
Nasiąkliwość	0,4–2,9%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	44–150 MPa
Ścieralność na tarczy Böhme	0,4–1,26 cm

Wapienie dębnickie tzw. „marmury dębnickie” występują w przegubowej części antykliny dębnickiej. Powstały w ciepłym morzu środkowego dewonu (żywet). Są to bitumiczne wapienie koralowe, prawie czarne, zbite, o bardzo dużej wytrzymałości na ściskanie (Tab. 2) i dużej podatności na obróbkę kamieniarską. Spotykane są w nich białe cienkie żyłki kalcytowe. Przyjmują piękny, czarny poler. Niestety, poddane niekorzystnym czynnikom tj. działaniu kwaśnych deszczy czy zamarz ulegają matowieniu i dezintegracji. Wydobywane bloki miały zwykle długość ok. 1,5 m, nierzadko do 2 m. Złoże ma unikatowy charakter i powinno być objęte ochroną. W przeszłości należało do klasztoru oo. Karmelitów z Czernej i wykorzystywane było od XV wieku. Szczególną popularnością czarny „marmur” cieszył się w okresie baroku. Obiektami najbogatszymi w elementy wykonane z tego materiału (m.in. posadzki, stalle, tablice, ołtarze, sarkofagi, misy na wodę święconą) są w Krakowie Katedra Wawelska i kościół Mariacki. Obecnie złoże nie jest eksploatowane.

Tab. 2. Właściwości fizyczno-mechaniczne marmurów dębnickich (Dębski 1963)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,58–2,70 g/cm ³
Porowatość	0,8–2,7%
Nasiąkliwość	0,14–0,19%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	67–91 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,4–0,7 cm

Różanka paczółtowska lub „marmur paczółtowski” to wyjątkowe skały węglanowe ze wsi Paczółtowiec k. Krzeszowic o ciekawym, bogatym kalcytowym uzieleniu w barwach różowo-fioletowawych, wypełniająca wąską tektoniczną strefę w obrębie wapieni karbońskich. Przypominają swoim wyglądem różankę zelejowską z Gór Świętokrzyskich. Ze względu na niewielkie bloki, jakie udawało się wydobyć tę dekoracyjną skałę stosowano jedynie w postaci wypełnienia niewielkim form i mozaiki, zwykle w połączeniu z czarnym marmurem dębnickim.

Dolomity diploporowe z Libiąża to węglanowe skały środkowego triasu, zawierające masowe ilości szczątków glonów Diplopora, rozwijających się w środowisku płytkiego morza o charakterze laguny. Ich głównym składnikiem jest minerał dolomit. Stosowane jako kamień budowlany odznaczają się ciemnożółtobrazową barwą. Choć są zbite, to jednak porowate i kawerniste, przez co łatwo pokrywają się zanieczyszczeniami atmosferycznymi, choć dobrze zachowują się pod wpływem zamrozu (Tab. 3). Możliwość uzysku bloków z tego złoża była ograniczona, ale i tak wykorzystywano je w architekturze Krakowa przez kilkadziesiąt lat w postaci płyt okładzinowych, obramowań okien i portali, stopni schodów, krawężników czy bruków.

Tab. 3. Właściwości fizyczno-mechaniczne dolomitów libiąskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,40 g/cm ³
Porowatość	11,50%
Nasiąkliwość	3,89%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	74 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,92 cm

Piaskowce istebniańskie, to karpackie piaskowce przełomu kredy i paleogenu. Są one średnio- lub gruboziarniste, niekiedy zlepieńcowate, barwy szarozółtej. Oprócz kwarcu występuje w nich duża zawartość ziaren skaleni i okruchów skał. Dominuje w nich spoiwo ilaste, co wpływa na stosunkowo niewielką wytrzymałość (Tab. 4), dzięki czemu są łatwe w obróbce, ale łatwo ulegają wietrzeniu, rozsypując się na żwir i piasek. Tworzą ławice 2–6 m, co ułatwia ich eksploatację. Od dawna były cenionym materiałem budowlanym. Eksploatowane w kilkuset miejscach w Karpatach, w tym także stosunkowo blisko Krakowa m.in. w rejonie Dobczyc, Myślenic, Wadowic czy Brzeska.

Tab. 4. Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców istebniańskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,26–2,57 g/cm ³
Porowatość	3,4–15,7%
Nasiąkliwość	1,0–5,4%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	18–112 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,29–0,94 cm

Porfiry z Miękinia k. Krzeszowic powstały w dolnym permie wskutek powierzchniowego wylewu kwaśnej lawy. Fioletowowiśniowy porfir z prakryształami jasnego, „tłustawego” kwarcu, białych lub różowych skaleni, czarnych blaszek błyszczącego biotyту oraz zielonkawymi ziarnami zwiertzałych amfiboli stosowany był do wyrobu różnorodnych materiałów drogowych (kamień łamany, tłuczeń, kliniec, grysy). Kostka brukowa z tego porfiru należała do materiałów kamiennych mających dużą wytrzymałość (Tab. 5). Swoją barwę zawdzięcza rozproszonym w cieście skalnym drobnym ziarnom hematytu (Fe_2O_3). Wydobywany był od co najmniej XVIII wieku w nieczynnym obecnie kamieniołomie w Miękinia. Różnobarwne odmiany (zielonawe, brunatnoróżowe, niebieskawe) porfiru tego samego wieku z miejscowości Zalas były również stosowane na terenie Krakowa jako materiał brukarski.

Tab. 5. Właściwości fizyczno-mechaniczne porfirów z Miękinia (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,59 g/cm ³
Porowatość	ok. 2,3%
Nasiąkliwość	0,71%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	209 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,21 cm

Skąły regionu śląskiego

Granity strzegomskie występują w masywie granitoidowym Strzegomia–Sobótki (30-60 km na SW od Wrocławia). Te szare, sporadycznie żółtawe, średniokrystaliczne skąły zbudowane są głównie z białych skaleni, szarego kwarcu i tyszczyków. Wyróżnia się wśród nich dwie najważniejsze odmiany: granit biotyтуowy (w W i E części masywu) i granit dwutyszczykowy (biotyt i amfibole). Eksploatowane były od dawna w wielu kamieniołomach m.in. w Czernicy, Gniewkowie, Kostrzy, Borowie, Rogoźnicy, Żółkiewce, Strzegomiu, Grabinie i Granicznej. Zasadniczo reprezentują one skąły o wysokich parametrach jakościowych, gwarantujących wysoką wytrzymałość mechaniczną i odporność na wietrzenie (Tab. 6), które to cechy pozwalają na ich wykorzystanie w postaci bloków, płyt oraz kruszyw. Ich wykorzystanie sięga czasów prehistorycznych. Kostki z tego granitu używa się w Krakowie już od XIX w. Warto pamiętać, że to właśnie z tego kamienia wykonano nową (po wojennych zniszczeniach) kolumnę pomnika Zygmunta III Wazy w Warszawie.

Tab. 6. Właściwości fizyczno-mechaniczne granitów z masywu strzegomskiego (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,63–2,65 g/cm ³
Porowatość	ok. 1,5%
Nasiąkliwość	0,20–0,46%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	115–140 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,15–0,20 cm

Granity karkonoskie tworzą intruzywny masyw Karkonoszy wydłużony równoleżnikowo, znajdujący się na terenie Polski i Czech. Występują w nim dwie odmiany granitu: równoziarnista i porfirowata. Te drugie, przeważające ilościowo, charakteryzują się czerwonym zabarwieniem oraz obecnością skaleni alkalicznych (głównie potasowych), których kryształy dochodzą do 7 cm długości. Eksploatowane były w okolicach Szklarskiej Poręby i Jeleniej Góry. W stosunku do granitów

strzegomskich odznaczają się tylko nieznacznie słabszymi parametrami jakościowymi (Tab. 7), a ze względu na swoje walory dekoracyjne wykorzystywane były często jako kamień ozdobny.

Tab. 7. Właściwości fizyczno-mechaniczne granitów z masywu karkonoskiego (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,58–2,63 g/cm ³
Porowatość	1,9–3,0%
Nasiąkliwość	0,44–0,50%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	100–151 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,06–0,22 cm

Bazalt – zasadowa, lita skała wulkaniczna o teksturze skrytokrystalicznej (afanitowej) lub porfirowej (obecność większych prakryształów w afanitowym cieście skalnym) oraz barwie czarnej, szarej lub zielonej. Głównymi, aczkolwiek nierozpoznawalnymi makroskopowo, minerałami bazaltów są plagioklasy i pirokseny, a w mniejszym stopniu także amfibole i biotyt. W drobnoziarnistej masie skalnej często widoczne są małe kryształy lub większe skupienia oliwinu (bomby oliwinowe). W Polsce bazalty występują przede wszystkim w południowej części kraju na Łużycach i Śląsku (Sudety, Przedgórze Sudeckie, Śląsk Opolski), tworząc tzw. trzeciorzędową formację bazaltową. Od granicy z Niemcami do Góry Świętej Anny jest ok. 200 wystąpień należących do środkowoeuropejskiej prowincji bazaltowej. Przed II wojną światową bazalt wydobywany był także na Wołyniu w złożach Berestowiec i Janowa Dolina (współcześnie na terenie Ukrainy). Ze względu na charakterystyczny cios słupowy bazaltu łatwo uzyskiwać z niego dość foremne i odporne kostki, które wykorzystywane są do układania bruku (Tab. 8). Ponadto z bazaltu topionego produkuje się leiznę bazaltową do wyrobu płyt chodnikowych, kostek, krawężników, kul młyńskich oraz wełny mineralnej.

Tab. 8. Właściwości fizyczno-mechaniczne bazaltów (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,95–3,06 g/cm ³
Porowatość	0,97–2,9%
Nasiąkliwość	0,11–0,97%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	116–267 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,06–0,29 cm

Marmury Biała i Zielona Marianna stanowią wapienie krystaliczne (marmury właściwe) i tworzą pokłady i soczewki o grubości do 150 m w łupkach łuszczkowych krystaliniku śnieżnickiego. Eksploatowane dawniej w Stroniu Śląskim i Rogóźnie czyste wapienie krystaliczne należą do prekambryjskiej metamorficznej serii strońskiej. Marmury te są przeważnie białe z odcieniami sinawoniebieskawymi lub jasnobrunatnymi od drobnych wkładek łupków łuszczkowych. Rzadsze jest zabarwienie zielonawe lub różowe (pochodzące od związków żelaza z rozłożonych biotytów) obserwowane w odmianie Zielona Marianna. Struktura wapieni jest gruboblastyczna („cukrowata”), choć trafiają się odmiany drobnoblastyczne zbliżone do marmurów z Carrary, nazywane Białą Marianną. Niestety, ze względu na niską bloczność (około 15%) zaprzestano ich eksploatacji. Ze względu na swoje wysokie parametry jakościowe odznaczają się dużą trwałością i odpornością na wpływ czynników atmosferycznych. (Tab. 9.)

Tab. 9. Właściwości fizyczno-mechaniczne marmurów strońskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,68–2,69 g/cm ³
Porowatość	ok. 1,1%
Nasiąkliwość	0,11–0,19%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	40–83 MPa
Ścieralność na tarczy Böhme	0,48–0,64 cm

Marmury sławniowickie odławiają się w okolicy Sławniowic i należą do prekambryjskiego kompleksu paragnejowego, należącego do metamorficznej osłony waryscyjskich masywów granitowych Strzelina i Żulowej. Te krystaliczne wapienie charakteryzują się zmiennym zabarwieniem (białym, jasnożółtym, jasnoniebieskim, ciemnoniebieskim i fioletowym) zależnym od zawartości minerałów krzemianowych. Często są w nich barwne kilkucentymetrowe smugi. Skały te mają zwykle teksturę grubo- lub średnioblastyczną. Dominującym minerałem jest kalcyt, niekiedy pojawia się też dolomit. Odnaczają się znaczną wytrzymałością i odpornością na wietrzenie (Tab. 10).

Tab. 10. Właściwości fizyczno-mechaniczne marmurów sławniowickich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,69–2,71 g/cm ³
Porowatość	ok. 1,1%
Nasiąkliwość	0,14–0,15%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	26–50 MPa
Ścieralność na tarczy Böhme	0,75–1,01 cm

Skąły regionu świętokrzyskiego

Wapienie dewońskie Gór Świętokrzyskich. Z uwagi na walory dekoracyjne oraz zdolność do polerowania skały te określane były nazwą świętokrzyskich lub kieleckich marmurów (Tab. 11). Bloczne wapienie dewonu pozyskiwane były w przeszłości w wielu miejscach. Najbardziej znana jest brunatnowiśniowa odmiana tych skał, która wydobywana była ze złoża **Bolechowice**. Wyróżnia się ona na tle innych odmian wapieni tego wieku, które na ogół posiadają szare zabarwienie (m.in. **Szewce**, **Jaźwica**). Wapienie dewońskie zawierają na ogół liczne robaczkowate (gałązkowate) amfipory oraz kolonie stromatoporoidów nadające skale niepowtarzalny, oryginalny wygląd. Inną niezwykle dekoracyjną odmianą był czarny bądź szary wapień **Ołowianka** z charakterystycznym silnym użyciem białym kalcytem. Do najbardziej atrakcyjnych skał zaliczanych do tzw. „świętokrzyskich marmurów” należy niewątpliwie różanka zelejowska. Skała ta zbudowana jest z różnobarwnego kalcytu żyłowego oraz brekcji kalcytowo-wapiennej. Góra Zelejowa, gdzie była ona eksploatowana, jest jednym z najstarszych miejsc pozyskiwania „marmurów” w Górach Świętokrzyskich.

Tab. 11. Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni dewońskich Gór Świętokrzyskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,65–2,70 g/cm ³
Porowatość	0,37–1,46%
Nasiąkliwość	0,09–0,18%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	70–100 MPa
Ścieralność na tarczy Böhme	0,60–0,80 cm

Permskie zlepieńce zygmuntownskie – unikatowe w skali kraju – zawierają w swoim składzie otoczaki skał węglanowych dewonu (głównie wapieni) tkwiące w spoiwie o wiśniowej barwie. Często spotykane są w nich żyły białego kalcytu. Jedynym miejscem ich pozyskiwania było w przeszłości złożo **Zygmuntownka** położone na Czerwonej Górze koło Kielc (Tab. 12).

Tab. 12. Właściwości fizyczno-mechaniczne zlepieńców zygmuntownskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,69–2,70 g/cm ³
Porowatość	ok. 0,73%
Nasiąkliwość	0,17–0,96%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	95–108 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,53–0,82 cm

Wapienie morawickie są najbardziej znane pośród wapieni jurajskich. Są to skały o beżowej barwie, zawierające w składzie szczątki gąbek (tuberoidy), widoczne jako ciemniejsze plamy. Spotykane są w nich również skamieniałości belemnitów i amonitów, a sporadycznie również szczątki kręgowców morskich. Ze względu na wysokie parametry wytrzymałościowe i zalety dekoracyjne wykorzystywane były często w postaci płyt okładzinowych i posadzkowych (Tab. 13).

Tab. 13. Właściwości fizyczno-mechaniczne „marmurów” morawickich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,59–2,62 g/cm ³
Porowatość	ok. 4,75%
Nasiąkliwość	0,70–1,40%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	68–100 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,34–0,60 cm

Wapienie pińczowskie neogenu charakteryzują się wyraźnie mniejszą zwięzłością i znaczną porowatością w stosunku do innych wapieni (Tab. 14), pochodzących z Gór Świętokrzyskich i ich obrzeżenia. Są to wapienie organodetrytyczne, o białej lub jasnokremowej barwie. Nie posiadają zdolności do przyjmowania poleru, natomiast z uwagi na łatwość obróbki były w przeszłości cenionym materiałem rzeźbiarskim.

Tab. 14. Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni pińczowskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	1,60–1,77 g/cm ³
Porowatość	34,4–40,7%
Nasiąkliwość	15,4–21,1%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	5,6–12,2 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	2,05–2,19 cm

Piaskowce mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich były cenionym materiałem kamiennym pozyskiwanym w tym rejonie. W szczególności dotyczy to piaskowców **triasu, jury i kredy**, chociaż w lokalnym budownictwie spotkać można przykłady wykorzystania wydobywanych w przeszłości piaskowców ordowickich. Piaskowce kambryjskie oraz dewońskie, z uwagi na dużą zwięzłość i bardzo korzystne parametry wytrzymałościowe wykorzystywane są przede wszystkim do produkcji kruszyw łamanych. Wśród analizowanych piaskowców szczególnie charakterystyczne są odmiany zaliczane do

triasu (Tab. 15), posiadające na ogół czerwoną, wiśniową lub różową barwę. Dużą popularnością cieszą się przede wszystkim **piaskowce tumlińskie**, które pozyskiwane były od średniowiecza na górze Ciosowej. Są to piaskowce o charakterystycznej wielkoskalowej przekątnej laminacji, obecnie udokumentowane w złożu Tumlin Gród i Sosnowica. Do znanych i cenionych piaskowców triasu należą również **piaskowce wąchockie** (obecnie udokumentowane w złożach Kopulak i Zajęczków) oraz **parszowskie** (złoże Parszów). Długie tradycje wydobywania i zastosowania w budownictwie oraz jako materiał rzeźbiarski mają **piaskowce jurajskie** (Tab. 16). Znane i cenione odmiany tych skał to w szczególności **piaskowce szydłowieckie** oraz **piaskowce żarnowskie** o najczęściej białej lub żółtej barwie i drobnym uziarnieniu. **Piaskowce kredowe** obrzeżenia Gór Świętokrzyskich to wielobarwne skały, o kolorystyce zmieniającej się od jasnoszarej, przez żółtą, pomarańczową aż po rdzawą, związaną z obecnością związków żelaza. Znane są z rejonu **Góry Chełmo**, gdzie pozostałością po ich eksploatacji są pionowe ściany o dużej wysokości. Obecnie u podnóża góry czynnych jest kilka niewielkich kopalń (Tab. 17).

Tab. 15. Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców triasowych (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	2,12–2,43 g/cm ³
Porowatość	8,75–20,54%
Nasiąkliwość	1,97–6,23%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	41–68 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	0,37–0,81 cm

Tab. 16. Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców jurajskich (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	1,90–2,14 g/cm ³
Porowatość	20,2–26,4%
Nasiąkliwość	1,11–12,50%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	15–50 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	1,07–4,7 cm

Tab. 17. Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców kredowych (Kozłowski 1986)

Parametr	Wartość
Gęstość pozorna (objętościowa)	1,98 g/cm ³
Porowatość	25,9%
Nasiąkliwość	7,9%
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym	27 MPa
Ścieralność na tarczy Böhmeo	1,11 cm

Źródła danych technicznych:

Bromowicz J., Figarska-Warchoł B., 2016 – Marmur Błogosławionej Salomei – odmiana wapienia górnourajskiego i jego rola w małej architekturze. Przegląd Geologiczny, 64, 10: 774 i 848–860.

Dębski W. (red.), 1963 – Monografia złóż materiałów kamiennych w Polsce. Okręg Południowy Polski. Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Drogowej, Warszawa 1963.

Kozłowski S., 1986 – Surowce skalne Polski. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.