

JAN BROMOWICZ*

Ocena możliwości wykorzystania skał z okolic Krakowa do rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych

Słowa kluczowe

Kraków, kamienie budowlane, walory dekoracyjne, właściwości fizyczno-mechaniczne, bloczność

Streszczenie

Oceniane były skały węglanowe reprezentowane przez dewońskie wapienie złóż dębnickich, triasowe dolomity diploporowe z Libiąża, wapienie jurajskie z Nielepic, Kamienia, Wielkanocy, Uliny, Mirowa i trzeciorzędowe z Pińczowa oraz piaskowce istebniańskie (kreda-paleocen) z Sobolowa, Soślin, Muchówki, Zoni i Czaślawia (rys. 1). W poszczególnych kamieniołomach dokonano oceny walorów dekoracyjnych odsoniętych skał oraz bloczności określającej możliwości uzysku prostopadłościennych brył — bloków o różnej wielkości. W oparciu o materiały zawarte w dokumentacjach geologicznych przedstawiono zmienność właściwości fizyczno-mechanicznych badanych skał i oceniono możliwości ich stosowania.

Wyróżniono trzy odmiany wapieni dębnickich o zróżnicowanych walorach dekoracyjnych, a pomiary orientacji i intensywności płaszczyzn podzielnosci wykazały, iż bloki, głównie małe i bardzo małe (poniżej 1 m³), stanowią około 30% objętości odsoniętych fragmentów złóż. Korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni dębnickich z ocenianych części profilów zapewniają dobre zachowanie właściwie użytego materiału.

O walorach dekoracyjnych dolomitów z Libiąża, obok barwy i migotliwości wywołanej odbłaskami pojedynczych kryształów węglanowych, decyduje obecność kawern i laminacji. Ich właściwości fizyczno-mechaniczne są dosyć jednorodne i korzystne. Materiał bloczny, silnie rozdrobniony, stanowi około 8% objętości badanego wycinka złoża.

Wapienie jurajskie w opracowywanych kamieniołomach wykazują duże zróżnicowanie strukturalne. W Nielepicach, Kamieniu i Ulinie przeważają wapienie skaliste o charakterze zlepieńców i konglomeratów. Ich właściwości fizyczno-mechaniczne są bardzo zróżnicowane. Często posiadają one stosunkowo wysokie nasiąkliwości, co powoduje ich niewielką odpornością na działanie mrozu. Godne polecenia są natomiast wapienie skaliste z kamieniołomu Wielkanoc. Są jednorodne, w przewadze pelityczne z liczną fauną, a ich walory dekoracyjne podkreślają liczne kawerny. Badania w celu wytypowania złoża wapieni jurajskich dającego możliwości uzyskiwania materiału blocznego nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Pomiary przeprowadzone w złożu Mirów wykazały tylko niewielkie możliwości pozyskiwania bloków, i to w przewadze o małej i bardzo małej objętości.

* Dr hab. inż., prof. AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Złóż Surowców Skalnych, AGH Kraków.

Recenzowała dr inż. Elżbieta Pietrzyk-Sokulska

Wapień pińczowski rokują stosunkowo łatwe możliwości uzysku bloków o bardzo zróżnicowanej objętości, od bardzo małych do bardzo dużych. Zapewniają również pozyskiwanie różnych ich odmian strukturalnych od drobno- poprzez średnio- do gruboziarnistych. Ich właściwości fizyczno-mechaniczne są podobne bez względu na zróżnicowanie strukturalne. Ich wadą jest brak wystarczającej mrozoodporności, co powoduje konieczność izolowania wyrobów z wapienia pińczowskiego od dostępu wody.

Piaskowce istebniańskie posiadają najlepsze właściwości fizyczno-mechaniczne w złożu Sobolów. Szczególnie korzystne są ze względu na wytrzymałość na ściskanie i jej zmienność wywołaną nasyceniem wodą oraz zamrażaniem, jak i ścieralności na tarczy Boehmego. Ta ostatnia właściwość jest w przypadku piaskowców istebniańskich bardzo istotna, gdyż zwykle jest zbyt duża dla stosowania ich do produkcji kamiennych elementów poziomych. Z uwagi na tą właściwość interesujące wydają się piaskowce z kamieniołomu w Czasławiu, gdzie ścieralność jest o połowę mniejsza od pozostałych.

Możliwości pozyskiwania bloków z piaskowców istebniańskich we wszystkich badanych kamieniołomach są znaczne. Bloki stanowią zwykle około 40% objętości badanych obiektów. Różny jest natomiast stopień rozdrobnienia materiału blocznego. W tym zakresie najkorzystniejsze warunki ma złożo Sobolów z dużymi możliwościami uzysku bloków o bardzo znacznych rozmiarach.

Wprowadzenie

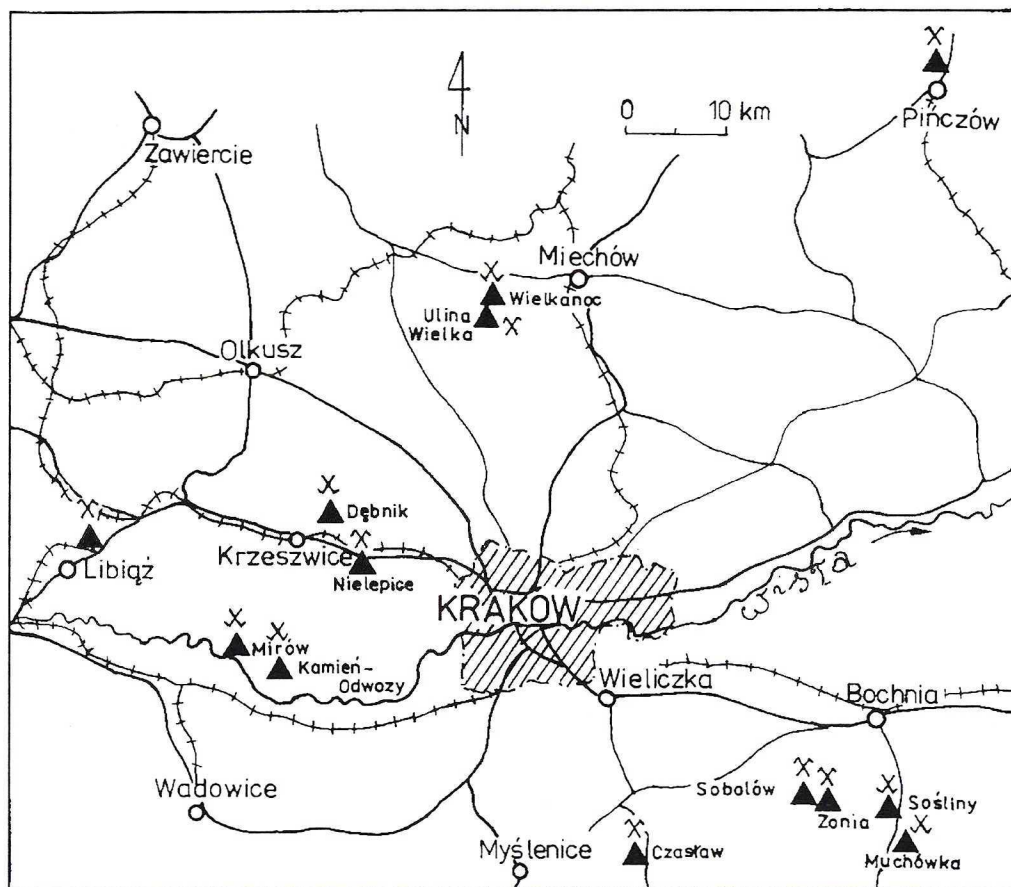
Procesy niszczenia skał, przyspieszane zanieczyszczeniem atmosfery, są powszechnie obserwowane w budowlach Krakowa. Prace konserwatorskie wymagają często wymiany zniszczonych elementów kamiennych. Celem pracy jest przedstawienie możliwości pozyskania materiałów kamiennych najczęściej użytych w zabytkach Krakowa do prac konserwatorskich.

Przedmiotem badań były położone najbliżej Krakowa czynne kamieniołomy i złoża możliwe do ponownego uruchomienia, w których są lub mogą być wydobywane skały powszechnie stosowane w zabytkowych budowlach miasta. Oceniane były skały węglanowe reprezentowane przez wapień dębnickie z Dębника, dolomity diploporowe z Libiąża, wapień jurajskie z Nielepicy, Kamienia, Wielkanocy, Uliny, Mirowa i pińczowskie z Pińczowa oraz piaskowce istebniańskie z Sobolowa, Soślin, Muchówki, Zoni i Czasławia (rys. 1) pod kątem oceny ich walorów dekoracyjnych oraz możliwości uzysku prostopadłościennych brył — bloków o różnej wielkości. W oparciu o materiały zawarte w dokumentacjach geologicznych przedstawiono także zmienność właściwości fizyczno-mechanicznych badanych skał i oceniono możliwości ich stosowania.

Porównano uzyskane wyniki i wytypowano kamieniołomy rokujące największe możliwości pozyskiwania skał dla rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych Krakowa.

1. Wapień dębnickie

Występowanie ciemnych, zbitych wapieni w okolicach Dębника rejestrowane było już w średniowieczu. W opisach architektonicznych znane są one jako czarny marmur dębnicki, siedlecki lub krakowski. Najstarsze zabytki wykonane z marmurów dębnickich datowane są na początek XVII w. Są to głównie elementy wyposażenia kaplic w postaci nagrobków, epitafiów, posadzek, schodów, balustrad, jak też i fragmentów ołtarzy (Tatarkiewicz 1952). Wapień ten zawdzięcza dużą popularność swej czarnej barwie, zdolności do szlifowania i polerowania oraz korzystnym właściwościom fizyczno-mechanicznym.



Rys. 1. Rozmieszczenie badanych złóż i kamieniołomów

Fig. 1. Location of investigated deposits and quarries

W literaturze geologicznej skały te znane są, począwszy od połowy ubiegłego wieku, pod różnymi nazwami. Jak podają Narkiewicz i Racki (1984) były one nazywane: Schwarzer Marmor von Dembnik przez Romera (1863), wapień dębnicki przez Altha (1872), warstwy dębnickie lub marmury dębnickie łącznie z marmurem lochowym i dołowym przez Zaręcznego (1888), Korallenkalk von Siedlec, Lochmarmor, Schichten der Siwa Góra, Amphipora-Banke des Karmeliterbruches, der Czarna Góra przez Guricha (1903). Ostatecznie przyjętą nazwę — wapień dębnickie — zaproponowali Klimek i Koszarski (1955).

Omawiane utwory stanowią kilkudziesięciometrowy zestaw warstw należący do około 400-metrowego kompleksu, głównie węglanowych osadów wieku dewońskiego. Skały dewońskie są odsłonięte lub też przykryte jedynie cienką warstwą piaszczystych osadów, głównie czwartorzędowych, na obszarze o powierzchni około 3 km² położonym na zachód od doliny Czubrówki (Raclawki) i na północ od Krzeszowic. W ich obrębie wschodnie wapieni dębnickich zajmują zaledwie 0,48 km² (48 ha). Ciągną się pasem o szerokości od kilkunastu do 300 m od miejscowości Siedlec na południu po Dębnik na północy.

1.1. Sytuacja geologiczna

Wapienie dębnickie są usytuowane pomiędzy dolomitami ze Zbrzy i wapieniami gruzłowymi. Pierwsze z wymienionych, o miąższości ponad 260 m (Narkiewicz, Racki 1984), stanowią kompleks ciemnych, uławiconych dolomitów o charakterystycznym „bitumicznym” zapachu. Drugie — wapienie gruzłowe o miąższości 28 m, są cienkoławicowymi wapieniami marglistymi barwy ciemnoszarej z charakterystycznym falistym i gruzłowym pokrojem oraz przeławiczeniami czarnych margli. Ich granica spągowa jest nieostra co jest powodem różnic w ocenie miąższości wapieni dębnickich. Łaptaś (1983) zalicza do nich część wapieni gruzłowych i podaje miąższość 50-metrową, podczas gdy Narkiewicz i Racki (1984) eliminują je otrzymując miąższość 35 m. Wiek wapieni dębnickich potwierdzony badaniami makrofauny i konodontów oceniany jest na żywet, a granica z utworami franu przebiega wedle Narkiewicza i Rackiego (1984) w obrębie dolnej części wapieni gruzłowych.

Powierzchniowe wystąpienia najstarszych spośród znanych w okolicach Krakowa skał są wynikiem zaburzeń tektonicznych i zniszczenia utworów nadległych. Zaburzenia tektoniczne doprowadziły do wypiętrzenia skał podłoża przynależnego do przedgórze Karpat. Wypiętrzenie to usytuowane w pobliżu północnej krawędzi zapadliska przedkarpackiego wchodzi równocześnie w skład północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Ukazujące się na powierzchni w okolicy Krzeszowic węglanowe skały dewonu i karbonu Bogacz (1980) określił mianem „paleozoiku dębnickiego”. Wyróżnia w nim trzy obszary — bloki tektoniczne ograniczone powierzchniami uskoków. Wapienie dębnickie stanowią w „obszarze centralnym” jądrową część antykliny Dębника. Jej powstanie związane było z intruzją magmową, która wykorzystując zluźnienia wywołane uskokami wydzwignęła młodopaleozoiczne skały węglanowe tworząc asymetryczną brachyformę o charakterze kopuły (Bogacz 1980). To wydzwignięcie miało miejsce u schyłku karbonu w okresie waryscyjskich ruchów górotwórczych. Późniejsze zaburzenia tektoniczne w małym tylko stopniu wpłynęły na obraz budowy omawianych skał. Uskoki trzeciorzędowe przecięły powstałe podczas ruchów waryscyjskich struktury, dając możliwość ukazania się na powierzchni utworów dewonu po intensywnej erozji zalegających nad nimi osadów. W rezultacie wychodnie skał dewońskich ukazują się w miejscach, gdzie usunięte zostały zalegające na nich niezgodnie utwory jurajskie.

Ponad trzystuletnia tradycja stosowania w architekturze wapieni dębnickich sprawia, że na stosunkowo małej powierzchni ich wychodni znajduje się kilkanaście mniejszych lub większych kamieniołomów o tradycyjnych nazwach związanych z właścicielami (łom Karmelicki, gromadzki, Tumidalskiego, Cekierowa Góra) lub barwą skały (Siwa Góra, Czerwona Góra, Czarna Góra). Obecnie udokumentowane są dwa złoża: Dębник i Dębник I, z zasobami odpowiednio 6191 i 6529 tys. t.

1.2. Ocena surowcowa

Badania wykonano w dwóch oddalonych od siebie o około 150 m kamieniołomach znanych pod nazwami Dębник Karmelicki i Dębник Nowy położonych w obrębie złoża Dębник, które w nowych opracowaniach dokumentacyjnych zostało rozdzielone na wspomniane powyżej złoża Dębник i Dębnik I. Są to jedyne punkty, w których istnieje obecnie możliwość

pozyskiwania wapieni dębnickich dla rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych.

W profilach obu kamieniołomów zaznacza się znaczny udział wapieni gruzłowatych, którym towarzyszą wapienie faliste i w podrzędnym udziale cienkoławicowe (do 20 cm), czarne wapienie pelityczne, ciemnoszare margle i wapienie ilaste.

Gruzłowatość, podzielność wapieni falistych i cienkie uławicenie pozostałych utworów sprawiają, że tak wykształcone fragmenty profilów nie dają możliwości pozyskania kamienia dla prac konserwatorskich. W obu kamieniołomach stanowią one górne części profilów o miąższości około 15 m w Dębniku Karmelickim i 20 m w Dębniku Nowym. W ocenie surowcowej te części profilów pominięto, koncentrując się na dostępnych do obserwacji niższych ich fragmentach.

1.2.1. Walory dekoracyjne

Wolorami dekoracyjnymi wapieni dębnickich, obok czarnej barwy i zdolności przyjmowania poleru, są: użyczenie, obecność szczątków organicznych oraz struktury i tekstury nadające urozmaicony wygląd wypolerowanej powierzchni.

Użyczenie pojawia się w formie wypełnień białym kalcytem, zwykle drobnych spękań o grubości 0,5—10 mm i przebiegu przeważnie prostopadłym lub skośnym do powierzchni uławiczenia. Grubsze żyłki pojawiają się rzadko i mimo że znane są z licznych elementów kamiennych w odsłoniętych partiach profilów — nie rejestrowano ich.

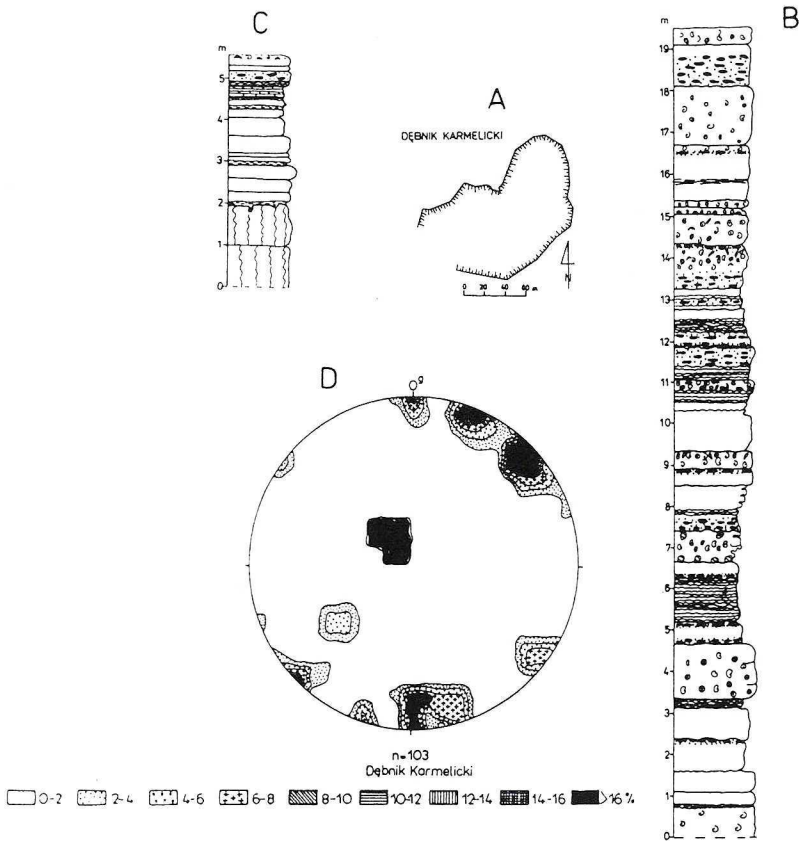
Szczątki organiczne są często pojawiającym się składnikiem wapieni dębnickich. Obok pokruszonych, nierozpoznawalnych fragmentów makrofauny częste są korale, ramienionogi, małże, ślimaki, amfipory i stromatopory. Szczególnie wyraźnie ich obecność zaznacza się na powierzchniach wypolerowanych, dając w zależności od sposobu przecięcia bardzo malownicze kształty. Z obecnością fauny związane są zmiany barwy wapienia. Często są z nią skojarzone wystąpienia białych skupień kalcytowych, a także drobne zabarwienia różowe, żółte i szare. Szczególnie atrakcyjna jest obecność stromatoporów o wielkości do kilkunastu centymetrów, które na wypolerowanych powierzchniach dają koncentryczne struktury o różnych odcieniach szarości. Z drobnymi fragmentami fauny związane są pojawiające się w jednorodnym czarnym tle pelitycznego wapienia pojedyncze większe kryształy węglanowe o wielkości do kilku milimetrów.

Struktury i tekstury wapieni dębnickich są urozmaicone. Obok zbitych, jednorodnych, czarnych wapieni pelitycznych występują ciemnoszare wapienie detrytyczne (okruchowe) złożone z drobnych ziarn o wielkości 0,25—0,5 mm, wśród których tkwią duże, od 5 do 10 cm okruchy (intraklasty), zarówno ostrokrawędziste, jak i o obłych kształtach. Pojawia się również warstwowanie w postaci cienkich ciemniejszych lamin o grubości do kilku milimetrów i zwykle falistym przebiegu. Jego natężenie jest zmienne. Są to zarówno pojedyncze laminy, jak i kilkudecymetrowe ich zestawy. W obrębie poszczególnych ławic zaznacza się warstwowanie polegające na przemiennym pojawianiu się, niekiedy kilkakrotnie, wapienia detrytycznego, laminowanego i pelitycznego.

Mając na uwadze powyższe elementy podkreślające walory dekoracyjne wapieni dębnickich, można wydzielić trzy ich odmiany:

- A — jednorodne, czarne wapienie pelityczne,
- B — jednorodne, czarne wapienie pelityczne z fauną,
- C — niejednorodne czarne i ciemnoszare wapienie detrytyczne i laminowane.

Opracowana część profilu kamieniołomu Dębnik Karmelicki odśladnia się w północno-zachodniej ścianie (rys. 2A). Ma ona miąższość 19,5 m (rys. 2B). Wyżej pojawiają się wapienie gruzłowe.



Rys. 2. Wapienie dębnickie w kamieniołomie Dębnik Karmelicki

A — szkic kamieniołomu, B — profil ściany NW, C — profil ściany SE, objaśnienia na rys. 3, D — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 2. The Dębnik Limestone of the Karmelicki quarry

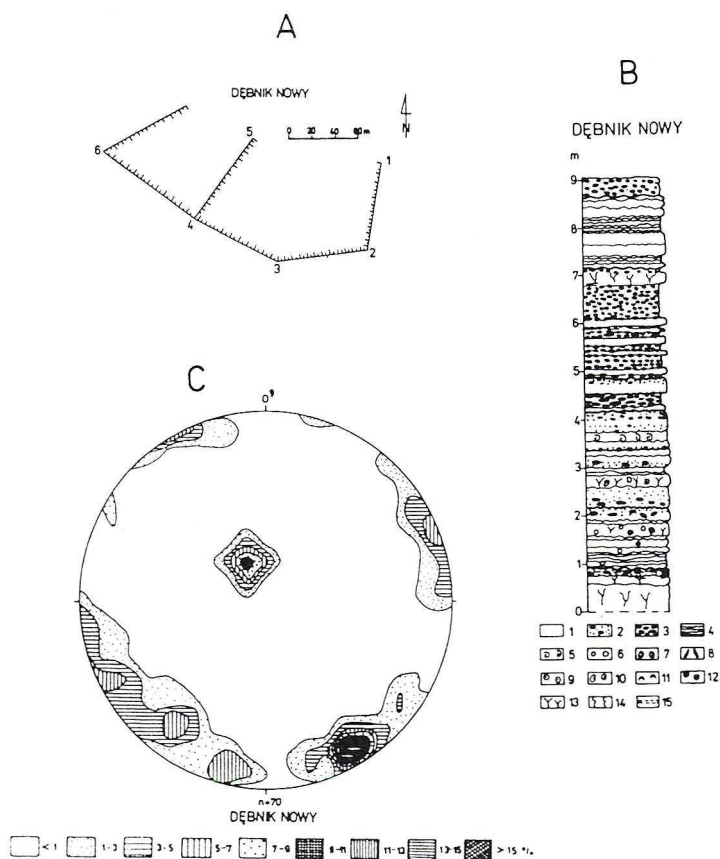
A — layout of the quarry, B — log of the NW wall, C — log of the SE wall, D — joint distribution graph. For other explanations — see Fig. 3

Podobny udział w profilu mają wapienie jednorodne, czarne, pelityczne z fauną (B) i niejednorodne, czarne i ciemnoszare wapienie detrytyczne i laminowane (C), stanowiąc odpowiednio 36 i 41% miąższości. Wapienie jednorodne, czarne, pelityczne (A) występują w najmniejszym udziale, stanowiąc 23% miąższości profilu.

Miąższości wydzielonych odmian wapieni są zróżnicowane i nie pokrywają się z miąższością ławic, gdyż często stanowią ich fragmenty. Dla odmiany A miąższości zawarte są w przedziale 15—120 cm i zwykle przekraczają 40 cm. Dla odmiany B mieszczą się one w granicach 18—140 cm, przy czym większość z nich przekracza 60 cm, gdy dla odmiany C, przy granicach 20—100 cm, przeważają miąższości poniżej 50 cm.

W południowo-wschodniej części kamieniołomu widoczna jest niższa część profilu, w której pojawiają się opisywane przez Buczek (1965) wapienie o zmienionych barwach (rys. 2C). Są silnie spękane i użyłone. Zjawiska zróżnicowania barwnego wapieni związane są zapewne ze zmianami występującymi na kontakcie omawianych skał z żyłami porfirowymi opisywanymi w paleozoiku dębnickim między innymi przez Bolewskiego (1938), Kozłowskiego (1955) oraz Harańczyka i Walę (1989). Tego rodzaju wapienie odpowiadają zapewne opisywanym przez Zaręcznego (1888) barwnym odmianom wapieni dębnickich nazywanych lochowymi.

W kamieniołomie Dębnek Nowy dolna część profilu o miąższości 9 m odśladania się w ścianie 4—5 (rys. 3A, B), stanowiącej przygotowanie do otwarcia niższego poziomu eksploatacyjnego.



Rys. 3. Wapienie dębnickie w kamieniołomie Dębnek Nowy

A — szkic kamieniołomu; B — profil ściany 4—5: 1 — wapień pelityczny, 2 — wapień detrytyczny z intraklastami, 3 — wapień gruzłowy, 4 — laminacja, 5 — szczątki organiczne niezpoznanalne, 6 — koralce, 7 — stromatopory, 8 — amfipory, 9 — krynoidy, 10 — ślimaki, 11 — ramienionogi, 12 — algi, 13 — spękania wypełnione węglanami, 14 — wapieni odbarwiony, 15 — łupki; C — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 3. The Dębnek Limestone of the Nowy Quarry

A — layout of the quarry; B — log of the wall 4—5: 1 — pelitic limestone, 2 — detritic limestone with intraclasts, 3 — nodular limestone, 4 — laminae, 5 — not identifiable organic remnants, 6 — corals, 7 — stromatopora, 8 — amphipora, 9 — crinoids, 10 — snails, 11 — brachiopods, 12 — algae, 13 — calcite veins, 14 — discoloured limestone, 15 — shale; C — joint distribution graph

Znaczną jego część stanowią wapienie gruzłowe i laminowane z pojedynczymi, cienkimi ławicami czarnego wapienia pelitycznego. Możliwości pozyskania atrakcyjnego materiału kamiennego wiązać można jedynie z dolną częścią profilu o miąższości około 4 m (rys. 3B). Przeważają tu wapienie odmiany C stanowiąc prawie 75% miąższości, gdy na odmianę A przypada 10% a na B 14%.

1.2.2. Właściwości fizyczno-mechaniczne

Oceny właściwości fizyczno-mechanicznych wapieni dębnickich dokonano na podstawie oznaczeń wykonywanych w ramach dokumentacji geologicznych (Nowak 1980, 1986). Wzięto pod uwagę zarówno oznaczenia wykonane na próbach pobranych z kamieniołomów, jak i licznych wierceń wykonywanych w trakcie dokumentacji geologicznych. W oparciu o profile wierceń do opracowania statystycznego wyodrębniono tylko te próby, które odpowiadały wapieniom dębnickim, eliminując zarówno niżej leżące dolomity ze Zbrzy, jak i nadległe kompleksy gruzłowych i płytowych wapieni franu.

Analizowano zmienność właściwości decydujących o trwałości materiału narażonego na działanie czynników atmosferycznych (gęstość pozorna, nasiąkliwość, mrozoodporność), a także określających jego odporność na naprężenia i ścieranie (wytrzymałość na ściskanie, ścieralność na tarczy Boehmego).

Gęstość pozorna oceniona dla 247 prób ma dosyć zwarty rozkład, ze średnią wartością $2,68 \text{ t/m}^3$ i niewielkim odchyleniem standardowym — $0,027 \text{ t/m}^3$ (tab. 1, rys. 4). Biorąc pod uwagę klasyfikację kamienia dla budownictwa i drogownictwa podawaną przez Polskie Normy, wapienie dębnickie, z uwagi na gęstość pozorną należy uznać za skały bardzo cięż-

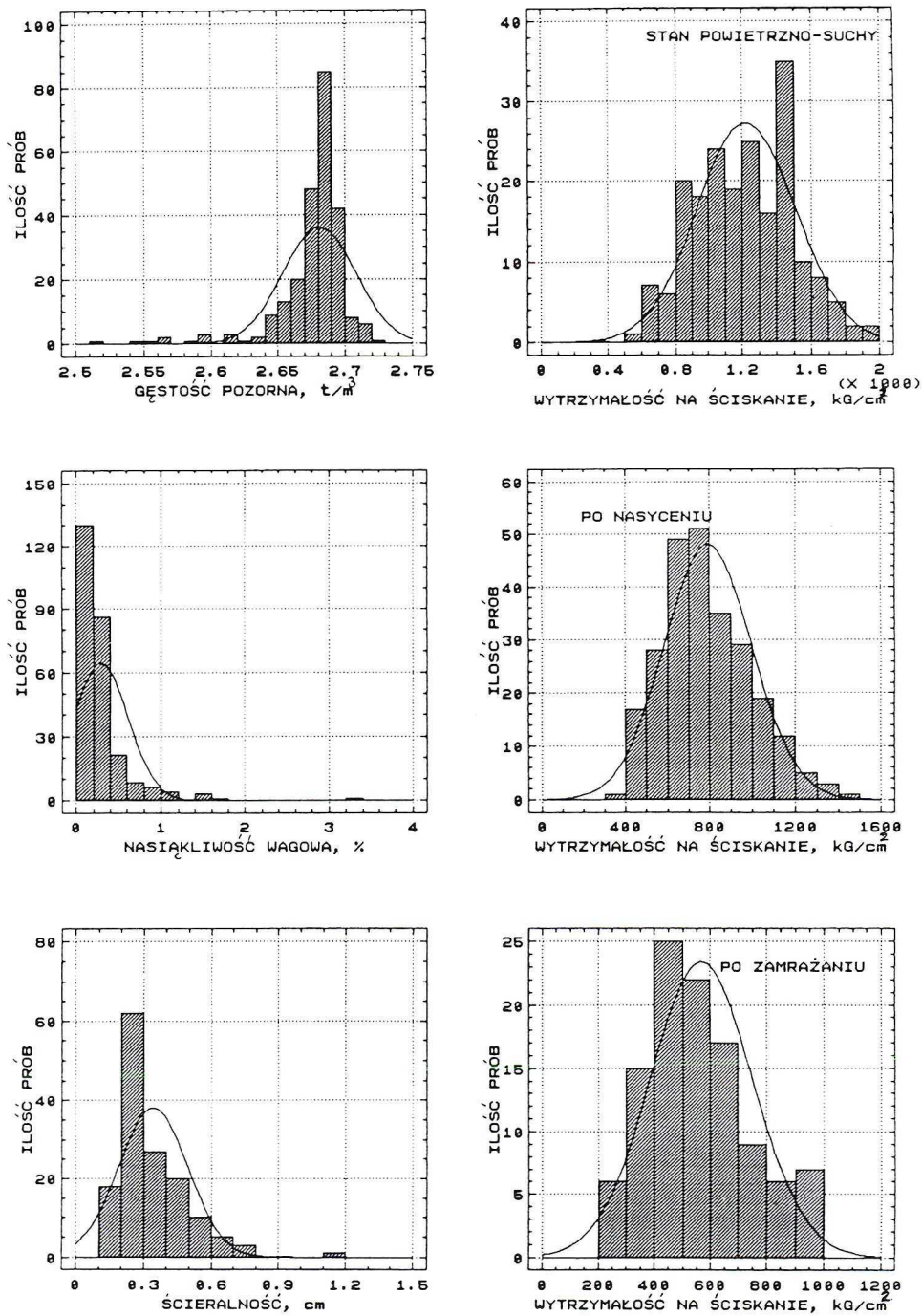
TABELA 1

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni dębnickich

TABLE 1

Physical and mechanical properties of the Dębnik Limestone

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	247	260	198	250	107	146
Średnia	2,68	0,28	1 219	790	567	0,34
Mediana	2,69	0,205	1 210	750	540	0,29
Odchylenie standardowe	0,027	0,321	289,3	207,2	182,4	0,153
Wartość minimalna	2,52	0,02	590	400	270	0,16
Wartość maksymalna	2,73	3,25	1 980	1 420	1 000	1,18



Rys. 4. Rozkłady podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych wapieni dębnickich ze złóż Dębник i Dębник I
 Fig. 4. Distribution of basic physical and mechanical properties of the Dębник Limestone of the deposits Dębник and Dębник I

kie, gdyż wartości tej właściwości, poza zupełnie sporadycznymi przypadkami, przekraczają $2,60 \text{ t/m}^3$.

Średnia nasiąkliwość wapieni dębnickich wynosi $0,29\%$ z odchyleniem standardowym $0,32\%$. Połowa badanych prób ma nasiąkliwość wagową mniejszą od $0,2\%$, a dla 95% prób nie przekracza ona 1% (rys. 4). Według wspomnianej klasyfikacji materiałów kamiennych wapień dębnickie można, z uwagi na nasiąkliwość, uznać za bardzo mało nasiąkliwe (poniżej $0,5\%$) i mało nasiąkliwe (poniżej 5%). Konstatacja ta ma istotne znaczenie dla oceny mrozoodporności omawianych skał, silnie zależnej od nasiąkliwości. Według norm obowiązujących w naszym kraju całkowicie odporny na działanie mrozu jest nasycony wodą materiał kamienny, który wytrzymuje bez jakichkolwiek zmian 25 cykli kolejnego zamrażania i odmrażania.

Mrozoodporność wapieni dębnickich oceniono dla 89 prób. Tylko 5 z nich nie posiada całkowitej mrozoodporności, przy czym żadna z nich nie uległa rozpadowi wcześniej niż po 15 cyklach, co pozwala uznać, iż mają mrozoodporność dostateczną.

Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym oznaczona dla 198 prób wynosi średnio 1219 kG/cm^2 przy wahaniach $590\text{—}1980 \text{ kG/cm}^2$ i odchyleniu standardowym $289,3 \text{ kG/cm}^2$ (tab. 1). Uzyskane wartości kwalifikują wapień dębnickie jako skały o średniej i dużej wytrzymałości na ściskanie, gdyż poza jedną próbą wszystkie przekraczają 600 kG/cm^2 (rys. 4). Po nasyceniu wodą ich średnia wytrzymałość na ściskanie spada do 790 kG/cm^2 przy odchyleniu standardowym $207,3 \text{ kG/cm}^2$, a po zamrażaniu do 567 kG/cm^2 z odchyleniem $182,4\% \text{ kG/cm}^2$. Zbliżone odchylenia standardowe wytrzymałości na ściskanie dla prób powietrzno-suchych, nasyconych wodą i zamrażanych świadczą o proporcjonalnym wpływie czynników obniżających ich wytrzymałość, niezależnie od tego, czy była ona pierwotnie mniejsza czy większa (rys. 4).

Ścieralność na tarczy Boehmego oznaczona na 146 próbach ma wartość średnią $0,34 \text{ cm}$, przy odchyleniu standardowym $0,15 \text{ cm}$ i wahaniach od $0,16$ do $1,18 \text{ cm}$. Ta ostatnia wartość oznaczona dla jednej próby wyraźnie odbiega od pozostałych, które nie przekraczają $0,8 \text{ cm}$ (tab. 1, rys. 4). Mając na uwadze obowiązujące kryteria można więc uznać wapień dębnickie za materiał o średniej i małej ścieralności, gdyż dla znacznej większości prób nie przekracza ona $0,75 \text{ cm}$.

1.2.3. Bloczność

Możliwości pozyskania bloków zależą od orientacji i intensywności występowania płaszczyn dzielących materiał kamienny, zwanych płaszczynami podzielności. W przypadku omawianych skał są to płaszczyny spękań o pionowym lub skośnym przebiegu do uławicenia, powstałe w wyniku naprężeń towarzyszących ruchom tektonicznym, oraz płaszczyny równoległe do uławicenia, których geneza związana jest głównie z warunkami powstawania osadów. Te ostatnie są płaszczynami rozdzielającymi poszczególne ławice, a także pojawiającymi się w obrębie ławic w miejscach, gdzie materiał jest osłabiony na skutek np. laminacji. W przypadku skał węglanowych znaczenie mają również zjawiska krasowe, rozwinięte głównie w pobliżu wychodni, a rejestrowane też na większych głębokościach, obniżające w istotny sposób bloczność. Z nimi związany jest także rozwój spękań odprężeniowych w pobliżu pustek krasowych.

W kamieniołomie Dębnik Nowy pomiary płaszczyn podzielności wykonano w ścianie 4—5 (rys. 3A) udostępniającej nowy poziom wydobywczy. Ich orientację ilustruje diagram (rys. 3C)

wykonany na podstawie 70 pomiarów. Płaszczyzny spękań pionowych tworzą sześć parami ortogonalnych zespołów. Najsilniej zaznacza się zespół o średnim azymucie kierunku zapadania 170° i kącie upadu od 85° . Zespół płaszczyzn prostopadłych do niego zaznacza się słabiej, a parametry jego orientacji wynoszą odpowiednio 70° i 95° . Drugą parę zespołów stanowią płaszczyzny o średnich azymutach kierunków zapadania 140° i 240° oraz kątach zapadania odpowiednio 85° i 75° . Trzecia para ma średnie kierunki zapadania 100° i 215° pod kątem odpowiednio 95° i 85° . Płaszczyzny podzielnosci pokładowej mają orientację zgodną z kierunkiem zapadania warstw o azymucie 375° i średnim kącie zapadania -15° .

Dla uzyskania założonego metodycznie ortogonalnego układu płaszczyzn podzielnosci wydzielono dwa zespoły spękań pionowych o dużych zakresach zmian azymutów kierunku zapadania:

- zespół A reprezentujący spękania podłużne względem biegu warstw,
- zespół B obejmujący spękania poprzeczne.

Na 31 pomiarów odległości płaszczyzn podzielnosci zespołu podłużnego połowa lokuje się w przedziałach poniżej 60 cm. Dla zespołu poprzecznego, gdzie wykonano 61 pomiarów, także połowa nie przekracza 40 cm. Maksymalne odległości płaszczyzn podzielnosci wynoszą dla pierwszego z wymienionych zespołów 330 cm, dla drugiego zaś 400 cm.

Najintensywniej zaznacza się trzeci z zespołów warunkujących możliwości uzysku bloków — zespół płaszczyzn podzielnosci pokładowej C. Maksymalne odległości płaszczyzn tego zespołu nie przekraczają 100 cm, a pośród 49 pomiarów połowa nie przekracza 30 cm.

W przypadku zbitych wapieni, w rodzaju wapieni dębnickich, przyjmuje się minimalną objętość bloku jako $0,25 \text{ m}^3$. Dla niej bloczność w ocenianej części kamieniołomu wynosi 26,1%. Istotny dla oceny bloczności jest też stopień rozdrobnienia materiału blocznego (tab. 2). W omawianym przypadku jest on znaczny, gdyż ponad połowa bloków możliwych do uzyskania to bloki bardzo małe a bloki bardzo duże stanowią jedynie 11%, przy czym prawdopodobieństwo ich napotkania jest bardzo małe i wynosi 0,03.

W kamieniołomie Dębnik Karmelicki, z uwagi na obecność wody przykrywającej dolną, najbardziej atrakcyjną część profilu, nie wykonywano pomiarów odległości płaszczyzn podzielnosci pionowej. Pomierzono natomiast odległości płaszczyzn podzielnosci pokładowej. Większość spośród pomierzonych 61 odległości nie przekracza 20 cm, przy czym rejestrowano też odległości powyżej 100 cm, a nawet 140 cm.

Mając na uwadze podobieństwo w orientacji układów spękań (rys. 2D, 3C), niewielką odległość pomiędzy kamieniołomami oraz zbliżone wykształcenie profilu, obliczono bloczność w kamieniołomie Dębnik Karmelicki przyjmując rozkłady odległości płaszczyzn podzielnosci pionowej z kamieniołomu Dębnik Nowy. Dla minimalnych bloków o kubaturze nie mniejszej niż $0,25 \text{ m}^3$ bloczność dla najniższej części profilu kamieniołomu Dębnik Karmelicki wynosi 32,3%. Korzystniejszy jest tutaj stopień rozdrobnienia materiału blocznego (tab. 2), gdyż bloki bardzo małe stanowią 42% objętości materiału blocznego, a na bloki bardzo duże przypada 13%.

Należy podkreślić, że ocenę bloczności wykonano dla części ścian kamieniołomów rokujących największe możliwości uzysku bloków. W pozostałych ścianach możliwości te są bardzo niewielkie lub brak ich zupełnie. W wykonywanej w 1978 r. ocenie bloczności uzyskano dla kamieniołomu Dębnik Karmelicki bloczność 0,4%, a dla kamieniołomu Dębnik Nowy 1,3%

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego w najniższych poziomach kamieniołomów złoża Dębnik

Block volumes in the lowermost parts of the quarries of the Dębnik deposit

Fracja bloków	Udział procentowy [% obj.] frakcji bloków			
	Kamieniołom Dębnik Nowy		Kamieniołom Dębnik Karmelicki	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe 0,25—0,5 m ³	13,6	52	13,7	42
Małe 0,5—1,0 m ³	6,0	23	8,9	28
Średnie 1,0—1,5 m ³	3,2	12	4,7	15
Duże 1,5—2,0 m ³	0,4	2	0,6	2
Bardzo duże powyżej 2,0 m ³	2,9	11	4,4	13
Razem	26,1	100	32,3	100

(Bromowicz, Karwacki 1978). W pierwszym z wymienionych pomiarów wykonywano w północno-wschodniej części wyrobiska, gdzie w profilu przeważają wapienie gruzłowe, w drugim w podobnie wykształconym fragmencie, gdyż nie był jeszcze udostępniony niższy poziom.

Z powyższych rozważań wynika konieczność prowadzenia bardzo ostrożnych działań w zakresie eksploatacji wapieni dębnickich obu kamieniołomów, aby zachowana została stosunkowo wysoka bloczność ich fragmentów, która według klasyfikacji proponowanej przez Bromowicza i Karwackiego (1982) lokuje je wśród kamieniołomów o średniej i dużej bloczności.

2. Dolomity diploporowe

Dolomity diploporowe są składnikiem osadów powstałych w środkowym triasie, które znane są pod nazwą wapienia muszłowego. Stanowią one maksymalnie 20-metrowy kompleks wśród węglanowych osadów o zróżnicowanej litologii, która stanowiła podstawę do wydzielenia szeregu odmiennie wykształconych jednostek skalnych w obszarze ciągnącym się od Odry na zachodzie po Olkusz i Chrzanów na wschodzie, nazywanym obszarem śląsko-krakowskim. W wschodniej części obszaru od linii łączącej Tarnowskie Góry i Gliwice część węglanowych skał środkowego triasu uległa wtórnie procesom dolomityzacji, wywołanym krążeniem roztworów bogatych w związki magnezu i metale. Doprowadziły ona do powstania dolomitów kruszczośnych. Stąd dolomity diploporowe na zachodzie leżą na warstwach karchowickich, na wschodzie zaś na dolomitach kruszczośnych, a przykryte są w całym obszarze warstwami tarnowickimi. Reprezentują środkową część wapienia muszłowego.

2.1. Sytuacja geologiczna

Przedmiotem badań były dolomity diploporowe w położonym najbliżej Krakowa kamieniołomie Libiąż, przynależnym do złoża o tej samej nazwie. Jest on usytuowany na wschodnim skraju miejscowości Libiąż, przy linii kolejowej Trzebinia–Oświęcim, około 200 m na północ od szosy Chrzanów–Oświęcim (rys. 1). Obszar ten, należący do południowo-wschodniej grupy wyżyn śląskich, zajmuje pozycję na pograniczu dwóch mniejszych jednostek morfologicznych, jakimi są Zrębowe Pagóry Libiąskie oraz Rów Chrzanowski (Gilewska 1972).

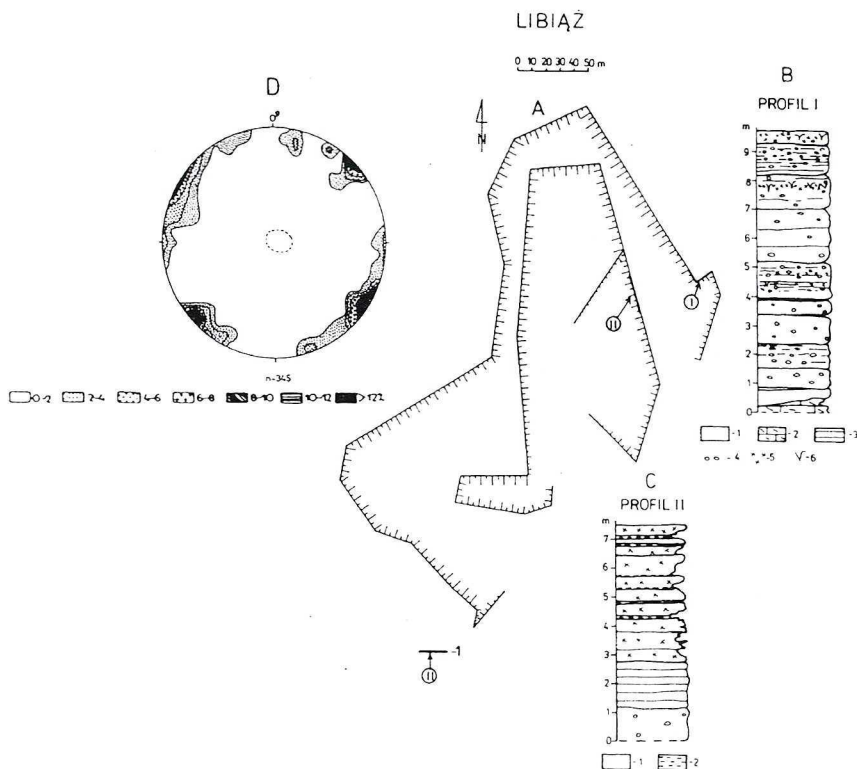
Pod względem geologicznym omawiany obszar stanowi południowy skraj zwartych wychodni utworów triasowych monokliny śląsko-krakowskiej, które dalej ku południowi znane są jeszcze na przestrzeni kilku kilometrów w izolowanych płatach leżących na utworach paleozoicznych. Dominującym elementem budowy geologicznej omawianego obszaru są węglanowe osady wapienia muszlowego, zwłaszcza jego dolnej i środkowej części. Dolny wapień muszlowy reprezentują dolomity kruszconośne, środkowy zaś dolomity diploporowe. Większość autorów, m.in. Siedlecki (1952), Wilk (1958), Kozłowski (1970), zwraca uwagę, iż granica między dolomitami kruszconośnymi i diploporowymi nie zawsze jest dostatecznie czytelna z uwagi na obecność partii profilu o cechach wspólnych dla obu odmian dolomitów.

Utwory wapienia muszlowego zalegają połogo, przy nachyleniu rzadko przekraczającym 20°. Ich wychodnie pojawiają się dzięki zaburzeniom tektonicznym rozwinętym głównie w trzeciorzędzie, które doprowadziły do powstania ograniczonych powierzchniami uskoków zapadlisk i zrębów. Dzięki procesom erozji młodszych utworów (jura, kreda, trzeciorzęd) skały triasowe ukazują się na powierzchni lub pod niewielkim nadkładem czwartorzędowym w obrębie zrębów tworzących zwykle wzniesienia.

Dolomity rejonu Libiąża znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, w hutnictwie jako topniki, w przemyśle materiałów ogniotrwałych, w budownictwie jako kamień i kruszywo łamane bądź też bloki surowe oraz do produkcji dekoracyjnych elementów budowlanych. Ostatnie zastosowanie dotyczy wyłącznie dolomitów diploporowych, które posiadają wielowiekową tradycję wykorzystywania w kamieniarce wielu zabytkowych, a także współczesnych obiektów. W złożu Libiąż udokumentowane zasoby dolomitów kruszconośnych i diploporowych na koniec 1998 r. wynosiły 7284 tys. t i taka sama była wielkość zasobów przemysłowych. Wydobycie w roku 1998 wynosiło 98 tys. t.

2.2. Ocena surowcowa

W ocenie surowcowej zwrócono uwagę głównie na dolomity diploporowe. Występują one we wschodniej ścianie najwyższego poziomu kamieniołomu (rys. 5A). W południowej jej części, dostępnej do obserwacji, wykonano profil uwzględniający walory dekoracyjne skały i dokonano pomiarów orientacji oraz odległości płaszczyzn podzielności w celu oceny bloczności. Dla porównania zbadano też profil dolomitów kruszconośnych we wschodniej ścianie dolnego poziomu kamieniołomu (rys. 5A). Właściwości fizyczno-mechaniczne dolomitów diploporowych oceniono na podstawie oznaczeń zawartych w dokumentacjach geologicznych (Szwaja 1981, 1986).



Rys. 5. Dolomity w kamieniołomie Libiąż

A — szkic kamieniołomu: 1 — usytuowanie profili; B — profil dolomitów diploporowych: 1 — dolomity diploporowe, 2 — dolomity kruszconośne, 3 — laminacja, 4 — kawerny, 5 — szczątki organiczne, 6 — ślady żerowania; C — profil dolomitów kruszconośnych: 1 — dolomity kruszconośne, 2 — łupki, reszta objaśnień jak w B; D — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielenności

Fig. 5. Dolomites of the Libiąż quarry:

A — layout of the quarry: 1 — location of the logs; B — log of the Diplopore Dolomites: 1 — Diplopore Dolomites, 2 — ore-bearing dolomite, 3 — laminae, 4 — caverns, 5 — organic remnants, 6 — feeding traces; C — log of the ore-bearing dolomite: 1 — ore-bearing dolomite, 2 — shale; other explanations as in B; D — joint distribution graph

2.2.1. Walory dekoracyjne

Dolomity diploporowe z Libiąża są gruboławicowe, o miąższościach zawartych w przedziale 50—180 cm, najczęściej osiągające około 100 cm. Kolorystycznie są jednorodne, o barwie jasnoszarozółtej, jedynie w częściach przypowierzchniowych bardziej rdzawe. Częstym składnikiem skały są drobne dendrytyczne naloty lub pojedyncze ciemne punkty manganowego pigmentu. Struktura skały jest drobnodetrytyczna i w większym lub mniejszym, lecz jednorodnym stopniu krystaliczna, co daje migotliwe błyski przy słonecznym oświetleniu. Składniki detrytyczne skały są urozmaicone, a szczegółowy ich opis zawiera praca Myszkowskiej (1992). Są to spośród nieskieletowych owalne i kuliste onkolity i onkoidy oraz zróżnicowanego kształtu intraklasty, a także bardzo drobne peloidy. Szczątki organiczne są reprezentowane przez liliowce, ślimaki, małże, małżoraczki oraz dostrzegalne jedynie w mikroskopie otwornice i igły gąbek.

Charakterystycznym składnikiem organicznym są glony, spośród których obecność alg-diplopor stała się źródłem nazwy omawianych skał.

Dolomity diploporowe nie dają się polerować i stąd obecności składników organicznych słabo zaznaczających się na świeżym przełamie nie można traktować jako elementu dekoracyjnego. Jest nim natomiast obecność kawern o wielkości od 1 mm do 3 cm. Ściany kawern pokryte są drobnymi, milimetrowymi kryształami węglanów, które niekiedy wypełniają kawerny w całości. Kawerny pojawiają się z różnym nasileniem, a ich ułożenie jest zarówno bezładne, jak i kierunkowe, równoległe do powierzchni uławicenia. Drugim elementem urozmaicającym jednorodny charakter opisywanych skał jest laminacja, wywołana zmianą barwy lub podwyższeniem zawartości składnika ilastego osadu. W tym ostatnim przypadku z laminacją wiąże się płytowa podzielność skały. Laminacja często podkreślona jest obecnością drobnych milimetrowych kawern, a także zmienną zawartością szczątków organicznych.

Mając na uwadze walory dekoracyjne omawianych skał, można wydzielić dwie ich odmiany:

A — jednorodne o małej ilości kawern,

B — niejednorodne z kawernami i laminacją.

W wykonanym dla dolomitów diploporowych profilu o miąższości 9,5 m przeważają jednorodne odmiany A stanowiąc 60% miąższości. Obie odmiany wykazują podobne uławicenie (rys. 5B).

Dolomity kruszconośne wyraźnie odróżniają się ciemniejszą barwą rdzawożółtawą. W badanym profilu są cienie uławicone, o miąższościach ławic często zawartych w przedziale 20—50 cm (rys. 5C). Te cieńsze ławice rozdzielone są ilastymi łupkami w pakietach o miąższości do 3 cm. Znamienna jest twardość dolomitów zróżnicowana od zwięzłych przez słabo zwięzłe do rozsyplych. Podobnie jak w dolomitach diploporowych, spotykane są w nich szczątki fauny i laminacja, rzadziej natomiast zaznacza się kawernistość. Zmienna zwięzłość, cieńsze uławicenie, niejednorodność barwy dolomitów kruszconośnych sprawiają, że są one znacznie atrakcyjnym surowcem dla produkcji elementów kamiennych.

2.2.2. Właściwości fizyczno-mechaniczne

Na podstawie profilów wierceń wykonywanych w trakcie dokumentacji geologicznych wydzielono próby reprezentujące dolomity diploporowe, a odrzucono kruszconośne. Rozpatrywano zmienność takich samych właściwości fizyczno-mechanicznych jak dla wapieni dębnickich.

Gęstość pozorna oceniona dla 52 prób przyjmuje średnią wartość 2,42 t/m³, z odchyleniem standardowym 0,14 t/m³, przy wahaniami od 2,11 do 2,76 t/m³ (tab. 3). Podkreślenia wymaga stosunkowo niska średnia gęstość pozorna omawianych skał, przy bardzo szerokim zakresie jej wahań (rys. 6). Wobec stosunkowo niewielkiej zmienności składu mineralnego (stała zawartość dolomitu o wysokiej gęstości 2,85—2,96 t/m³) można przypuszczać, że obniżenie gęstości pozornej jest wywołane powszechnym występowaniem różnej wielkości kawern odpowiedzialnych za znaczne podwyższenie porowatości badanych skał. Przy mniejszej ilości kawern większy jest wpływ wysokiej gęstości dolomitów i stąd znaczny zakres wahań gęstości pozornej.

Nasiąkliwość wagowa dolomitów diploporowych oznaczona dla 52 prób ma wartość średnią 4,10%, z odchyleniem standardowym 2,21%, przy wahaniami 0,12—10,72% (tab. 3). Wobec braku możliwości utrzymywania się wody w charakterystycznych dla dolomitów diploporo-

Właściwości fizyczno-mechaniczne dolomitów diploporowych

TABLE 3

Physical and mechanical properties of the Diplopora Dolomite

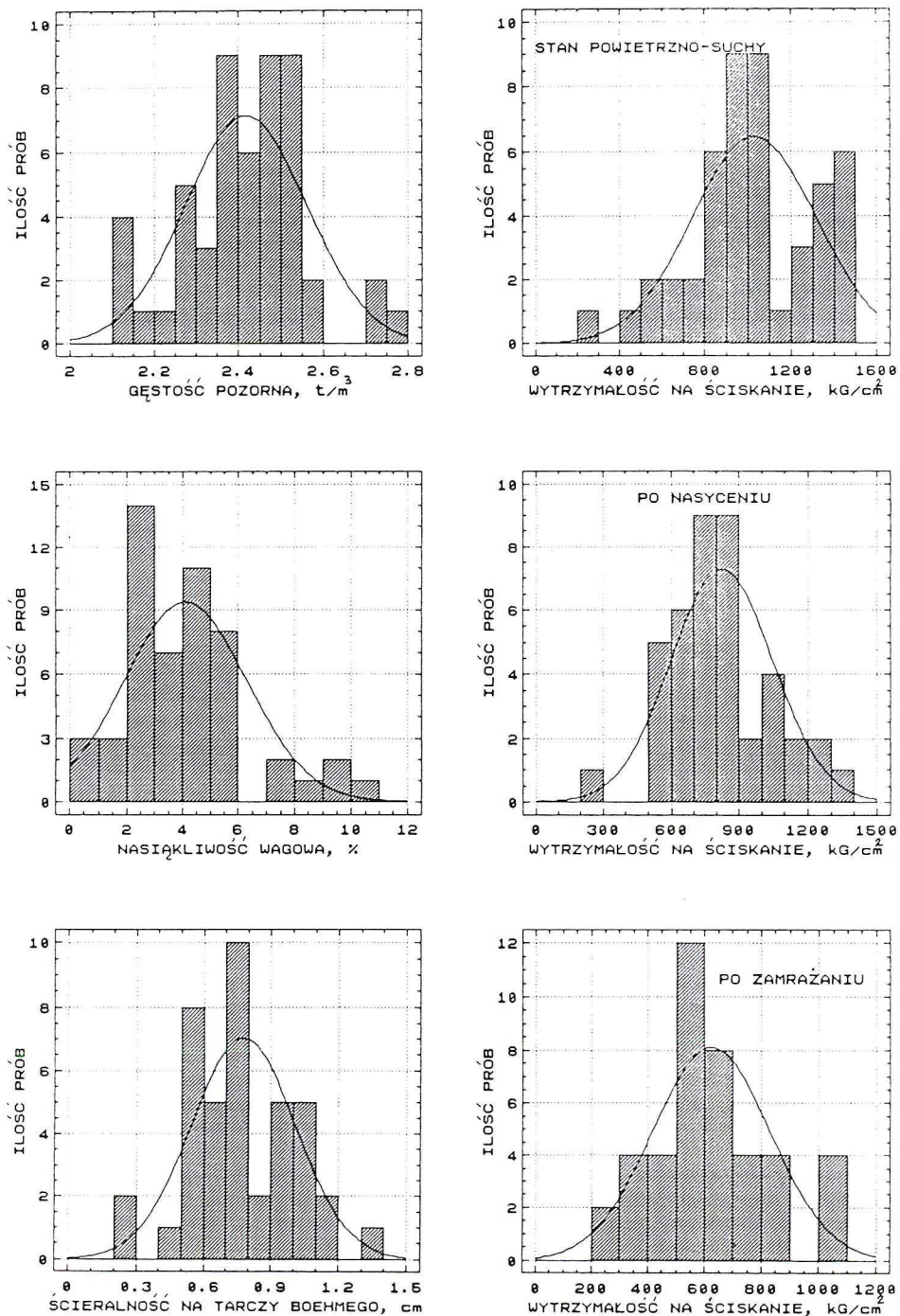
	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	52	52	47	41	42	41
Średnia	2,42	4,10	1 028	823	623	0,78
Mediana	2,425	3,895	1 020	800	580	0,73
Odchylenie standardowe	0,14	2,21	289,6	224,7	206,6	0,232
Wartość minimalna	2,11	0,12	230	300	230	0,28
Wartość maksymalna	2,76	10,72	1 500	1 350	1 060	1,39

wych makroporach należy przypuszczać, że zasadniczy wpływ na nasiąkliwość badanych skał mają obecne w nich mikropory, w których woda migruje siłami kapilarnymi. Ma to zasadniczy wpływ na odporność badanych skał na działanie mrozu.

Mrozoodporność badana dla 44 prób wykazała, iż 25-krotny cykl kolejnego zamrażania i odmrężania nie powoduje zmian. Można stąd wnosić, że w badanych skałach, mimo sporej ilości porów i ich dostępności dla wody, dają one wystarczającą przestrzeń dla powiększającej się objętość wody przechodzącej w lód.

Wytrzymałość na ściskanie zmienia się w znacznych granicach i wykazuje spadek wywołany nasyeniem prób wodą i ich zamrożeniem. Wartości średnie wynoszą 1028 kG/cm² dla prób badanych w stanie powietrzno-suchym, 823 kG/cm² po nasyeniu wodą i 580 kG/cm² po zamrożeniu. Zmienność wytrzymałości na ściskanie dla prób badanych w różnych warunkach ma zbliżony zakres. Świadczą o tym podobne wartości odchylenia standardowego (tab. 3). Wyraźnie dwumodalny charakter rozkładu dla prób powietrzno-suchych, ujednocila się dla nasyconych wodą i jest już jednomodalny dla prób poddanych zamrożeniu (rys. 6). Wynika to z zaniku maksimum obejmującego najwyższe wartości wytrzymałości na ściskanie. Można z tego wnioskować, że nasyenie wodą i zamrażanie obniża wytrzymałość na ściskanie prób o największej wytrzymałości, w mniejszym stopniu wpływając na zmiany dla prób mniej wytrzymałych.

Ścieralność na tarczy Boehmego oceniona dla 41 prób ma wartość średnią 0,78 cm, przy znacznych wahanach 0,28—1,39 cm i odchyleniu standardowym 0,232 cm. Podobnie jak dla wytrzymałości na ściskanie, w rozkładzie tej właściwości zaznacza się obecność dwóch maksimów: wyraźniejszego dla przedziału 0,5—0,8 cm i słabszego dla 0,9—1,2 cm (rys. 6). Może to świadczyć o obecności wśród dolomitów diploporowych odmian różniących się właściwościami mechanicznymi, co wobec zmienności petrograficznej wydaje się wielce prawdopodobne.



Rys. 6. Rozkłady podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych dolomitów diploporowych ze złoża Libiąż

Fig. 6. Distribution of basic physical and mechanical properties of the Diplopora Dolomite of the Libiąż quarry

Omówione powyżej właściwości fizyczno-mechaniczne dolomitów diploporowych, przy uwzględnieniu obowiązującej klasyfikacji kamienia budowlanego i drogowego (PN-88/B-04120), pozwalają ocenić je jako skały w przewadze ciężkie (gęstość pozorna pow. $2,2 \text{ t/m}^3$), mało nasiąkliwe (0,5—5%), całkowicie mrozo odporne, o średniej wytrzymałości na ściskanie ($600\text{—}1200 \text{ kG/cm}^2$) i dużej ścieralności (0,75—1,0 cm).

2.2.3. Bloczność

Pomiary orientacji i intensywności płaszczyzn podzielnosci dolomitów diploporowych wykonano w południowo-wschodniej części ściany najwyższego poziomu kamieniołomu Libiąż, w miejscu gdzie są one odzyskiwane w formie bloków surowych (rys. 5A).

Badane skały mają regularny, ortogonalny układ płaszczyzn podzielnosci, z wyraźnie zaznaczonymi maksimami dla azymutów kierunku zapadania płaszczyzn pionowych 137° (337°) o biegu NW-SE i 50° (250°) o biegu NE-SW oraz zawartych w przedziale $0\text{—}20^\circ$ upadach płaszczyzn podzielnosci pokładowej (rys. 5D).

Częstość pojawiania się i przebieg płaszczyzn poszczególnych zespołów jest silnie zróżnicowana. Płaszczyzny o biegu NE-SW mają nieregularny, krzywoliniowy przebieg śladów spękań. Ich powierzchnie są świeże, rzadko przestrzeń szczelinową wypełniają utwory ilaste. Płaszczyzny tego zespołu występują w odległościach zwykle większych od 50 cm, a sięgających nawet 200 cm. Poprzeczny kierunek NW-SE reprezentują bardzo wyraźnie zaznaczone w kamieniołomie przebiegające regularnie, prostoliniowo spękania o jednorodnej orientacji (rys. 5D). Wśród elementów podzielnosci dolomitów płaszczyzny te są najbardziej intensywne, gdyż odległości między nimi zazwyczaj nie przekraczają wartości 40 cm, sporadycznie osiągając 70—120 cm.

Podzielnosc pokładowa wyraźnie silniej zaznacza się w stropowych partiach kamieniołomu, wskazując na jej odprężeniową genezę. Większość odległości płaszczyzn tego zespołu mieści się w przedziale 40—70 cm, sporadycznie tylko przekraczając 100 cm.

Bloczność określona dla minimalnych bloków o kubaturze $0,3 \text{ m}^3$ wynosi 8,2%. W przyszłości, w miarę eksploatacji ściany, możliwe jest uzyskanie wyższych wartości bloczności z uwagi na to, że pomiary najbardziej intensywnego zespołu wykonywane były na ścianie sąsiadującej z dużą komorą krasową. W tej strefie mogło dojść do powstania większej ilości spękań w wyniku procesów odprężeniowych.

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego wskazuje na znaczną przewagę bloków bardzo małych i małych stanowiących 6,9% objętości fragmentu złoża objętego pomiarami, co stanowi 80% z objętości substancji blocznej możliwej do uzyskania (tab. 4). Można przypuszczać, że w miarę eksploatacji ściany kamieniołomu, w większej odległości od wspomnianej komory krasowej wzrośnie udział większych bloków na skutek zmniejszenia się intensywności pojawiania się płaszczyzn podzielnosci.

3. Wapienie jurajskie

Należą do najpowszechniej używanych materiałów kamiennych w budownictwie Krakowa i są równocześnie naturalnym podłożem najstarszych zabytków miasta. Były pozys-

TABELA 4

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z dolomitów diploporowych w kamieniołomie Libiąż

TABLE 4

Block volumes of the Diplopora Dolomite of the Libiąż quarry

Fracja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bbardzo małe 0,25—0,5 m ³	5,2	64
Małe 0,5—1,0 m ³	1,7	21
Średnie 1,0—1,5 m ³	0,6	7
Duże 1,5—2,0 m ³	0,2	2
Bardzo duże, powyżej 2,0 m ³	0,5	6
Razem	8,2	100

kiwane w wielu kamieniołomach, które obecnie znajdują się w granicach miasta. Malownicze wzniesienia okolicy Krakowa zbudowane z wapieni jurajskich są chronione i wchodzą w skład Jurajskich Parków Krajobrazowych. Ogranicza to znacznie możliwości prowadzenia eksploatacji.

Możliwości wykorzystania wapieni jurajskich dla rekonstrukcji materiałów kamiennych oceniono w czynnych lub łatwych do uruchomienia kamieniołomach w pobliżu Krakowa. Jest to zaledwie pięć wyrobisk: Nielepice w pobliżu Krzeszowic, Kamień i Mirów koło Alwerni oraz położone w większej odległości od Krakowa już blisko Miechowa — Wielkanoc i Ulina Wielka (rys. 1).

3.1. Sytuacja geologiczna

Wapień jurajskie okolic Krakowa o charakterystycznej jasnobeżowej barwie po zwietrzeniu białej, wraz z podścielającymi je marglami należą do górnej jury reprezentując piętro o nazwie oksford (Tarkowski 1989). Ich miąższość sięga 250 m (Matyszkiewicz 1989). Są one zróżnicowane pod względem litologicznym, co daje możliwość wydzielenia szeregu odmian o charakterze facji, które wzajemnie się zastępują. Wyróżniane są: wapień płytowe, skaliste i uławiczone (Dżułyński 1952). Pierwsze z wymienionych, spotykane głównie w dolnej części kompleksu, są cienkoławicowe, nieco margliste, o charakterystycznej podzielności na płyty. Zawierają spore ilości skamieniałości, głównie amonitów. Wapień skaliste tworzą nieuławiczone bryły różnej wielkości i kształtu tkwiące w obrębie innych odmian wapieni. Ich maksymalne rozmiary mogą sięgać setek metrów. Spośród skamieniałości najczęściej pojawiają się w nich zwapniałe gąbki krzemionkowe, którym towarzyszą małże, serpule i mszywioly. Wapień skaliste powstawały na dnie morza w obrębie specyficznych budowli węglanowych przypominających rafy, zwanych biohermami (Gradziński i in 1994). Budowle te były niszczone, dając warstwy złożone z drobnych okruchów zwanych wapieniami ziarnistymi.

Wapienie uławiczone pojawiają się w grubych, sięgających 2 m ławicach. Związane jest z nimi występowanie krzemieni rozmieszczonych bezładnie w obrębie ławic lub też tworzących horyzonty równoległe do uławiczenia. Wapienie te zawierają niewielkie ilości skamieniałości, głównie gąbek i ramienionogów.

Wapienie jurajskie zalegają prawie poziomo, z tendencją do nachylenia ku NE, a obserwowane w nich większe kąty upadu są natury sedymentacyjnej lub też związane są z lokalnymi zaburzeniami w pobliżu powierzchni uskokowych. Dominującymi zjawiskami tektonicznymi, które doprowadziły do rozerwania jednolitej płyty utworzonej z osadów mezozoicznych, były uskoki. Szczególnie silnie ich wpływ zaznacza się w sposobie występowania wychodni skał jurajskich na zachód od Krakowa, gdzie występują one w obrębie zrębów tektonicznych przedzielonych zapadliskami. Różnice w położeniu równowiekowych utworów wywołane przemieszczeniami wzdłuż powierzchni uskokowych sięgają tu 300 m (Rutkowski 1993).

Wapienie jurajskie, eksploatowane niegdyś powszechnie w regionie krakowskim, są dziś pozyskiwane jedynie w czterech kamieniołomach nastawionych głównie na produkcję kamienia łamanego.

Najbliżej miasta (ok. 19 km) usytuowany jest kamieniołom znany pod nazwą „Młynka” (Dżułyński 1952, M. Hoffman, J. Matyszkiewicz 1989) przynależny do złoża Nielepice (rys. 1). Położone jest ono w odległości 1 km na południe od szosy Kraków–Krzeszowice, przy drodze łączącej Nielepice z Frywałdem. Zasoby złoża ocenione w kategorii A+B+C₁ wynoszą 15 380 tys. t., na zasoby przemysłowe zaś przypada 1780 tys. t. Wydobycie w roku 1998 wyniosło 22 tys. t.

Nieco dalej od Krakowa (22 km), w miejscowości Kamień, znajduje się nieczynny kamieniołom w obrębie złoża Kamień–Odwozy. Jest on usytuowany około 300 m na wschód od drogi łączącej Kamień z drogą Kraków–Alwernia, na zachodnich stokach wzniesienia Kopania. Zasoby złoża zostały szczegółowo rozpoznane i wynoszą 8745 tys. t.

Około 3 km na zachód od Kamienia, w miejscowości Mirów w gminie Alwernia, położone jest złoże Mirów. Usytuowane jest w odległości 2 km na południe od drogi łączącej Brodła z Babicami i około 1 km na zachód od drogi Brodła–Spytkowice. Obejmuje ono pokryte polami uprawnymi wzgórze Góra Winnica o wysokości 313 m n.p.m. Od strony północno zachodniej do jego granic przylega las. Udokumentowane zasoby złoża w kategorii A+B+C wynoszą 5901 tys. t, spośród których 1483 tys. t stanowią zasoby przemysłowe. Złoże to położone jest w obrębie Rudniańskiego Parku Krajobrazowego. Jest nieczynne, chociaż są ślady dorywczej, „dzikiej” eksploatacji na potrzeby lokalne.

Złoże Wielkanoc i Ułina Wielka położone są w odległości około 35 km na północ od Krakowa (rys. 1). Złoże Wielkanoc usytuowane jest w miejscowości Wielkanoc, gminie Gołcza, 1,5 km na zachód od drogi łączącej Wysocice z Miechowem–Charsznicą. Zasoby złoża w kategorii A+B+C, obejmujące też występujące w nadkładzie wapienie kredowe, wynosiły 699 tys. t, przy wydobyciu w 1995 r. 9 tys. t. Ostatnio zasoby tego złoża zostały wykreślone z bilansu.

Kamieniołom Ułina, przynależny do złoża Ułina Wielka, jest oddalony o około 2,5 km na SW od powyżej omówionego i 3 km na zachód od drogi Wysocice–Miechów–Charsznica w miejscowości Ułina Wielka. Złoże ma udokumentowane zasoby wapieni jurajskich w ilości 1446 tys. t., a wydobycie kamienia łamanego za rok 1998 wyniosło w nim około 19 tys. t.

3.2. Ocena surowcowa

Wapienie jurajskie wymienionych powyżej złóż, mimo generalnych podobieństw, znacznie się różnią. Stąd też elementy oceny surowcowej obejmującej ich walory dekoracyjne i właściwości fizyczno-mechaniczne będą omawiane kolejno dla poszczególnych złóż. Sposób eksploatacji nastawionej na produkcję kamienia łamanego spowodował tak silne spękania, że ocena możliwości pozyskania materiału blocznego oparta na pomiarach spękań była wykonana jedynie dla kamieniołomu w obrębie złoża Mirów.

3.2.1. Walory dekoracyjne

Kamieniołom złoża Nielepice (Młynka)

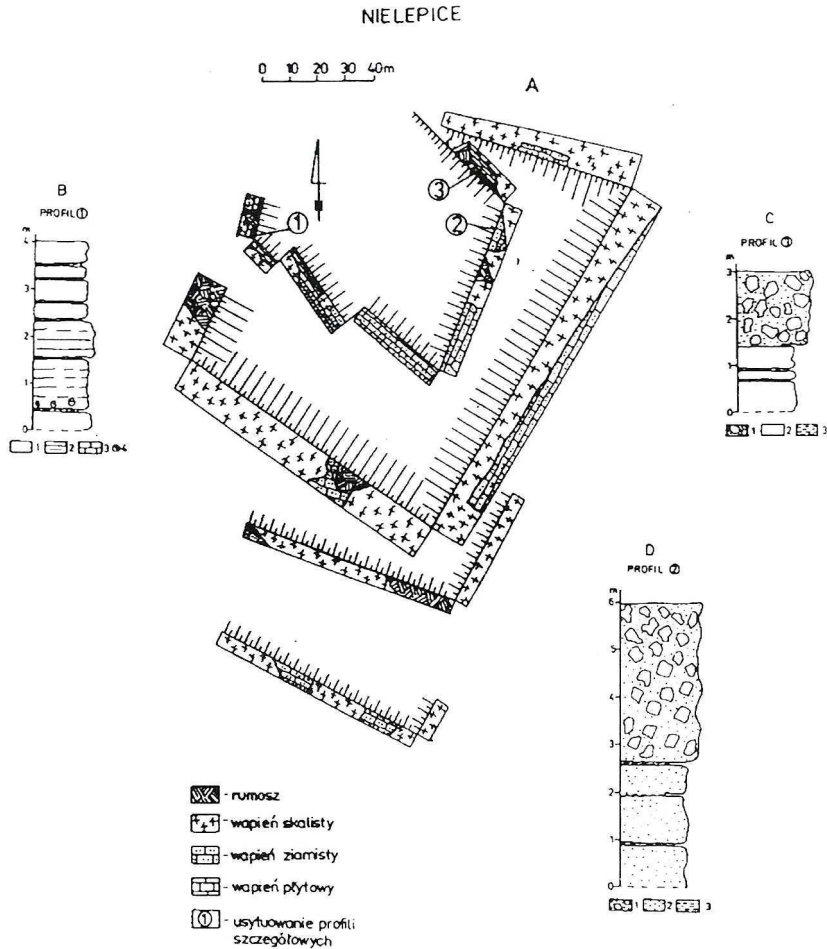
W widocznych ścianach kamieniołomu przeważają wapienie skaliste (rys. 7A), którym towarzyszą wapienie uławiczone. Jedynie w najniższym poziomie kamieniołomu, w spagu wyrobiska, pojawiają się w ścianach NE i NW wapienie płytowe (rys. 7B i C). Są to wapienie pelityczne o barwie brązowoszarej, wietrzejące na jasnoszaro z rdzawymi nalotami na powierzchniach spękań. Są niezbyt zwięzłe, o równym stropie i spagu, z wyraźną oddzielnością płytową co 20 cm. Miąższość ich ławic waha się od 25 do 110 cm. Są rozdzielone, cienkimi 1—6-centymetrowymi wkładkami szarego margla i marglistego łupku.

Wapienie skaliste w większości mają charakter brekcji i konglomeratów złożonych z obtoczonych i ostrokrawędzistych fragmentów o wielkości od 1 do kilkudziesięciu cm jasnoszarobrazowych wapieni pelitycznych z liczną fauną, połączonych drobnodetrycznym, jaśniejszej barwy materiałem o słabszym stopniu lityfikacji. Wapienie uławiczone (ziarniste) występują w wyraźnie wyodrębnionych ławicach o miąższości 1—2 m, rozdzielonych wkładkami marglistymi. Są to drobnodetryczne wapienie z okruciami o wielkości do 2 mm i liczną fauną. Mają barwę jasnoszarobrazową, wietrzeją na biało. Ich stopień lityfikacji jest niejednorodny, zwykle nie są zbyt twarde.

Wzajemne relacje opisanych powyżej odmian wapieni ilustrują rysunki ścian poszczególnych poziomów kamieniołomu (rys. 7A). Szczegółowy opis kamieniołomu i litologii odsłoniętych w nim skał znaleźć można w pracach Dżułyńskiego (1952) oraz Hoffmana i Matyszkiewicza (1989).

Kamieniołom złoża Kamień-Odwozy

Kamieniołom składa się z dwóch wyrobisk, z których południowe, mniejsze, jest niżej położone (rys. 8A). Warstwy zapadają pod kątem około 10° ku północy. W kamieniołomie odsłaniają się wapienie płytowe i skaliste. Pierwsze z wymienionych, widoczne w ścianie północnej większego wyrobiska i zachodniej mniejszego (rys. 8A), pojawiają się w ławicach o miąższości około 1 m, są barwy jasnobrazowej, po zwietrzeniu białej, przedzielone cienkimi wkładkami marglistymi o miąższości do 10 cm. Wapienie te są zwięzłe, drobnodetryczne z okruciami o wielkości zwykle w granicach 1—2 mm, a dochodzącymi do 1 cm. Niekiedy zawierają większe ilości szczątków fauny reprezentowanej przez amonity, belemnity i gąbki. Pojawiają się w nich też niekiedy żyłki białego kalcytu i szwy stylolitowe, a w stropowych częściach ławic ślady żerowania.



Rys. 7. Wapienie jurajskie w kamieniołomie Nielepice (Młynka)

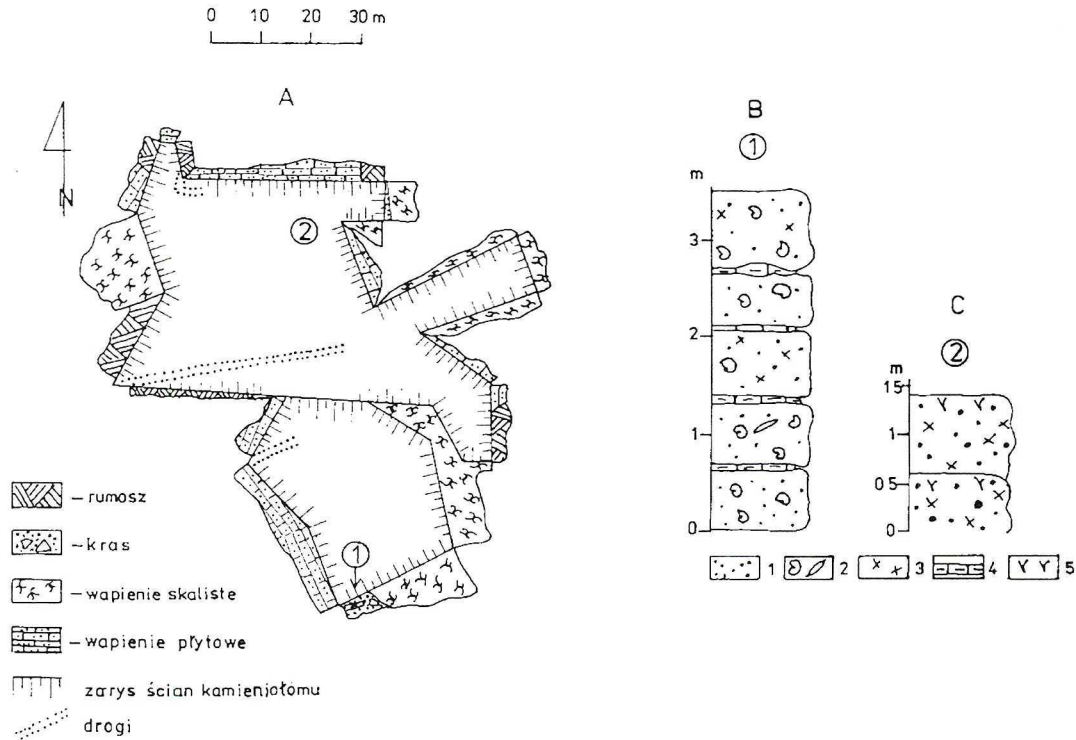
A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian, B — profil wapieni płytowych: 1 — wapień płytowe, 2 — płaszczyzny podzielności, 3 — margle, 4 — amonity; C — profil wapieni płytowych i skalistych: 1 — wapień skaliste, 2 — wapień płytowe, 3 — łupki; D — profil wapieni uławiconych i skalistych: 1 — wapień skaliste, 2 — wapień uławicone, 3 — łupki

Fig. 7. Jurassic limestone of the Nielepice (Młynka) quarry

A — location of the quarries and layout of the walls; B — log of the platy limestone: 1 — platy limestone, 2 — joint, 3 — marl, 4 — amonites; C — log of the platy and massive limestones: 1 — massive limestone, 2 — platy limestone, 3 — shale; D — log of the bedded and massive limestones: 1 — massive limestone, 2 — bedded limestone, 3 — shale

Wapienie skaliste są zmiennej zwięzłości, generalnie o barwie jasnożółtej przechodzącej w białą. Są one zróżnicowane strukturalnie. Widoczne jest to we wschodniej ścianie dolnego kamieniołomu, gdzie odsłania się fragment biohermy gąbkowej, do której przylegają nieregularnie uławicone wapień o charakterze brekcji i konglomeratów, złożone z fragmentów wapieni mikrytowych o wielkości od jednego do kilkunastu centymetów. Są one zarówno zwięzłe, jak też i rozpadają się na poszczególne okruchy. Często są wśród nich gniazda krystalicznego kalcytu o średnicach do 30 cm.

KAMIEŃ – ODWOZY



Rys. 8. Wapień jurajskie w kamieniołomach złoża Kamień-Odwozy

A — szkic położenia i zarysu ścian kamieniołomów; B, C — profile kamieniołomów: 1 — wapień detrytyczny, 2 — amonity i belemnity, 3 — szczątki organiczne niez rozpoznawalne, 4 — margle, 5 — ślady żerowania

Fig. 8. Jurassic limestone of the quarries of the Kamień-Odwozy deposit

A — location of the quarries and layout of the walls; B and C — logs of the quarries: 1 — detritic limestone, 2 — ammonites and belemnites, 3 — not identifiable organic remnants, 4 — marl, 5 — feeding traces

Kamieniołomy złoża Mirów

W ścianach trzech sprofilowanych kamieniołomów (rys. 9A) odślaniają się wapienie płytowe stanowiące spagową część utworów jury górnej. Analizowano profil o miąższości około 15 m (rys. 9B, C, D). Przeważają w nim dobrze uławicone wapienie barwy jasnoszarej i jasnobezowej wietrzejące na białą. W większości są to wapienie mikrytowe ze zróżnicowaną zawartością drobnych, nieco ciemniejszych okruchów stanowiących od kilku do 70% objętości skały. Ich wielkość zwykle nie przekracza 3 mm, sięgając maksymalnie 2 cm. Okruchowa budowa skały jest szczególnie dobrze widoczna na powierzchniach nadwiertzałych. Dostyc często spotykana jest fauna w postaci amonitów i belemnitów. Sporadycznie obecna jest laminacja pozioma wywołana obecnością podwyższonej zawartości składnika ilastego. Niekiedy wśród zwięzłych wapieni pojawiają się pojedyncze ławice znacznie słabiej zlyfikowanych margli o podobnym do wapieni zabarwieniu. Ławice wapieni rozdzielają cienkie, nie przekraczające 5 cm wkładki marglistego iłu zawierające drobne okruchy zwięzłych wapieni.

Miąższość ławic wapieni waha się od 8 do 82 cm, najczęściej sytuując się w przedziale 30—40 cm, przy średniej miąższości 35 cm (rys. 9B, C, D).

O walorach dekoracyjnych omawianych wapieni decydują większe nagromadzenia materiału okruchowego, urozmaicające dość monotonną fakturę skały, oraz sporadycznie pojawiająca się fauna w postaci amonitów i belemnitów.

Kamieniołom złoża Wielkanoc

Wapienie jury przykryte są utworami kredy o widocznej w ścianach kamieniołomu miąższości sięgającej 5 m. Są to piaskowce glaukonitowe i zlepieńce, a wyżej cienkopłytowe, miękkie wapienie zielonoszare z glaukonitem (rys. 10B). Żadna z wymienionych tu odmian litologicznych skał kredowych nie może stanowić surowca dla rekonstrukcji kamieniarskich. Interesujące są natomiast zalegające poniżej wapienie jurajskie.

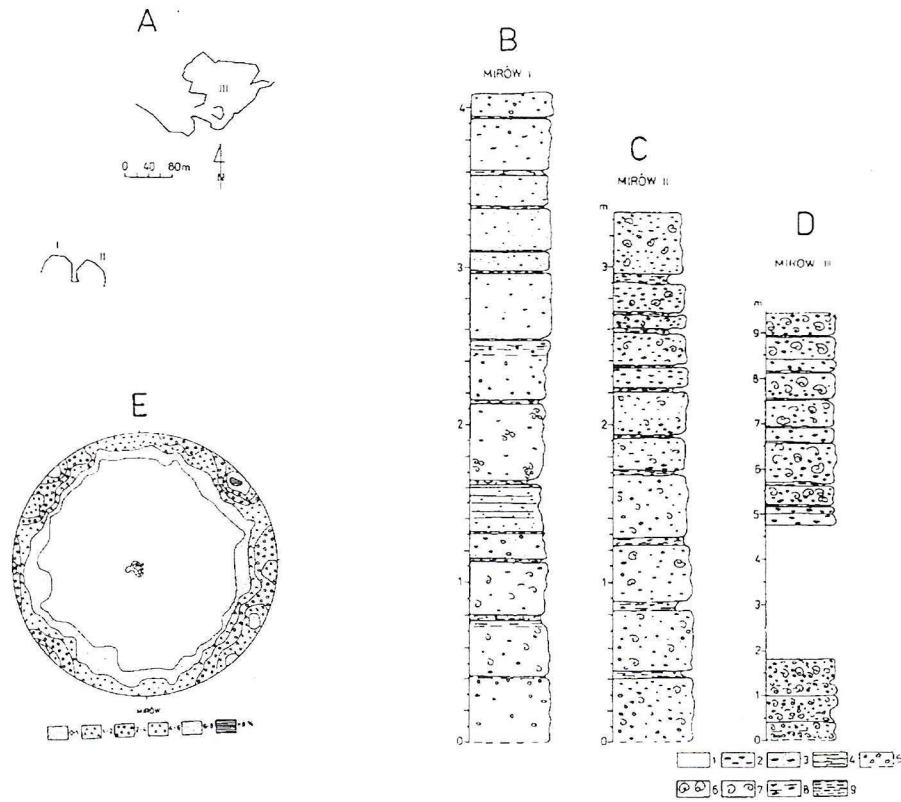
W ścianach kamieniołomu o wysokości przekraczającej 10 m dominują wapienie skaliste, jedynie we fragmencie ściany południowo-wschodniej ukazują się wapienie uławicone (rys. 10A).

Wapienie skaliste są zwięzłe, jasnoszare z lekkim odcieniem brązowym, wietrzejące na białą. Są pelityczne z obfitą pokruszoną fauną i charakterystycznymi kawernami. Kawerny mają średnice od milimetra do kilku centymetrów, najczęściej około 1 cm. Są rozmieszczone bezładnie, a wnętrza ich wypełniają drobne kryształki węglanów. Tego rodzaju formy są opisywane jako struktury stromatactis (Matyszkiewicz 1996). Fragmenty fauny często są ciemniejsze od tła, zwykle o lekko niebieskawym zabarwieniu. Na uwagę zasługuje obecność płaskich gąbek ukazujących się na powierzchni skały w formie niebieskawych „tasiemek” o długości do 20 cm i szerokości od 5 mm do 1 cm.

Wapienie uławicone są detrytyczne, złożone z okruchów wapieni pelitycznych o ostrokrawędzistych kształtach i średnicach od 1 do 30 cm. Wśród wiążącego je silnie drobnetrytycznego materiału występuje liczna fauna małży i ramienionogów. Miąższość ławic wynosi około 2 m.

Kamieniołom złoża Ulina Wielka

W ścianach dwupoziomowego kamieniołomu ukazują się głównie wapienie skaliste, którym towarzyszą wapienie uławicone, niekiedy zawierające krzemienie (rys. 11A).

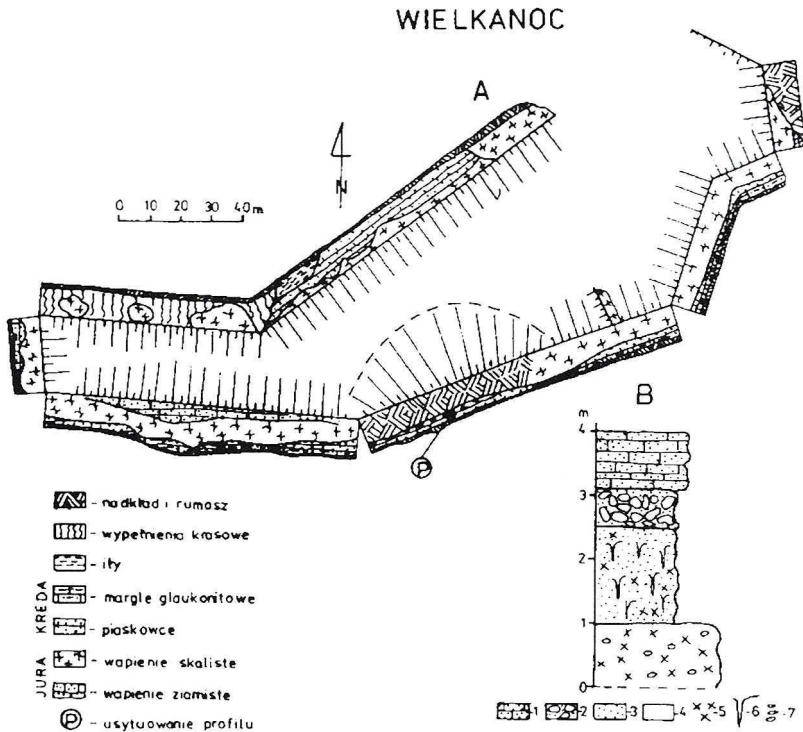


Rys. 9. Wapieniec jurajskie w kamieniołomach złoża Mirów

A — szkic położenia i zarysu ścian kamieniołomów; B, C, D — profile kamieniołomów: 1 — wapień pelityczny, 2 — intraklasty, 3 — wapień detrytyczny z intraklastami, 4 — laminacja, 5 — belemnity, 6 — amonity, 7 — szczątki organiczne niez rozpoznawalne, 8 — ił marglisty z okruchami wapiennymi, 9 — ił marglisty; E — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielności

Fig. 9. Jurassic limestone of the quarries of the Mirów deposit

A — location of the quarries and layout of the walls; B, C and D — logs of the quarries: 1 — pelitic limestone, 2 — intraclasts, 3 — detritic limestone with intraclasts, 4 — laminae, 5 — belemnites, 6 — amonites, 7 — not identifiable organic remnants, 8 — marly clay with limestone debris, 9 — marly clay; E — joint distribution graph



Rys. 10. Wapienie jurajskie w kamieniołomie Wielkanoc

A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian; B — profil kontaktu wapienia skalistego z utworami kredowymi:
 1 — wapienie glaukonitowe, 2 — zlepioniec, 3 — piaskowiec glaukonitowy, 4 — wapień skalisty, 5 — szczątki fauny,
 6 — ślady żerowania, 7 — kawerny

Fig. 10. Jurassic limestone of the Wielkanoc quarry

A — location of the quarry and layout of the walls; B — log of the contact of the massive limestone and Cretaceous marl: 1 — glauconitic limestone, 2 — conglomerate, 3 — glauconitic sandstone, 4 — massive limestone, 5 — organic remnants, 6 — feeding traces, 7 — caverns

Wapienie skaliste mają charakter brekcji ze szczególnie dobrze widocznymi, na nadwieszonych powierzchniach, ostrokrawędzistymi okruchami wapieni pelitycznych o barwie jasnożółtobrazowej, z bogatą fauną. Okruchy te mają wielkość zwykle kilku centymetrów i nie przekraczają 10 cm. Tkwią w drobno pokruszonym detrycie organicznym barwy białej o wielkości poniżej 1 mm. Zawartość większych okruchów jest zróżnicowana, sprawiając niekiedy wrażenie warstwowania frakcjonalnego. W drobniej uziarnionych partiach wapień upodabnia się do wapienia skalistego z kawernami opisanego z kamieniołomu Wielkanoc (rys. 11B).

Wapienie uławiczone mają miąższość 50—200 cm, najczęściej około 100 cm. Granice ławic nie zawsze są ostre, często po rozciągłości zanikają, aby ukazać się ponownie po kilku metrach. Wapienie te są niezbyt zwarte, niekiedy brudzące palce, białe o lekko szarym odcieniu. Są w większości drobno- i równodetrytyczne, partiami jedynie z większymi okruchami wapieni pelitycznych i pokruszonej fauny o wielkości do 1 cm. W górnym poziomie kamieniołomu w wapieniach uławiczonych pojawiają się czarne krzemienie o kilkucentymetrowych średnicach i wyraźnym kierunkowym ułożeniu równoległym do uławiczenia.

Spośród przedstawionych powyżej różnych odmian litologicznych wapieni jurajskich najbardziej atrakcyjne walory dekoracyjne mają wapień skaliste z kamieniołomu Wielkanoc. Ich silny stopień lityfikacji daje możliwości uzyskania polerowanych powierzchni, a obecność kawern i licznej fauny urozmaica jej wygląd. Wapień pozostałych kamieniołomów są podobnie wykształcone i dają możliwości uzyskania materiału kamiennego o charakterze brekcji lub zlepieńca, czy też złożonego z okruchów o drobnych rozmiarach.

3.2.2. Właściwości fizyczno-mechaniczne

Oceniono je na podstawie oznaczeń wykonanych w ramach dokumentacji geologicznej złóż Nielepice (Jura 1973), Kamień-Odwozy (Przewłocka 1980), Mirów (Nowak 1976, 1986), Wielkanoc (Sas-Korczyńska 1989) i Ulina Wielka (F. Nowak 1955).

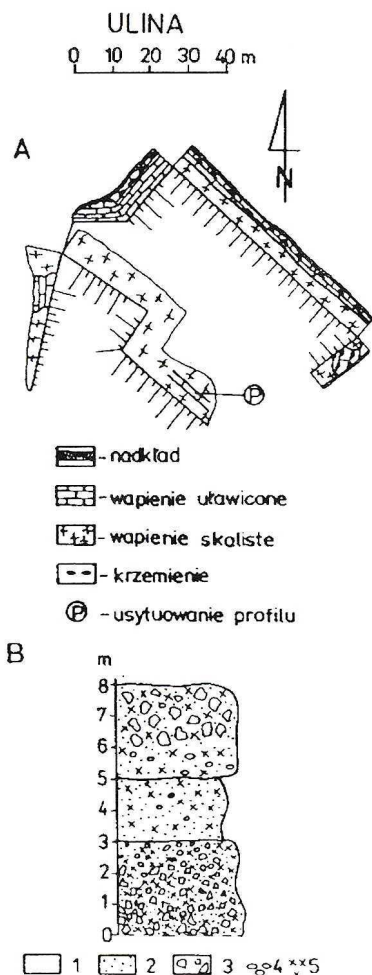
Złoże Nielepice

Na podstawie profilów wierceń z dokumentacji rozdzielono próby i osobno analizowano właściwości wapieni skalistych i uławiconych (tab. 5).

Gęstość pozorna oznaczona w podobnej liczbie prób dla obu odmian dała podobne wartości średnie przy zbliżonych, dosyć znacznych odchyleniach standardowych. Wynoszą one odpowiednio $2,47 \text{ t/m}^3$ i $0,10 \text{ t/m}^3$ dla uławiconych oraz $2,44 \text{ t/m}^3$ i $0,129 \text{ t/m}^3$ dla skalistych. Ich rozkłady są podobne (rys. 12), świadcząc o znacznym zakresie zmienności tej właściwości. Mając na uwadze fakt, że wapień obu odmian nie różni się składem mineralnym można sądzić, że duży zakres zmienności gęstości pozornej jest wynikiem zróżnicowanej porowatości występującej w obu odmianach.

Nasiąkliwość wagowa, stosunkowo wysoka i podobna dla obu odmian, potwierdza powyższą konstatację. Dla wapieni uławiconych średnia dla tej właściwości wynosi 3,13% przy odchyleniu standardowym 1,46%, dla skalistych zaś odpowiednio 3,33 i 1,943% (tab. 5, rys. 12).

Mrozoodporność opisywanych wapieni, wobec znacznej nasiąkliwości dla sporej liczby prób, nie jest całkowita. Dla 46 badanych prób wapieni uławiconych 19 uległo zniszczeniu po mniejszej liczbie cykli zamrażania niż 25. Podobnie w wapieniach skalistych, przy 43 próbach zniszczeniu



Rys. 11. Wapień jurajskie w kamieniołomie Ulina

A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian; B — profil wapieni skalistych; wapień pelityczny: 2 — wapień detrytyczny, 3 — okruchy wapienne, 4 — kawerny, 5 — szczątki organiczne

Fig. 11. Jurassic limestone of the Ulina quarry
A — Location of the quarry and layout of the walls;

B — log of the massive limestone: 2 — detritic limestone, 3 — limestone debris, 4 — caverns, 5 — organic remnants

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni jurajskich złoza Nielepice

TABLE 5

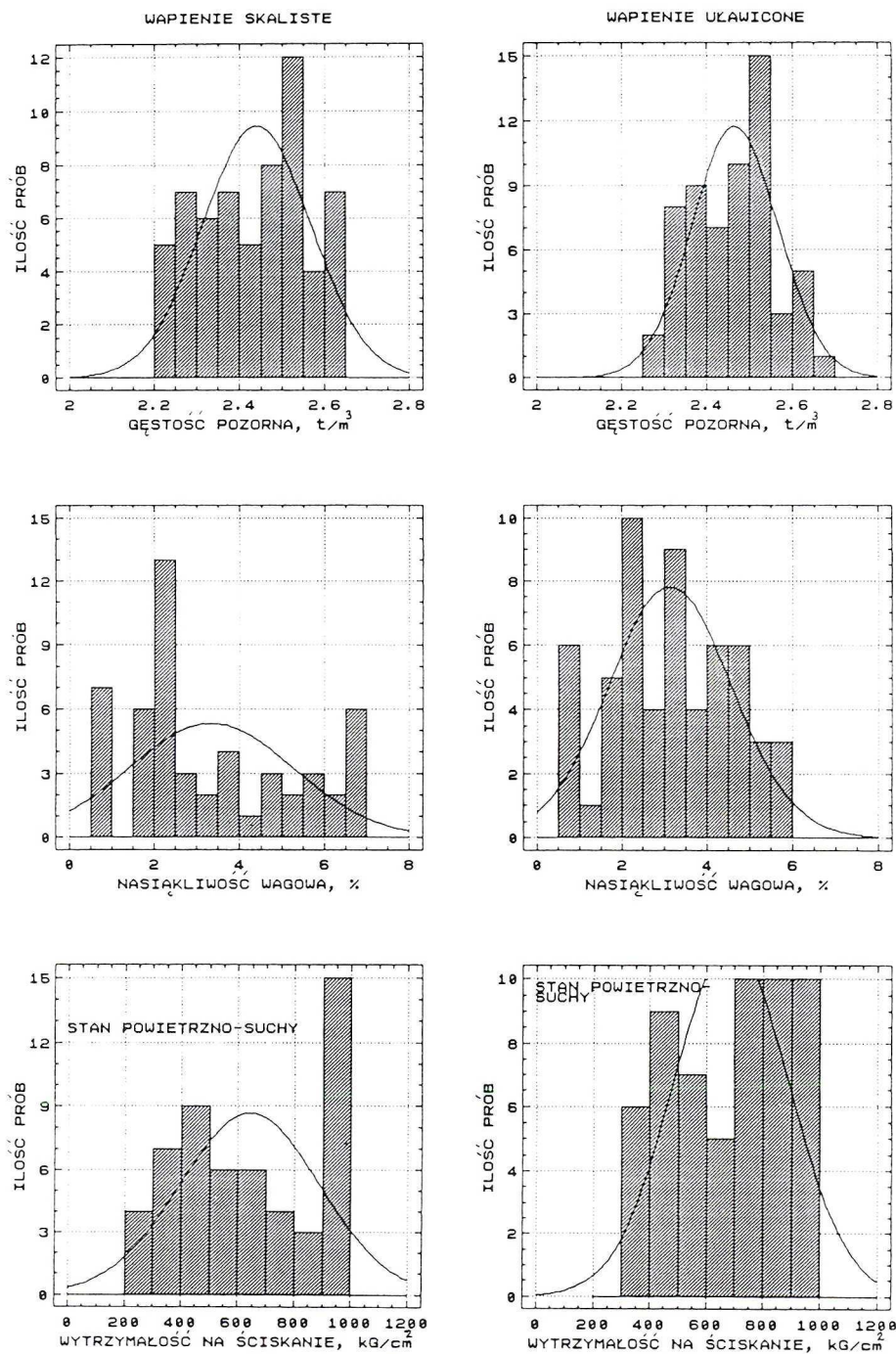
Physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the deposit Nielepice

Wapienic uławiczone
Bedded limestone

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	60	57	57	56	36	57
Średnia	2,47	3,13	678	539	384	0,90
Mediana	2,645	3,19	730	535	320	0,86
Odchylenie standardowe	0,10	1,46	204,0	197,2	177,3	0,265
Wartość minimalna	2,27	0,54	320	240	120	0,45
Wartość maksymalna	2,66	5,81	980	850	730	1,67

Wapienic skaliste
Massive limestone

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	61	52	54	50	30	49
Średnia	2,44	3,33	641	504	464	0,86
Mediana	2,47	2,51	625	450	480	0,82
Odchylenie standardowe	0,129	1,943	248,9	234,1	200,8	0,315
Wartość minimalna	2,21	0,53	210	130	150	0,53
Wartość maksymalna	2,65	6,99	980	900	730	2,00



Rys. 12. Rozkłady wybranych właściwości fizyczno-mechanicznych jurajskich wapieni skalistych i ulawionych ze złoża Nielepiec

Fig. 12. Distribution of basic physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the Nielepiec quarry

uległo 16. Należy tu podkreślić, że zniszczenie pojedynczych prób nastąpiło już po 13 cyklach. Silne oddziaływanie zamrozu na omawiane skały uwidacznia się również silnym spadkiem wytrzymałości na ściskanie, przekraczającym 40% w przypadku wapieni uławiconych.

Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym obu odmian wapieni, oznaczona na ponad 50 próbach, dla każdej z nich przyjmuje podobne wartości średnie powyżej 600 kG/cm², przy wynoszącym powyżej 200 kG/cm² odchyleniu standardowym. W obu odmianach obok sporej liczby prób o wytrzymałości powyżej 800 kG/cm² pojawiają się i takie, dla których nie przekracza ona 400 kG/cm² (rys. 12). Nasylenie prób wodą w małym stopniu obniża wytrzymałość na ściskanie, gdyż odpowiednie wartości średnie wynoszą 539 kG/cm² dla uławiconych i 504 kG/cm² dla skalistych (tab. 5).

Ścieralność na tarczy Boehmego jest również podobna w obu odmianach wapieni i wartości średnie wynoszą 0,90 cm dla uławiconych oraz 0,86 cm dla skalistych.

Złoże Kamień-Odwozy

Gęstość pozorna oznaczona na 71 próbkach dała średnią 2,48 t/m³, przy odchyleniu standardowym 0,20 t/m³, świadcząc o stosunkowo znacznych wahaniami wartości tej właściwości (tab. 6). Zakres wahań bardzo wydatnie zwiększa obecność dwóch próbek o gęstości pozornej nie przekraczającej 1,70 t/m³, podczas gdy dla większości jest ona zawarta w przedziale 2,40—2,70 t/m³ (rys. 13).

Nasiąkliwość wapieni omawianego złoża wynosi średnio 3,42% dla wagowej i 7,53% dla objętościowej, przy dochyleniach standardowych odpowiednio 4,20 i 6,85%. Podobnie jak w przypadku gęstości pozornej, i tu zaznacza się obecność dwóch próbek o znacznie wyższej nasiąkliwości w porównaniu do pozostałych. Dla większości próbek nie przekracza ona 10% dla wagowej i 20% dla objętościowej, przy przeważającej liczbie prób o nasiąkliwości wagowej mniejszej od 5% dla wagowej i 10% dla objętościowej, podczas gdy dla wspomnianych próbek przekracza ona odpowiednio 20 i 30%. Można stąd wnosić, że próbki te mają szczególnie podwyższoną zawartość porów dostępnych dla wody. Obecność tego rodzaju materiału ma niewątpliwy wpływ na mrozoodporność, która jakkolwiek w dokumentacji została dla omawianych wapieni oceniona jako całkowita, to przy analizie poszczególnych próbek dosyć często okazuje się gorsza. I tak, dla 62 próbek 47 miało mrozoodporność całkowitą, 4 dostateczną i 11 niedostateczną.

Wytrzymałości na ściskanie w stanie powietrzno-suchym badanych wapieni wahają się w dość znacznym przedziale od 230 do 1870 kG/cm² przy stosunkowo wysokiej średniej 978 kG/cm² (tab. 6) i odchyleniu standardowym 330,2 kG/cm². Stosunkowo duża ilość prób wykazała wytrzymałość w granicach 1000—1200 kG/cm² (rys. 13). Po nasyceniu próbek wodą średnia wytrzymałość na ściskanie obniża się do wartości 669 kG/cm² z odchyleniem standardowym 295,1 kG/cm².

Ścieralności na tarczy Boehmego oznaczone na 58 próbach zawarte są w dość szerokim przedziale od 0,29 do 1,37 cm, dając wartość średnią 0,59 cm z odchyleniem standardowym 0,244 cm.

Biorąc pod uwagę powyżej przedstawione wyniki oznaczeń właściwości fizyczno-mechanicznych, wapienie złoża Kamień-Odwozy, na tle klasyfikacji zawartej w normie PN-88/B-01080, można określić jako skały ciężkie, mało nasiąkliwe o średniej wytrzymałości na ściskanie

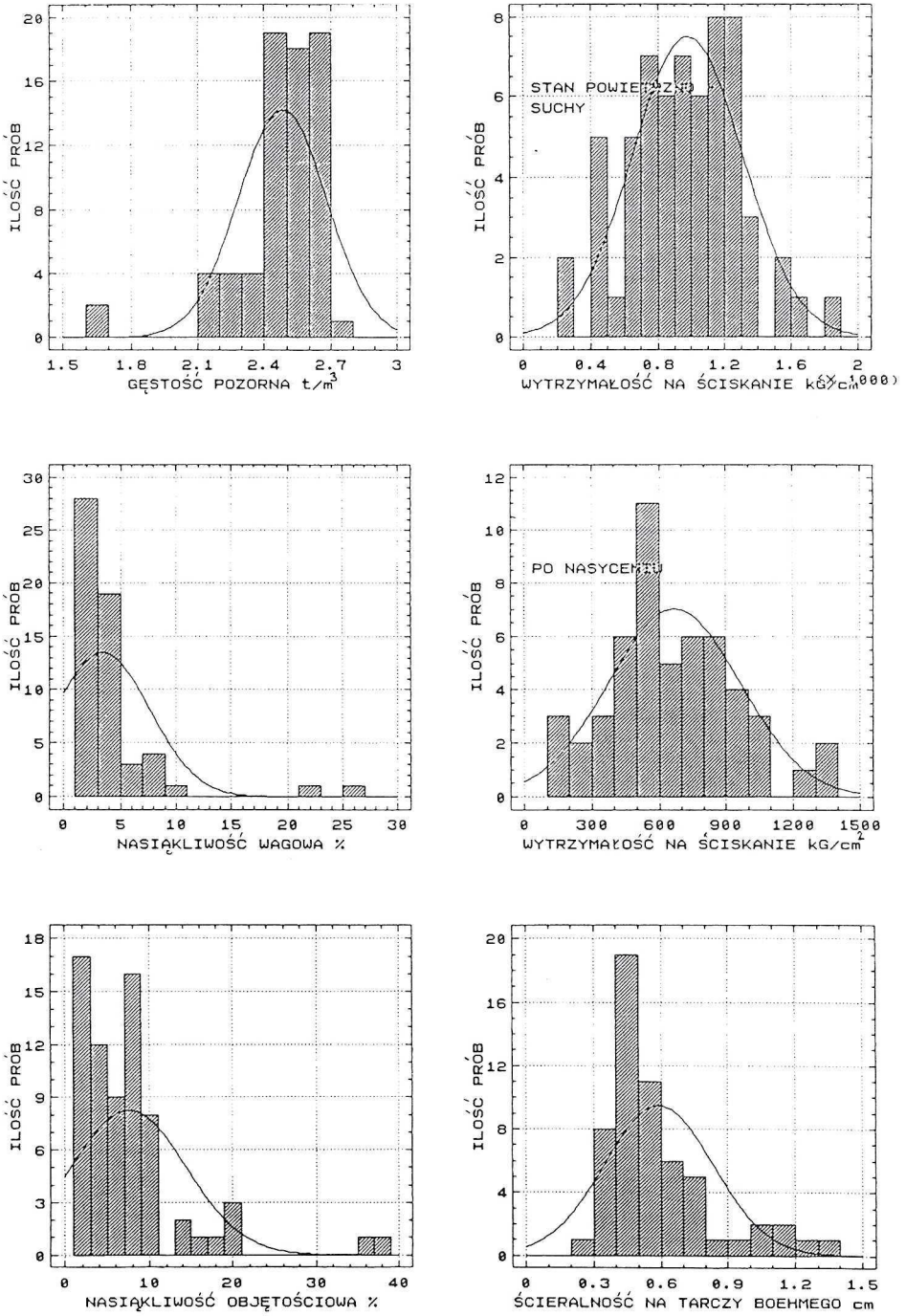
TABELA 6

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni jurajskich złoża Kamień-Odwozy

TABLE 6

Physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the deposit Kamień-Odwozy

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Nasiąkliwość objętościowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie kG/cm ²	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	71	71	71	62	52	58
Średnia	2,48	3,42	7,53	978	669	0,59
Mediana	2,52	2,58	6,38	1 000	630	0,44
Odchylenie standardowe	0,20	4,20	6,85	330,2	295,1	0,244
Wartość minimalna	1,64	0,42	1,12	230	110	0,29
Wartość maksymalna	2,80	26,73	38,81	1 870	1 380	1,37



Rys. 13. Rozkłady podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych jurajskich wapieni ze złoża Kamień-Odwozy

Fig. 13. Distribution of basic physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the Kamień-Odwozy quarry

i średniej ścieralności na tarczy Boehmego. Pozwalają one na stosowanie omawianych wapieni jako kamienia budowlanego zarówno do wykonywania elementów używanych tak wewnątrz, jak i na zewnątrz pomieszczeń.

Złoże Mirów

Gęstość pozorna wapieni omawianego złoża waha się od 2,16 do 2,60 t/m³, przy średniej 2,44 t/m³ i odchyleniu standardowym 0,1 t/m³. Najczęściej jest ona zawarta w przedziale od 2,45 do 2,50 t/m³, przy ilościowej przewadze prób z przedziałów o niższej gęstości pozornej (rys. 14).

Stosunkowo niska gęstość pozorna jest zapewne spowodowana podwyższoną porowatością badanych skał, co znajduje odbicie w ich znacznej nasiąkliwości wagowej. Jest ona zawarta w przedziale od 1,52 do 9,19%, przy średniej 3,71% i odchyleniu standardowym 1,53% (tab. 7). Znaczna większość prób spośród 90 oznaczanych posiada nasiąkliwość wagową mniejszą od 5%, a kilkanaście jedynie powyżej tej wartości (rys. 14). Według normy PN-84/B-01080 wartości te lokują omawiane wapienie głównie w grupie skał mało nasiąkliwych, co najwyżej średnio nasiąkliwych. Równocześnie skały te są odporne na działanie mrozu. Spośród 78 badanych prób jedynie 6 posiadało dobrą mrozoodporność przy bardzo dobrej pozostałych. Można stąd wnosić o regularnej budowie pór skalnych, zapewniających możliwości powiększania objętości zamarzającej wody bez wywoływania naprężeń.

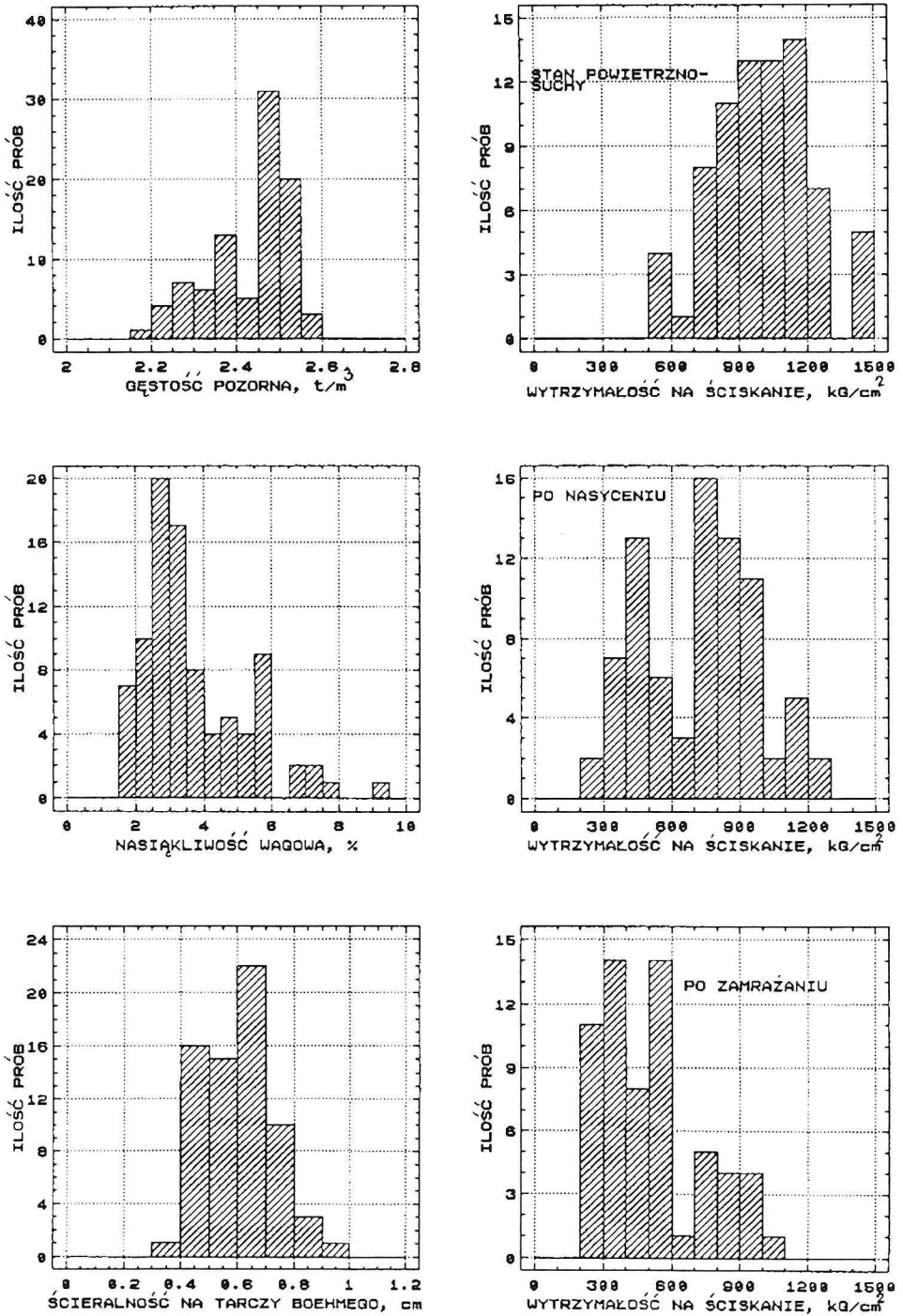
Wapienie złoża Mirów wykazują najwyższe spośród omawianych złóż wapieni jurajskich wytrzymałości na ściskanie. Dla prób, których własność ta oznaczana była w warunkach powietrzno-suchych średnia wynosi 1003 kG/cm², przy wahaniami od 540 do 1410 kG/cm² i odchyleniu standardowym 219,6 kG/cm². Po nasyceniu wodą następuje stosunkowo niewielki spadek wytrzymałości, dając średnią wartość 724 kG/cm² z wahaniami od 240 do 1290 kG/cm² i zbliżonym odchyleniu (tab. 7). Podobne obniżenie następuje w wyniku zamrażania prób, dając średnią 521 kG/cm² przy podobnych wahaniami i odchyleniu standardowym jak w przypadku prób nasyconych wodą (tab. 7). Uzyskane wartości pozwalają na zaliczenie badanych wapieni według wspomnianej wyżej normy do skał o średniej wytrzymałości na ściskanie, przy czym nasycenie wodą i zamrażanie powodują wzrost udziału prób zaliczanych do skał o wytrzymałości małej (rys. 14).

Ścieralność na tarczy Boehmego, podobnie jak wytrzymałość na ściskanie, w porównaniu do opracowywanych wapieni jurajskich jest tu najkorzystniejsza. Jej wartość średnia wynosi 0,61 cm, przy wahaniami 0,39—0,99 cm i odchyleniu standardowym 0,119 cm. Znaczna większość prób ma ścieralność poniżej 0,75 cm, co pozwala na zaliczenie ich do skał o średniej wartości tej właściwości (rys. 14).

Powyżej omówione właściwości fizyczno-mechaniczne pozwalają na zastosowanie badanych skał do produkcji elementów wykładzin pionowych i poziomych układanych tak wewnątrz, jak i na zewnątrz pomieszczeń. Mogą też być używane do produkcji elementów budowlanych murowych.

Złoże Wielkanoc

Gęstości pozorne wapieni oznaczone na 22 próbkach wykazują niewielkie wahania, dając wartość średnią 2,61 t/m³ przy odchyleniu standardowym 0,024 t/m³ (tab. 8). Rozkład gęstości pozornej (rys. 15) wskazuje, iż przeważająca liczba prób osiąga wartości powyżej 2,60 t/m³, a jedna jedynie posiada znacznie niższą gęstość pozorną — 2,54 t/m³.



Rys. 14. Rozkłady podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych jurajskich wapieni ze złoża Mirów
 Fig. 14. Distribution of basic physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the Mirów quarry

TABELA 7

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni jurajskich złoża Mirów

TABLE 7

Physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the deposit Mirów

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Bochmego [cm]
Liczba prób	90	90	76	80	62	68
Średnia	2,44	3,71	1003	724	521	0,61
Mediana	2,47	3,21	1060	710	480	0,61
Odchylenie standardowe	0,10	1,53	219,6	250,3	222,4	0,119
Wartość minimalna	2,16	1,52	540	240	240	0,39
Wartość maksymalna	2,60	9,19	1 410	1 290	1 010	0,99

Wapienie te mają stosunkowo niską średnią nasiąkliwość wagową — 1,14 %. Dla większości badanych prób jest ona mniejsza od 1,5 % (rys. 15). Niewielka nasiąkliwość wapieni złoża Wielkanoc sprawia, że żadna spośród 23 badanych prób nie wykazała zmian wywołanych 25 cyklami zamrażania i należy uznać w myśl obowiązujących norm, iż są to skały całkowicie mrozoodporne.

Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym oznaczona na 24 próbach dała wartość średnią 567 kG/cm², przy stosunkowo niewielkim odchyleniu standardowym 111,7 kG/cm² (tab. 8). Jej rozkład ma charakter dwumodalny z maksimumami dla przedziałów 400—450 i 600—650 kG/cm² (rys. 15). Średnia wytrzymałość spada do 454 kG/cm² po nasyceniu wodą i bardzo nieznacznie, bo do 444 kG/cm², po zamrożeniu (tab. 8).

Ścieralność na tarczy Boehmego wynosi średnio 0,81 cm, przy wahaniach od 0,45 do 1,73 cm. Ta ostatnia wartość wyraźnie odbiega od przeciętnej (rys. 15), gdyż znaczna większość prób ma ścieralność mniejszą od 1,2 cm.

Złoże Ulina Wielka

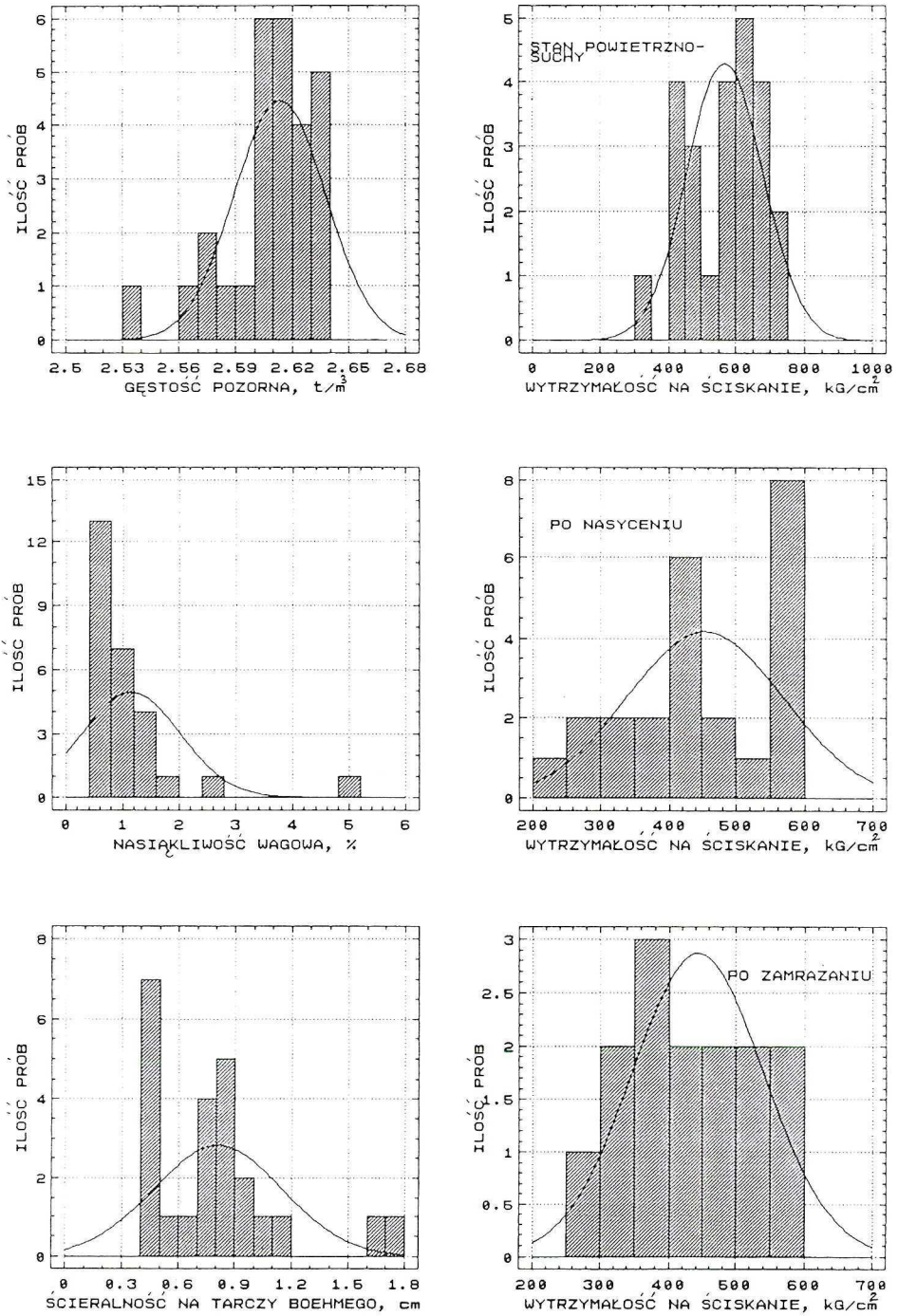
Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni z Uliny Wielkiej, mimo małej odległości od złoża Wielkanoc, świadczą o gorszej jakości kopaliny. Ich średnia gęstość pozorna jest znacznie niższa i wynosi 2,33 t/m³, z odchyleniem standardowym 0,034 t/m³ przy wahaniach od 2,27 do 2,37 t/m³ (tab. 9). Nasiąkliwość wagowa jest natomiast wyższa, wynosząc średnio 1,73 %, przy czym wszystkie badane próby wykazały całkowitą mrozoodporność. Mniejsza jest ich wytrzymałość na ściskanie, przy wahaniach od 214 do 670 kG/cm² wynosząca średnio 402 kG/cm². Jedynie ścieralność na tarczy Boehmego jest nieco mniejsza i wynosi średnio 0,75 cm z odchyleniem standardowym 0,04 cm. Podkreślić tu należy, że przy dużym zróżnicowaniu litologicznym wapieni złoża Ulina Wielka ocena omawianego materiału dokonana została na podstawie wyników badań zaledwie 8 prób.

Omówione powyżej właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni jurajskich świadczą o dużym zróżnicowaniu wydzielonych odmian. Wyraźnie najkorzystniejsze właściwości posiadają wapienie skaliste złoża Wielkanoc. Uzyskane wyniki pozwalają na określenie ich jako skał ciężkich, mało nasiąkliwych, o słabej i średniej wytrzymałości na ściskanie i dużej ścieralności na tarczy Boehmego.

3.2.3. Bloczność

Oceniono ją jedynie dla kamieniołomu złoża Mirów. Jak już poprzednio wspomniano, w pozostałych złożach sposób eksploatacji nastawiony na pozyskiwanie kamienia łamanego doprowadził do powstania licznych i o nieregularnym przebiegu płaszczyzn podzielnosci, których pomiary nie mogą być podstawą oceny możliwości uzysku bloków. Nie można wykluczyć, że po wybraniu spękanej części złoża możliwości takie pojawiają się, zwłaszcza w obrębie dosyć jednorodnego złoża Wielkanoc, czy też wapieni płytowych złoża Kamień-Odwozy.

Pomiary orientacji i intensywności płaszczyzn podzielnosci złoża Mirów wykonano w obrębie największego kamieniołomu oznaczonego numerem III (rys. 9A). W pozostałych stopień odstąpienia nie pozwala na przeprowadzenie stosownej liczby pomiarów.



Rys. 15. Rozkłady podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych jurajskich wapieni ze złoża Wielkanoc

Fig. 15. Distribution of basic physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the Wielkanoc quarry

TABELA 8

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni jurajskich złoża Wielkanoc

TABLE 8

Physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the deposit Wielkanoc

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Bochmego [cm]
Liczba prób	22	27	24	24	14	24
Średnia	2,61	1,14	567	454	444	0,81
Mediana	2,62	0,89	585	425	440	0,80
Odchylenie standardowe	0,024	0,874	111,7	114,8	97,2	0,339
Wartość minimalna	2,54	0,54	320	230	300	0,45
Wartość maksymalna	2,64	4,95	719	600	580	1,73

TABELA 9

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni jurajskich złoza Ulina Wielka

TABLE 9

Physical and mechanical properties of the Jurassic limestone of the deposit Ulina Wielka

	Gęstość pozorna t/m ³	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Bochmego [cm]
Liczba prób	8	8	8	8
Średnia	2,33	1,73	402	0,75
Mediana	2,34	0,65	402	0,76
Odchylenie standardowe	0,034	0,44	155,2	0,04
Wartość minimalna	2,27	1,20	214	0,70
Wartość maksymalna	2,37	2,50	670	0,81

Badane skały mają regularny, ortogonalny układ płaszczyzn podzielnosci z wyraźnie zaznaczonymi maksimumami dla azymutów kierunku zapadania płaszczyzn pionowych 53^e (253^e) o biegu NW-SE i 156^e (356^e) o biegu NE-SW oraz zawartych w przedziale 4—9^e upadach płaszczyzn podzielnosci pokładowej (rys. 9E).

Częstość pojawiania się płaszczyzn podzielnosci poszczególnych zespołów jest silnie zróżnicowana. Najintensywniej rozwinięty jest zespół podzielnosci pokładowej, dla którego średnia odległość wynosi 37 cm. Jego częstość wyraźnie wzrasta w stropowej części ścian kamieniołomu, gdzie wobec płytkowej podzielnosci nie rokuje możliwości uzysku bloków i obniża udział blocznego surowca. Pozostałe dwa zespoły również są zróżnicowane. Silniej zaznacza się zespół o biegu NE-SW dający średnią odległość 57 cm, podczas gdy pozostały ma średnią 69 cm.

Bloczność określona dla minimalnych bloków o kubaturze 0,25 m wynosi 12%. Można przypuszczać, że w przypadku eksploatacji głębszych partii złoza, wobec zmniejszenia się intensywności płaszczyzn podzielnosci pokładowej, których duża część ma charakter odprężeniowy, można liczyć na wyższą bloczność.

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego określony na podstawie pomiarów w kamieniołomie jest bardzo duży (tab. 10). Praktycznie nie ma możliwości pozyskiwania bloków o kubaturze przekraczającej 1 m³, a więc średnich i większych.

4. Wapienie pińczowskie

Wapienie pińczowskie stanowią jeden z najstarszych materiałów kamiennych stosowanych w budownictwie. Datowane początki ich wykorzystania na te cele przypadają na wiek XI (Penkalowa 1963; Fijałkowsky 1966; Odrzywolska-Bieńkowska 1975). Szczególnie silny rozwój ich zastosowania przypada na okres od XV do XVII w. W tych czasach wykorzystano wapienie piń-

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z wapieni jurajskich w kamieniołomie złoża Mirów

Block volumes of the Jurassic limestone of the Mirów quarry

Fracja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe 0,25—0,5 m ³	9,08	76
Małe 0,5—1,0 m ³	2,40	21
Średnie 1,0—1,5 m ³	0,30	2
Duże 1,5—2,0 m ³	0,18	1
Bardzo duże, powyżej 2,0 m ³	0,04	0
Razem	12,0	100

czowskie w szeregu budowłach Krakowa. Stan ich zachowania wymaga prac konserwatorskich i stąd zajęto się możliwościami pozyskania wapienia pińczowskiego, mimo iż obszar występowania jest dosyć odległy od Krakowa (rys. 1).

4.1. Sytuacja geologiczna

Wapienie pińczowskie stanowią powszechnie wykorzystywaną, jako materiał budowlany i rzeźbiarski, odmianę organodetrytycznych skał węglanowych związaną z poziomem litotamniowym. Stratygraficznie poziom ten usytuowany jest wśród trzeciorzędowych utworów przynależnych do miocenu i reprezentujących torton (baden).

Występowanie wapieni pińczowskich związane jest głównie z pasmem wójczańsko-pińczowskim położonym na południowy zachód od Gór Świętokrzyskich i na wschód od doliny Nidy.

Utwory przynależne do poziomu litotamniowego reprezentowane są według Łyczewskiej (1975) przez margle i wapienie litotamniowe zlepieńcowate facji płytkowodnej, miejscami brzeżnej, złożone z kulistych kongrecji nulliporów. Towarzyszą im osady morza otwartego reprezentowane przez wapienie litawskie. Utwory poziomu litotamniowego tworzą odosobnione płyty wychodni wieńczące kredowe wzniesienia pasma pińczowsko-wójczańskiego.

Wapienie litotamniowe stanowią utwór o zróżnicowanym zarówno uziarnieniu, jak i składzie materiału okruchowego, a także spoiwa. Uziarnienie omawianych wapieni zmienia się na niewielkich przestrzeniach, tak w pionie jak i w poziomie, od drobnoziarnistych do bardzo gruboziarnistych, a nawet zlepieńcowatych. Wśród skamieniałości stanowiących zasadniczy składnik detrytyczny występują otwornice, korale, małżoraczki, wąsonogi, kraby, małże, ślimaki, jeżowce, liliowce i ryby, a niekiedy krzemionkowe igły gąbek. Poza szczątkami organicznymi, skały te zawierają zmienne ilości materiału pochodzenia nieorganicznego w rodzaju kalcytu (w formie mikrytu i sparytu), kwarcu, skaleni, łuszczyków, glaukonitu, minerałów ilastych, a tak-

że skupień związków żelaza. Materiał ten w większości jest składnikiem spoiwa omawianych skał, a jego udział ilościowy w zasadniczy sposób wpływa na ich właściwości fizyczno-mechaniczne, a tym samym i możliwości wykorzystania surowcowego.

Zróżnicowanie uziarnienia oraz spoiwa omawianych skał sprawia, że tylko w części wychodni wapieni litotamniowych istnieją możliwości ich surowcowego wykorzystania. W ciągu stuleci zostały one rozpoznane w dziesiątkach wyrobisk i pochodzące właśnie z nich wapienie litotamniowe nazywane są wapieniem pińczowskim. Zmienność składu skamieniałości tych wapieni pozwala na wydzielenie mikrofacji charakterystycznych dla poszczególnych kamieniołomów (Rydzewski 1975). Ich porównanie ze składem materiału użytego w budowlach daje możliwość ustalenia pochodzenia materiału (Odrzywolska-Bieńkowska 1975).

Możliwości pozyskania wapieni pińczowskich wiązać można obecnie z eksploatowanym złożem Pińczów. Jest ono położone w północnej części miasta Pińczowa obok przyłączonej do miasta wsi Nowa Wieś, przy drodze łączącej Pińczów z Kielcami. Usytuowane jest ono w szczytowej partii wału wójczańsko-pińczowskiego. Jego zasoby ocenione w kategorii A+B+C₁ wynoszą 4942 tys t. i w całości stanowią zasoby przemysłowe. Wydobyte za rok 1997 wyniosło 1000 t.

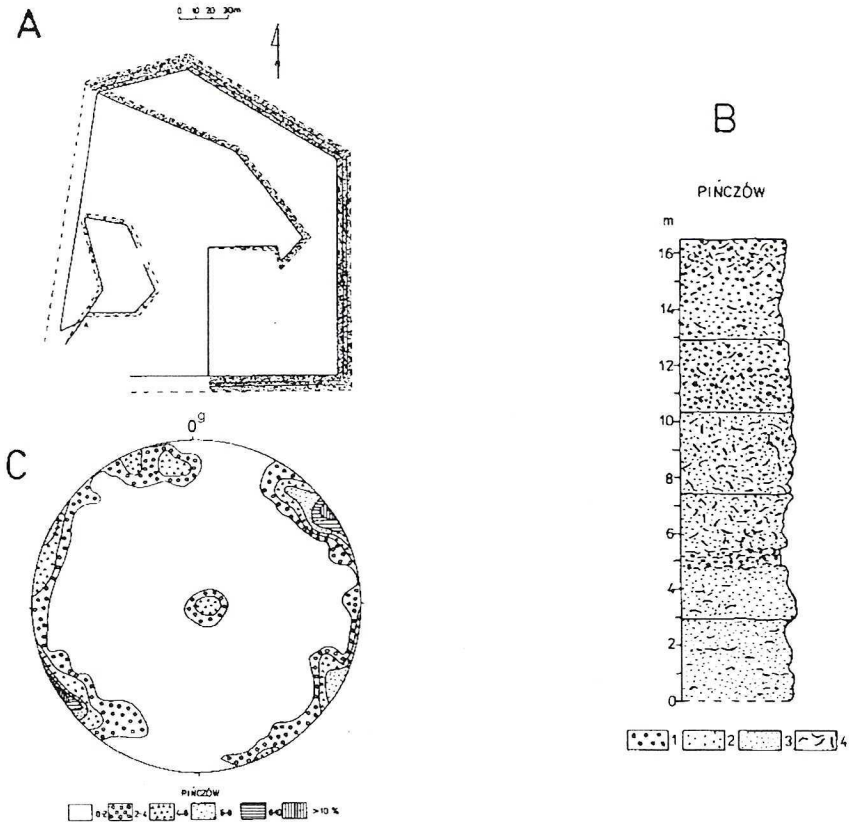
4.2. Ocena surowcowa

W oparciu o szczegółowy profil ścian kamieniołomu oceniono walory dekoracyjne wapieni, a na podstawie pomiarów płaszczyzn podzielności możliwości uzysku bloków dla dolnego poziomu. Właściwości fizyczno-mechaniczne omawianych skał oceniono na podstawie oznaczeń wykonanych w ramach dokumentacji geologicznej i kolejnych do niej dodatków (Bukowiński 1954; Bogacz 1981, 1985).

4.2.1. Walory dekoracyjne

W ścianach kamieniołomu zbadano profil o długości 16,5 m (rys. 16B). W odsoniętej w dolnym poziomie jego części spągowej, o prawie 3-metrowej wysokości ścian, ukazują się wapienie drobnodetryczne barwy jasnożółtawej, po spatynowaniu szarobrazowej i żółtoszarej, o wielkości ziarn od 0,01 do 1 mm. W masie drobnego materiału pojawiają się bezładnie rozmieszczone fragmenty fauny o wielkości od 1 mm do 3 cm przy przewadze 3—5 mm. Niekiedy tworzą one większe nagromadzenia w formie soczew o wymiarach 3 × 10 cm ułożonych dłuższymi osiami równoległe do uławicenia. Są to głównie płaskie fragmenty skorup o barwie białej, jaśniejszej od otoczenia. Wspomniane soczwy utrzymują się niekiedy na jednym poziomie, dając ciągnące się na przestrzeni kilku metrów nagromadzenia fauny, które na przełomie dają wstęgi fantazyjnie powyginanych skorup o grubości 1 do 5 mm odcinających się od ciemniejszego tła.

W profilu ścian poziomu środkowego o miąższości 490 cm wyraźnie zaznacza się zróżnicowanie uziarnienia. W jego dolnej części występuje średnioziarnisty wapień o miąższości 170 cm, barwy białej i szarobrazowej patynie, z ziarnem o wielkości 1 mm. Wśród znacznie przeważających ziarn barwy białej pojawiają się regularnie rozmieszczone ziarna barwy żółtobrazowej. Towarzyszą im fragmenty skorup o wielkości od 2 mm do 2 cm, głównie 3—5 mm. Są one bardziej odporne na procesy wietrzenia, co powoduje, iż delikatnie wystają i są łatwo dostrzegalne,



Rys. 16. Wapenie pińczowskie w kamieniołomie złoża Pińczów

A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian; B — profil kamieniołomu: 1 — wapenie gruboziarniste, 2 — wapenie średnioziarniste, 3 — wapenie drobnoziarniste, 4 — szczątki organiczne; C — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 16. The Pińczów limestone of the Pińczów deposit

A — Location of the quarry and layout of the walls; B — log of the quarry: 1 — coarse grained limestone, 2 — medium grained limestone, 3 — fine grained limestone, 4 — organic remnants; C — joint distribution graph

zwłaszcza w nieczynnych częściach kamieniołomu. W wyższej części o miąższości 90 cm zanikają ziarna żółte, pojawiają się natomiast w większej ilości nagromadzenia skorup ułożonych równoległe do uławicenia. Ich zawartość zmienia się w profilu, dając zanikające po rozciągłości na przestrzeni kilku metrów warstwowanie (2—10 cm), wzdłuż którego zaznacza się wyraźnie oddzielność. Wyżej do stropu poziomemu (190 cm) występuje wapień barwy jasnożółtej o jednolitegoziarnych ziarnach zawierający fragmenty skorup o wielkości głównie od 5—8 mm, maksymalnie sięgającej 2 cm. Są one ułożone bezładnie, dając na świeżym przełamie drobne wydłużone formy o barwie jasnobrazowej.

W dolnej części najwyższego poziomu kamieniołomu, do wysokości 290 cm występuje wapień podobny do opisanego z najwyższej części poziomu środkowego. Wyżej do stropu kamieniołomu rozwinięty jest wapień gruboziarnisty barwy jasnożółtej, o jasnoszarej i jasnobrazowej patynie. Wydzielić w nim można dwie warstwy o grubości odpowiednio 260 i 360 cm. W dolnej

przeważają ziarna o średnicach 1 mm, którym towarzyszą bezładnie rozmieszczone ziarna wielkości 5 mm. Fragmenty skorup spotykane są rzadko, a wielkość ich jest rzędu 1 do 3 cm. Podobny typ wapienia dominuje w spągowej części wyżej położonej ławicy. W jej części stropowej wzrasta zawartość ziarna o średnicach 3—5 mm, jak też i fragmentów skorup o wielkościach 1—3 cm.

Walory dekoracyjne omawianych wapieni związane są głównie z ich barwą, strukturą i teksturą. Jak to wynika z przedstawionego powyżej profilu, istnieją możliwości pozyskiwania odmian o mniejszym lub większym nasileniu barwy żółtej i różnym uziarnieniu. Walory wynikające z cech teksturalnych związane są głównie z bardzo znaczną porowatością wapieni pińczowskich, która decyduje o ich miłej dla oka fakturze sprawiającej wrażenie ciepła. Obecność i sposób rozmieszczenia fauny jest tu elementem drugorzędym z racji jej zabarwienia podobnego do tła, a także niewielkich rozmiarów. Dla celów rzeźbiarskich najbardziej poszukiwane są drobno uziarnione odmiany wapieni pińczowskich odstonięte w najniższym poziomie kamieniołomu.

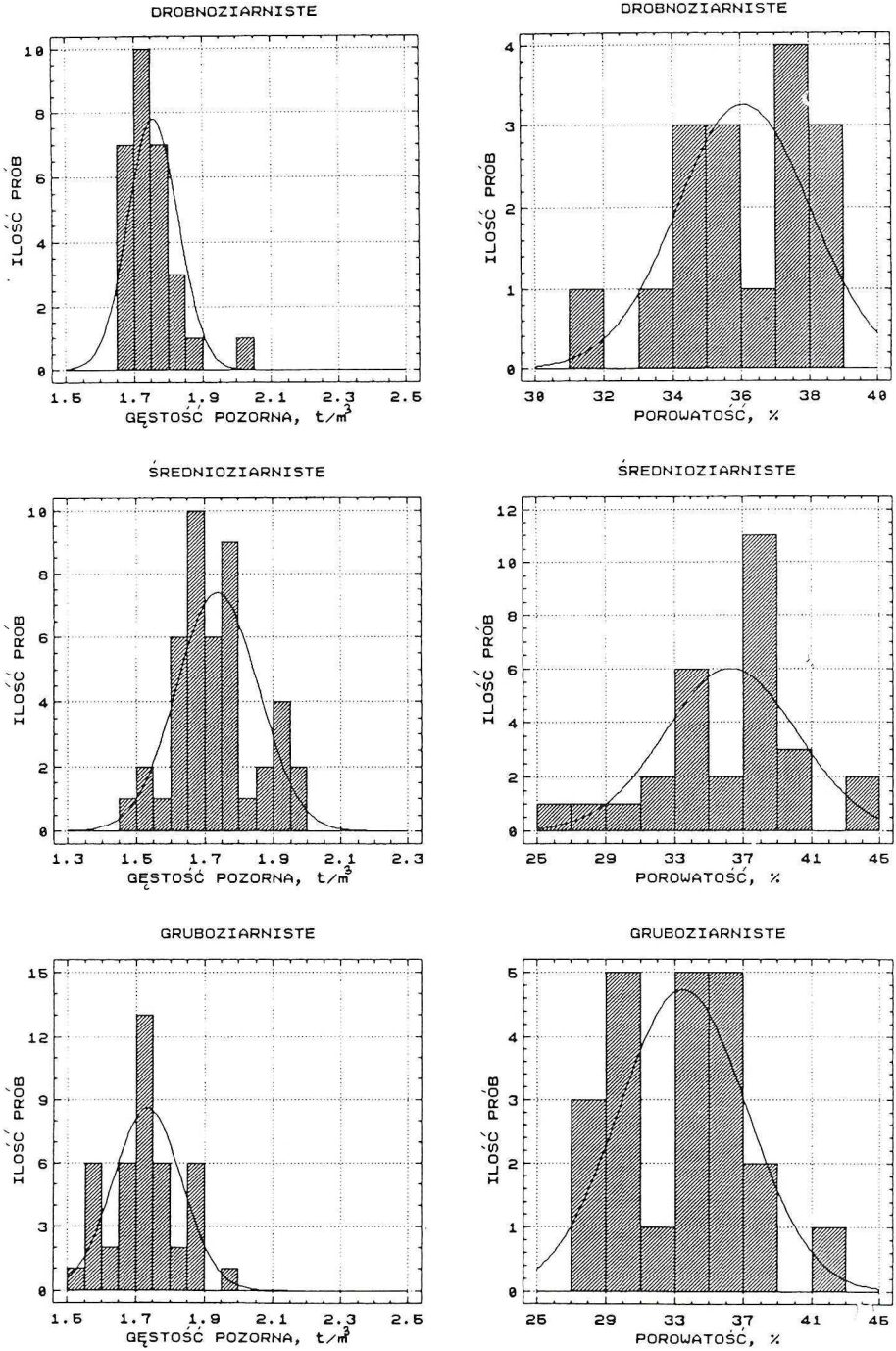
4.2.2. Właściwości fizyczno-mechaniczne

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni pińczowskich zadecydowały o ich popularności jako materiału budowlanego. Szczególnie istotna była łatwość obróbki oraz porowatość decydująca o dobrych właściwościach izolacyjnych. Duża porowatość, powodująca znaczne obniżenie gęstości pozornej w stosunku do gęstości wapieni, jest powodem zaliczania ich do wapieni lekkich.

Zróźnicowanie strukturalne wapieni pińczowskich, podkreślane w literaturze i obserwowane w profilu kamieniołomu (rys. 16B) zadecydowało o omówieniu poszczególnych właściwości fizyczno-mechanicznych oddzielnie dla wapieni drobno-, średnio- i gruboziarnistych. Przetestowano istotność różnic między nimi i odniesiono do właściwości ocenionych dla tych wapieni bez względu na zróźnicowanie strukturalne.

Średnie wartości gęstości pozornej różnych odmian strukturalnych wapieni pińczowskich są bardzo mało zróźnicowane i zawarte w przedziale od 1,73 dla gruboziarnistych do 1,76 t/m³ dla drobnoziarnistych, przy zbliżonych odchyleniach standardowych, które wynoszą odpowiednio 0,10 i 0,07 t/m³. Najniższą wartość gęstości pozornej — 1,55 t/m³, zarejestrowano dla wapieni gruboziarnistych, najwyższą zaś — 2,03 t/m³, dla drobnoziarnistych (rys. 17). Podobne wyniki podaje Rutkowski (1977). Różnice pomiędzy wartościami średnimi gęstości pozornej odmian strukturalnych wapieni pińczowskich sprawdzone testem t-Studenta, na poziomie istotności 0,05 są nieistotne i nie można odrzucić hipotezy o równości średnich dla tej właściwości.

Można ją natomiast odrzucić w przypadku porowatości. Okazuje się, że średnia porowatość gruboziarnistych wapieni pińczowskich w istotny sposób różni się od średnich pozostałych odmian. Jest ona najmniejsza i wynosi 33,49%, z odchyleniem standardowym 3,71%, podczas gdy dla pozostałych jest praktycznie taka sama — 36,29% dla średnioziarnistych i 36,08% dla drobnoziarnistych. Porównanie rozkładów tej właściwości (rys. 17) wskazuje, że przyczyną powyższego zróźnicowania porowatości badanych skał jest obecność większej liczby prób o porowatości poniżej 33% wśród wapieni gruboziarnistych. Rozkład porowatości tych wapieni posiada dwa maksima dla przedziałów 29—31% i 33—37%, co sugeruje obecność dwóch popu-



Rys. 17. Rozkłady gęstości pozornej i nasiąkliwości wagowej różnie uziarnionych wapieni pińczowskich ze złoża Pińczów

Fig. 17. Distribution of the volumetric density and water sorption of textural varieties of the Pińczów limestone

lacji skał różniących się porowatością. To zróżnicowanie, jak wykazano powyżej, nie wiąże się z wartością gęstości pozornej. Mimo większej porowatości wapienie drobnoziarniste posiadają wyższą gęstość pozorną niż mniej porowate wapienie gruboziarniste. Można więc sądzić, że znaczenie mają różnice w składzie mineralnym badanych odmian wapieni, polegające na większej zawartości kalcytu podwyższającego gęstość pozorną w wapieniach drobnoziarnistych. Konstatację powyższą potwierdzają pojedyncze wyniki analiz chemicznych zamieszczone w dokumentacjach.

Nasiąkliwość wagowa oceniona dla różnych odmian strukturalnych wapieni jest bardzo podobna, o średnich zbliżonych do 15%. Dla wszystkich prób (138) średnia nasiąkliwość wagowa wynosi 15,27%, z odchyleniem standardowym 2,74%, przy wahaniach od 8 do 24,79% (tab. 11). Znamienne jest, że mimo najniższej porowatości wapienie gruboziarniste posiadają najwyższą średnią nasiąkliwość objętościową (26,8%). Można to uznać za wskazówkę regularności przebiegu porów w wapieniach gruboziarnistych, które zwiększają dostęp wody w odróżnieniu od innych odmian. Trzeba tu jednak nadmienić, że na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ różnic tych w średnich nasiąkliwościach objętościowych nie można uznać za istotne.

Wytrzymałości na ściskanie wapieni pińczowskich ulegają bardzo silnemu obniżeniu na skutek nasycenia wodą. W mniejszym zaś stopniu reagują one na zamrażanie (odnosi się to do prób o całkowitej mrozoodporności). W warunkach powietrzno-suchych ich średnia wytrzymałość na ściskanie wynosi 91,41 kG/cm², po nasyceniu spada do 66,52 kG/cm², a po zamrażaniu do 58,02 kG/cm², przy odchyleniach standardowych wynoszących odpowiednio 34,23, 20,84 i 15,42 kG/cm² (tab. 11). Zmienność strukturalna badanych wapieni tylko w niewielkim stopniu wpływa na zróżnicowanie ich wytrzymałości na ściskanie (rys. 18). Dla prób ściskanych w warunkach powietrzno-suchych najwyższą średnią uzyskano dla drobnoziarnistych (99,93 kG/cm²), najniższą zaś dla średnioziarnistych odmian (87,36), przy praktycznie takich samych odchyleniach standardowych. Po nasyceniu wodą i po zamrażaniu podobnie najwyższą średnią posiadają wapienie drobnoziarniste (odpowiednio 74,15 i 65,43 kG/cm²). Najniższe zaś są one dla gruboziar-

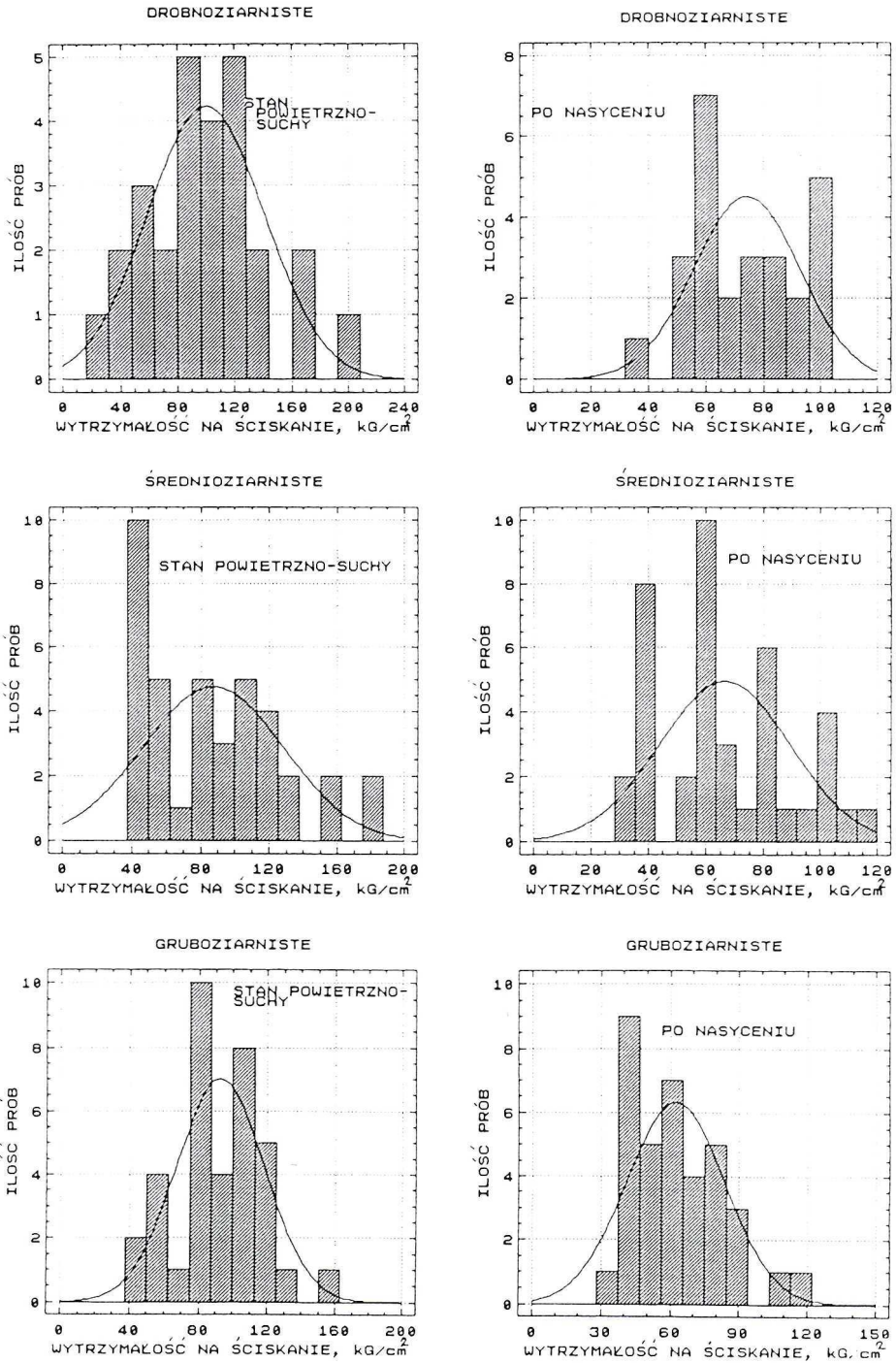
TABELA 11

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni pińczowskich złoża Pińczów

TABLE 11

Physical and mechanical properties of the Pińczów Limestone of the Pińczów deposit

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]
Liczba prób	93	138	122	122	45
Średnia	1,73	15,72	91,41	66,52	58,02
Mediana	1,72	15,32	87,5	60,5	58,0
Odchylenie standardowe	0,10	2,74	34,23	20,84	15,42
Wartość minimalna	1,48	8,00	22	30	24
Wartość maksymalna	2,03	24,79	197	120	100



Rys. 18. Rozkłady wytrzymałości na ściskanie różnych uziarnionych wapieni pińczowskich ze złoża Pińczów

Fig. 18. Distribution of the compressive strength of textural varieties of the Pińczów limestone

nistych, gdzie wynoszą odpowiednio 62,33 i 57,91 kG/cm². Sprawdzane testem t-Studenta różnice między średnimi wykazały, że na poziomie $\alpha = 0,05$ jedynie w przypadku porównywania wytrzymałości na ściskanie prób nasyconych wodą pomiędzy odmianą grubo i drobnoziarnistą są one istotne.

Znaną i od średniowiecza wykorzystywaną w kamieniarstwie właściwość wapieni pińczowskich polegającą na twardnieniu z upływem czasu ilustrują badania przeprowadzone na 33 próbach pobranych ze ścian kamieniołomu i poddanych ściskaniu w różnych warunkach (Bukowiński 1954). Porównywano wartości tej właściwości dla prób ściskanych po nasyceniu wodą, w stanie naturalnego zawilgocenia, po 17 godzinach suszenia i po całkowitym wysuszeniu (rys. 19). Uzyskane wartości średnie wynoszą odpowiednio 74,6, 88,8, 117,2 i 119,6 kG/cm², przy zbliżonych odchyleniach standardowych nie przekraczających 30 kG/cm². Widoczne są stosunkowo niewielkie przyrosty wytrzymałości wynikające ze zmniejszonego stanu nasycenia wodą i w wyniku suszenia prób oraz bardzo duże dla prób w stanie naturalnego zawilgocenia i po 17-godzinym suszeniu. Przyrost wynosi ponad 30%.

Słabą cechą wapieni pińczowskich jest ich mrozoodporność. W większości wykazują one zmiany po mniej niż 15 cyklach zamrażania, i to bez względu na uziarnienie.

Właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni pińczowskich pozwalają według normy PN-84/B-01080 określić je jako skały lekkie, średnio i bardzo nasiąkliwe, o średniej wytrzymałości na ściskanie i co najwyżej dostatecznej mrozoodporności.

Mogą być one stosowane do produkcji elementów budowlanych murowych i elementów płytowych wykładzin pionowych pod warunkiem, że izolowane będą od dostępu wody z uwagi na w większości złą mrozoodporność.

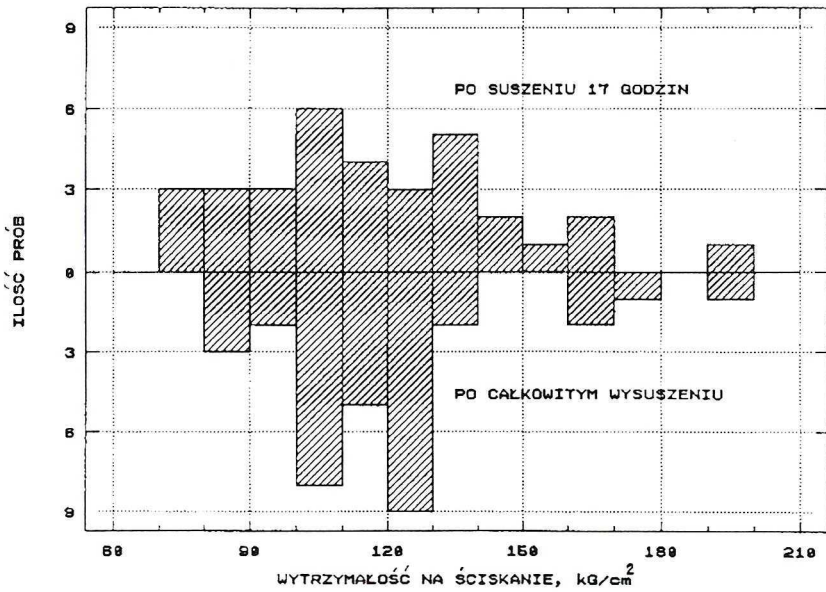
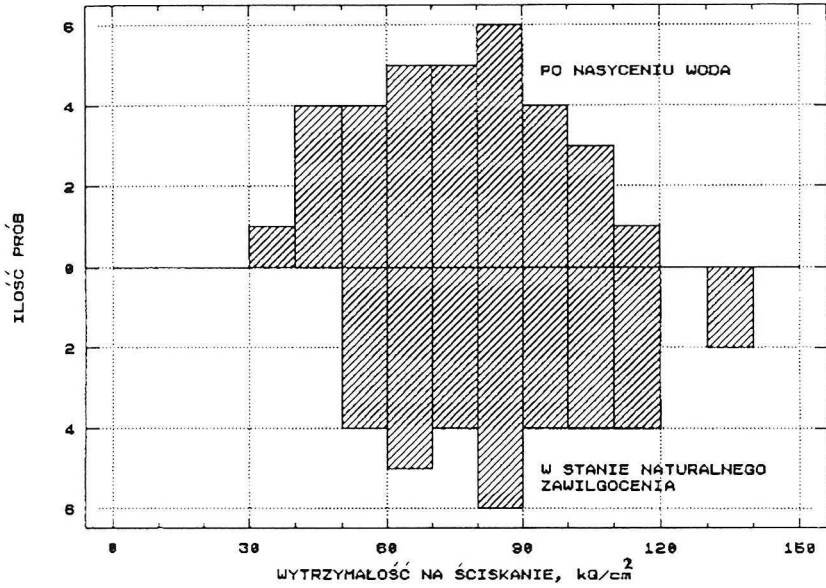
4.2.3. Bloczność

Bloczność oceniono dla dolnego poziomu kamieniołomu odślaniającego drobnoziarnistą odmianę wapieni pińczowskich. Na podstawie 80 pomiarów płaszczyzn podzielności wykonano diagram ich orientacji (rys. 16C). Wyraźnie zaznaczają się w nim dwa zespoły płaszczyzn podzielności pionowej, o zróżnicowanych zakresach zmienności orientacji. Zespół (A) o upadach skierowanych z maksimum 65° (265°) jest wyraźnie silniej zwarty, podczas gdy dla drugiego (B) zaznaczają się dwa mniej wyraźne maksima o upadach skierowanych 132° (332°) i 175° (375°). Zespół płaszczyzn podzielności pokładowej (C) jest prawie poziomy, dla większości pomiarów upad nie przekracza 5°.

Przedstawiona powyżej orientacja płaszczyzn podzielności pozwala na przyjęcie ortogonalnego układu do obliczeń wskaźnika bloczności. Obliczono go na podstawie 51 pomiarów rozstępów płaszczyzn podzielności zespołu A, 36 zespołu B i 33 zespołu C. Intensywność pojawiania się płaszczyzn poszczególnych zespołów jest różna, najsilniejsza dla zespołu C, słabsza dla zespołu B. Stąd też wartości średnie rozstępów płaszczyzn podzielności wynoszą 89 cm dla zespołu A, 136 cm dla B i 81 dla C.

Dla minimalnego bloku o objętości 0,3 m³ i o wymiarach w odpowiednich zespołach A — 0,6; B — 1,0 i C — 0,5 m wskaźnik bloczności wynosi 61%.

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego jest niewielki i stwarza możliwości pozyskiwania bloków o zróżnicowanej kubaturze (tab. 12). Na uwagę zasługuje znaczny udział bloków



Rys. 19. Wpływ nasycenia wodą na wytrzymałość na ściskanie wapieni pińczowskich ze złoża Pińczów

Fig. 19. Water sorption and compressive strength of the Pińczów limestone

bardzo dużych o objętości przekraczającej 2 m³ stanowiących 34% objętości materiału blocznego.

TABELA 12

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z wapieni pińczowskich w kamieniołomie złoża Pińczów

TABLE 12

Block volumes of the Pińczów Limestone of the Pińczów quarry

Fracja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe 0,25—0,5 m ³	10,0	11
Małe 0,5—1,0 m ³	11,0	18
Średnie 1,0—1,5 m ³	14,0	23
Duże 1,5—2,0 m ³	5,0	8
Bardzo duże, powyżej 2,0 m ³	21,0	34
Razem	61,0	100

5. Piskowce istebniańskie

W wielu zabytkowych budowlach Krakowa użyte są ciosy wykonane zwykle ze średnio-, a nawet gruboziarnistych, nierównoziarnistych piaskowców o barwach szarych i szarobrązowych. Służyły one także jako materiał rzeźbiarski wielu elementów architektonicznych najstarszych budowli Krakowa. Najbliżej Krakowa tego rodzaju piaskowce występują w obrębie Karpat, gdzie szczególnie związane są z ogniwem litostratygraficznym zwanym warstwami istebniańskimi.

5.1. Sytuacja geologiczna

Warstwy istebniańskie reprezentują przełom kredy i trzeciorzędu. Podścielają je warstwy gołdulskie, w stropie zaś przechodzą w pstre łupki, piaskowce ciężkowickie lub też warstwy hieroglify. Stanowią one kompleks o znacznej miąższości (700—1600 m) i dużym rozprzestrzenieniu. Silnie rozwinięte są w Beskidzie Śląskim i Małym. Biorą również udział w budowie Pogórza Lanckorońskiego, Wielickiego, Wiśnickiego oraz Rożnowskiego. Dalej na wschód znane są z pasma Brzanki-Liwocza oraz z okolic Frysztaka i Baligrodu. Ich charakterystykę w polskiej części Karpat i możliwości wykorzystania podano w pracy pod redakcją Peszata (1976).

W zachodniej części obszaru występowania piaskowce są silnie rozwinięte w dolnej części warstw istebniańskich, podczas gdy górną zawiera większe ilości łupków, a piaskowce są często rozsypliwie. Powyższe zróżnicowanie profilu, jakkolwiek obecne w większości obszarów występowania warstw istebniańskich, niekiedy zanika i wtedy są one traktowane jako jednolity kompleks. W obszarach występowania warstw istebniańskich w niewielkiej odległości od Krakowa nie są one rozdzielane na Pogórze Lanckorońskim i Wiśnickim, dzielą się natomiast na Pogórze Wielickim.

Przynależne do warstw istebniańskich kompleksy piaskowcowe są typowym przykładem fliżu piaszczystego Karpat. Ławice piaskowców mają miąższości zwykle przekraczające 1 m, sięgają 4 m, a w wielu przypadkach 5 m. Są przeważnie grubo- i nierównoziarniste, miejscami zlepieńcowate. Z reguły są bezwapniste, o ubogim spoiwie ilastym z domieszką krzemionkowego. Barwy mają jasnoszare z rdzawymi plamkami lub żółtawe, rdzawokremowe lub brunatne. Wśród materiału detrytycznego charakterystyczna jest obecność dużej ilości skaleni powodujących charakter arkozowy piaskowców.

Gruboławicowe wykształcenie piaskowców istebniańskich wraz ze sposobem wykształcenia spoiwa sprawia, że dają one możliwości uzyskiwania bloków skalnych stosunkowo łatwo podlegających obróbce. Szczegółowe omówienie właściwości fizyczno-mechanicznych piaskowców istebniańskich znaleźć można w pracy Peszata i Buczek-Pułki (1984).

Piaskowce istebniańskie były powszechnie używanym materiałem budowlanym. Dowodem tego jest ponad 300 ich kamieniołomów zarejestrowanych w cytowanej powyżej pracy, przy czym 136 przypada na najbliższe Krakowa Pogórze Lanckorońsko-Wielickie. Po okresie zupełnego zaniku ich eksploatacji przypadającego na lata osiemdziesiąte obecnie ponownie w szeregu punktach podjęto wydobycie.

Ujęte w bilansie zasobów kopalin, położone najbliżej Krakowa czynne złożo Sobolów znajduje się w odległości około 11 km na SW od Bochni, na skraju lasu, 1,5 km na SE od centrum wsi Sobolów. Ma ono zasoby udokumentowane w ilości 763 tys. t i wydobycie około 1 tys. t. W jego pobliżu usytuowane są jeszcze dwa złoża, Sośliny i Muchówka, z zasobami w kat. C odpowiednio 25 092 i 20 500 tys. t., przy czym zasoby te nie są zatwierdzone. Złożo Sośliny położone jest na zachód od drogi Bochnia-Limanowa w pobliżu wsi Leksandrowa, zaś drugie z wymienionych złóż w odległości 1,5 km na SE od wsi Muchówka, przy drodze do Rajbrotu (rys. 1).

W okolicy Krakowa wydobywa się piaskowce istebniańskie jeszcze w dwóch punktach. Jeden z nich położony jest w miejscowości Zonia, oddalonej o około 1 km na SE od kamieniołomu w Sobolowie, drugi zaś, najbliżej Krakowa, w miejscowości Czaśław pod Dobczycami. Ten ostatni ma udokumentowane zasoby wynoszące 152 tys. t. i położony jest w pobliżu drogi prowadzącej do Kasiny Wielkiej (rys. 1). Wszystkie powyżej wymienione złoża i punkty eksploatacji były przedmiotem badań. Na podstawie materiałów zawartych w dokumentacjach geologicznych oceniono właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców, a w oparciu o sprowiflowane odcinki ścian kamieniołomów i pomiary płaszczyzn podzielności scharakteryzowano ich walory dekoracyjne i możliwości pozyskiwania bloków.

5.2. Ocena surowcowa

5.2.1. Walory dekoracyjne

Piaskowce istebniańskie nie posiadają szczególnie charakterystycznych cech podkreślających ich walory dekoracyjne. Najczęściej są barwy jasnoszarej z brązowym odcieniem i żelazistymi smugami rdzawożółtawymi. Jednolita ich faktura może być zaburzona obecnością kilkucentymetrowych toczniców łupkowych barwy głównie ciemnoszarej. Łupki te są stosun-

kowo łatwo wymywane przez wodę i pozostają charakterystyczne soczewkowate zagłębienia. Często toczyce te tworzą charakterystyczne poziomy. Ziarno piaskowców widoczne przy bliższych oględzinach może być w przypadku omawianych piaskowców elementem różnicującym materiał. Charakterystyczna jest obecność dużych ziarn o średnicach sięgających 5 mm. Są one różnie rozmieszczone w profilach ławic. Ich koncentracje pojawiają się w dolnych częściach ławic bądź też tworzą soczewy, a także niekiedy są równomiernie rozmieszczone niezależnie od położenia w profilu ławic.

Skalenie stanowiące charakterystyczny składnik piaskowców istebniańskich są widoczne w postaci białych ziarn na świeżym przełamie. Z racji małej odporności na procesy wietrzenia mogą być one źródłem drobnych żółtawych plamek czy nawet być zupełnie usunięte, nadając powierzchni skały charakterystyczną „dziurzącą” fakturę.

Niewątpliwym walorem dekoracyjnym omawianych skał jest ich znaczna porowatość sprawiająca wrażenie ciepła w porównaniu ze skałami o zbitej teksturze.

5.2.2. Właściwości fizyczno-mechaniczne

Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców istebniańskich możliwych do wykorzystania dla rekonstrukcji obiektów zabytkowych Krakowa opracowano na podstawie wyników badań zawartych w dokumentacjach geologicznych (Lichnowska 1970; Bogacz 1973; Nowak 1974) oraz oznaczeń wykonanych w Katedrze Złóż Surowców Skalnych AGH.

Dla złóż, w których dysponowano odpowiednią ilością badań możliwych do statystycznego opracowania, uzyskano podobne wyniki dla gęstości pozornej i nasiąkliwości i odmienne dla wytrzymałości na ściskanie i ścieralności na tarczy Boehmego (tab. 13 i 14).

Średnie gęstości pozorne dla prób ze złóż Sobolów, Sośliny i Muchówka wynoszą odpowiednio 2,38, 2,33 i 2,32 t/m³, przy zbliżonych odchyleniach standardowych nie przekraczających 0,06 t/m³. Ich rozkłady są podobne (rys. 20), przy czym dla piaskowców z Sobolowa wyraźnie zaznacza się obecność prób o podwyższonej gęstości pozornej sięgającej przedziału 2,50—2,55 t/m³, przy mniejszym udziale w porównaniu z pozostałymi złożami prób o gęstości pozornej poniżej 2,30 t/m³.

Średnie nasiąkliwości wagowe są takie same dla piaskowców z Sobolowa i Soślin, gdzie wynoszą 3,78%, i wyższe od uzyskanych dla piaskowców z Muchówki, dla których oceniono ją na 3,54%, przy prawie takich samych odchyleniach mieszczących się w przedziale 0,5—0,6% (tab. 13 i 14). Powyższe zróżnicowanie utrzymuje się także dla nasiąkliwości objętościowej (rys. 20). Bardzo podobne są rozkłady dla piaskowców ze złóż w Sobolowie i Soślinach z przewagą prób o nasiąkliwościach 8—10% i różne od rozkładu dla Muchówki, gdzie przeważają piaskowce o nasiąkliwościach 7—8%.

Wytrzymałości na ściskanie piaskowców ze złóż Sobolów i Muchówka są podobne i różne od pochodzących ze złoża Sośliny. Dla dwóch pierwszych średnie wynoszą odpowiednio 696,9 i 633,2 kG/cm² przy odchyleniach standardowych 144,5 oraz 117,9 kG/cm², podczas gdy dla piaskowców ze złoża Sośliny średnia wynosi zaledwie 310 kG/cm², z odchyleniem standardowym 100,3 kG/cm² (tab. 13 i 14). Rozkłady uzyskanych wartości tej właściwości (rys. 21) ukazują duże zróżnicowanie wytrzymałości na ściskanie dla złoża Sobolów, gdzie zawarta jest ona w przedziałach od poniżej 400 do powyżej 1000 kG/cm², i mniejsze dla dwóch pozostałych złóż.

Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców istebniańskich

TABLE 13

Physical and mechanical properties of the Istebna Sandstone

Złoże Sobolów
The Sobolów deposit

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	94	94	91	93	85	86
Średnia	2,38	3,78	696,9	513,5	418,8	0,95
Mediana	2,37	3,85	710	520	410	0,915
Odchylenie standardowe	0,06	0,56	144,5	144,2	108,6	0,199
Wartość minimalna	2,29	1,32	370	200	240	0,56
Wartość maksymalna	2,55	4,80	1 100	860	700	1,84

Złoże Sośliny
The Sośliny deposit

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	91	91	87	91	79	85
Średnia	2,33	3,79	309,1	206,0	117,8	1,65
Mediana	2,33	3,78	310	210	100	1,59
Odchylenie standardowe	0,04	0,52	100,3	94,3	64,5	0,429
Wartość minimalna	2,25	2,78	100	50	50	0,96
Wartość maksymalna	2,42	5,08	540	480	360	2,76

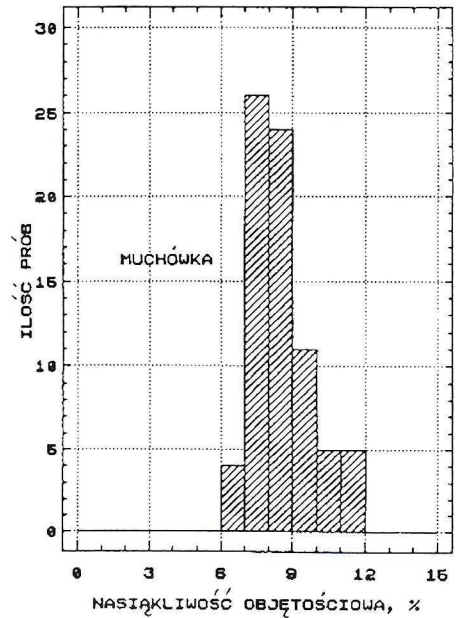
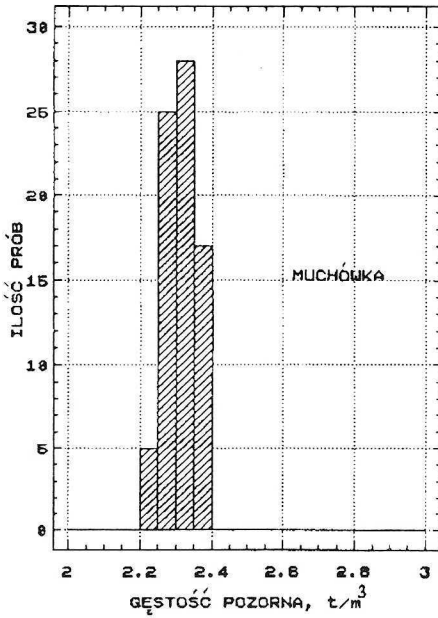
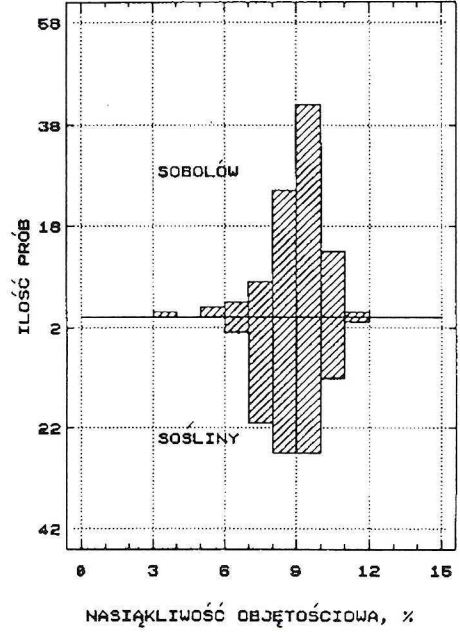
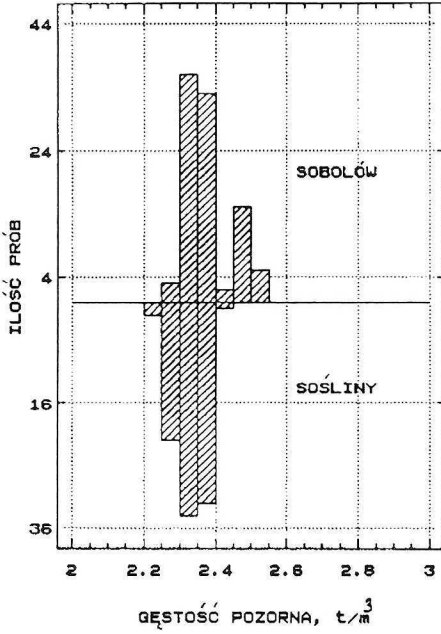
TABELA 14

Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców istebniańskich złoża Muchówka

TABLE 14

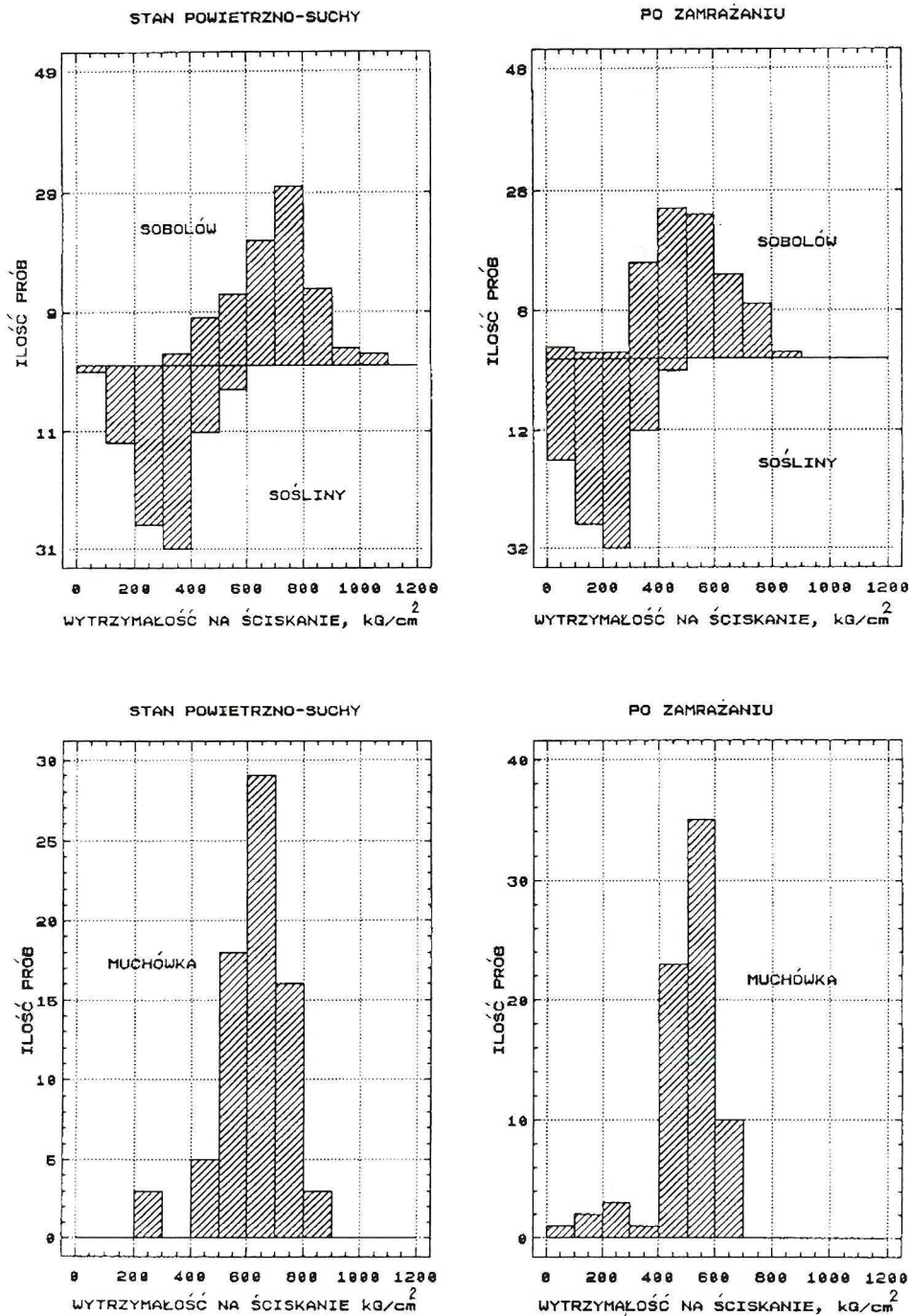
Physical and mechanical properties of the Istebna Sandstone of the Muchówka deposit

	Gęstość pozorna [t/m ³]	Nasiąkliwość wagowa [%]	Wytrzymałość na ściskanie [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób nasyconych [kG/cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie prób po zamrożeniu [kG/cm ²]	Ścieralność na tarczy Boehmego [cm]
Liczba prób	75	75	74	75	70	74
Średnia	2,32	3,70	633,2	501,2	366,9	1,30
Mediana	2,32	3,54	640	520	382,5	1,19
Odchylenie standardowe	0,04	0,56	117,9	117,9	84,9	0,51
Wartość minimalna	2,23	2,73	240	100	110	0,71
Wartość maksymalna	2,40	5,13	860	685	550	3,18



Rys. 20. Rozkłady gęstości pozornej i nasiąkliwości objętościowej piaskowców istebniańskich ze złóż: Sobolów, Sośliny i Muchówka

Fig. 20. Distribution of the volumetric density and water sorption of the Istebna Sandstone of the Sobolów, Sośliny and Muchówka deposits



Rys. 21. Rozkłady wytrzymałości na ściskanie piaskowców istebniańskich ze złóż: Sobolów, Sośliny i Muchówka
 Fig. 21. Distribution of the compressive strength of the Istebna Sandstone of the Sobolów, Sośliny and Muchówka deposits

Mają one wyraźniej zaznaczone maksima w przedziale 300—400 kG/cm² dla Soślin i 600—700 kG/cm² dla Muchówki.

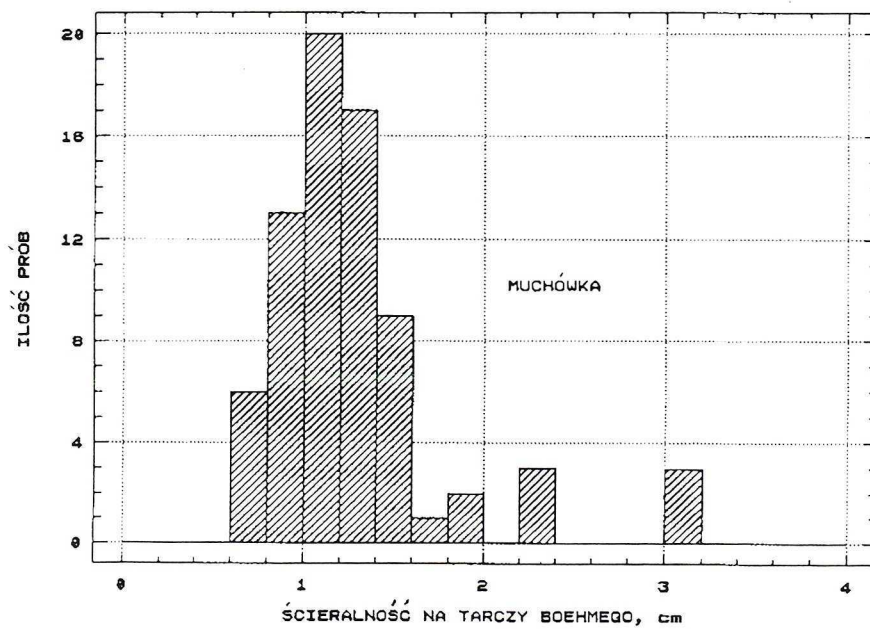
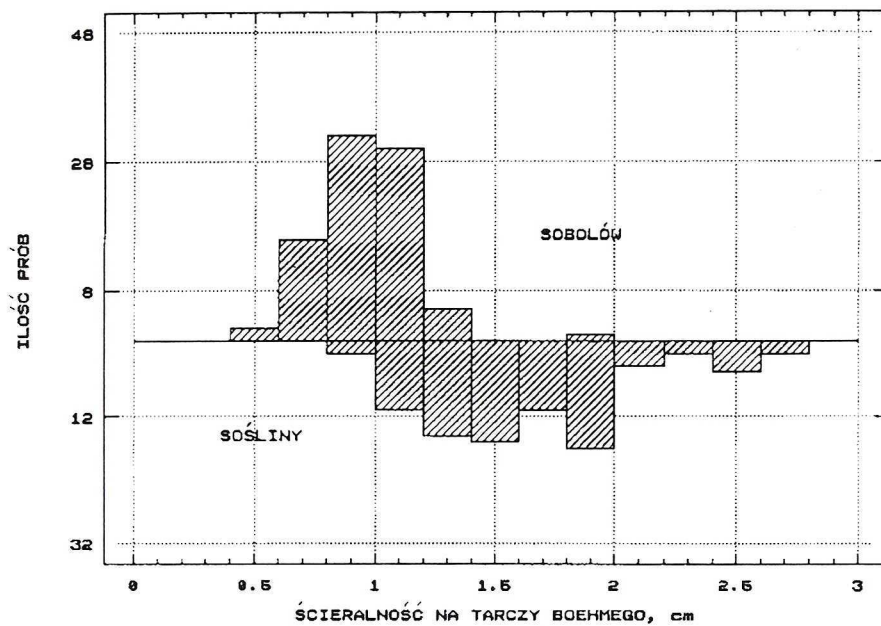
Nasylenie wodą powoduje spadek wytrzymałości na ściskanie do średnich wartości 513,5 kG/cm² dla Sobolowa, 501,2 kG/cm² dla Muchówki i do 206 kG/cm² dla Soślin (tab. 13 i 14). Zamrażanie piaskowców wywołuje dalszy spadek wytrzymałości na ściskanie do średnich wartości 418,8 kG/cm² dla Sobolowa, 366,9 kG/cm² dla Muchówki i 117,8 kG/cm² dla Soślin. Rozkłady wytrzymałości na ściskanie prób po zamrażaniu (rys. 21) są bardziej zwarte w stosunku do ścispanych w warunkach powietrzno-suchych. Po zamrożeniu wytrzymałości prób są najczęściej zawarte w przedziale 300—500 kG/cm² dla złóż w Sobolowie i Muchówce i 100—300 kG/cm² w Soślinach (rys. 21).

Powyżej omówione zmiany w wytrzymałości na ściskanie wywołane zamrażaniem prób są zgodne z oznaczeniami mrozoodporności. Dla złoża Sobolów i Muchówka przy liczbie oznaczeń odpowiednio 28 i 73 tylko pojedyncze próbki (jedna dla Sobolowa i dwie dla Muchówki) nie wykazały całkowitej mrozoodporności. W Złożu Sośliny na przebadanych 88 prób 5 ma mrozoodporność złą, a 11 nie ma całkowitej.

Najsilniej różnicuje piaskowce omawianych złóż ścieralność na tarczy Boehmego. Jest ona najniższa w złożu Sobolów ze średnią 0,95 cm, większa w Muchówce, gdzie wynosi 1,30 cm i największa dla Soślin z wartością 1,65 cm, przy odchyleniu standardowym wahającym się od 0,199 dla Sobolowa do 0,51 dla Muchówki (tab. 13 i 14). Rozkłady ścieralności świadczą o stosunkowo małej zmienności w Sobolowie ze znaczną przewagą prób o ścieralności 0,8—1,1 cm i bardzo dużej zmienności w Soślinach, gdzie przeważają próby ze ścieralnością w przedziale 1,0—1,2 cm. W Muchówce próby lokują się głównie w przedziale 0,8—1,4 przy obecności też takich, których ścieralność przekracza 3 cm (rys. 22).

Dla piaskowców z kamieniołomu we wsi Zonia brak oceny właściwości fizyczno-mechanicznych. Wobec jego położenia w pobliżu granic złoża Sobolów w obrębie tej samej wychodni warstw istebniańskich, należy się spodziewać zbliżonych do uzyskanych w wymienionym złożu właściwości fizyczno-mechanicznych. Piaskowce odsłonięte w kamieniołomie w Czaławiu ocenione na podstawie dwóch prób posiadają gęstość pozorną 2,37—2,38 t/m³, nasiąkliwość wagową 3,6%, a ich wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym waha się od 405 do 870 kG/cm. Po nasyceniu wodą wytrzymałość utrzymuje się w przedziale 480—540 kG/cm², a po zamrażaniu 415—445 kG/cm². Ich ścieralność na tarczy Boehmego zawarta jest w przedziale 0,46 do 0,50 cm.

Powyżej omówione właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców pozwalają na zaliczenie ich według zgodnego z normą PN-84/B-01080 podziału do skał ciężkich, mało nasiąkliwych, małej i średniej wytrzymałości na ściskanie, dużej i bardzo dużej ścieralności na tarczy Boehmego i w znacznej większości bardzo dobrej mrozoodporności. Mogą być one stosowane do produkcji elementów budowlanych murowych, a także do produkcji elementów płytowych wykładzin pionowych, tak do robót wewnętrznych, jak i zewnętrznych. Zbyt duża ścieralność na tarczy Boehmego nie pozwala na ich stosowanie ich jako elementów wykładzin poziomych.



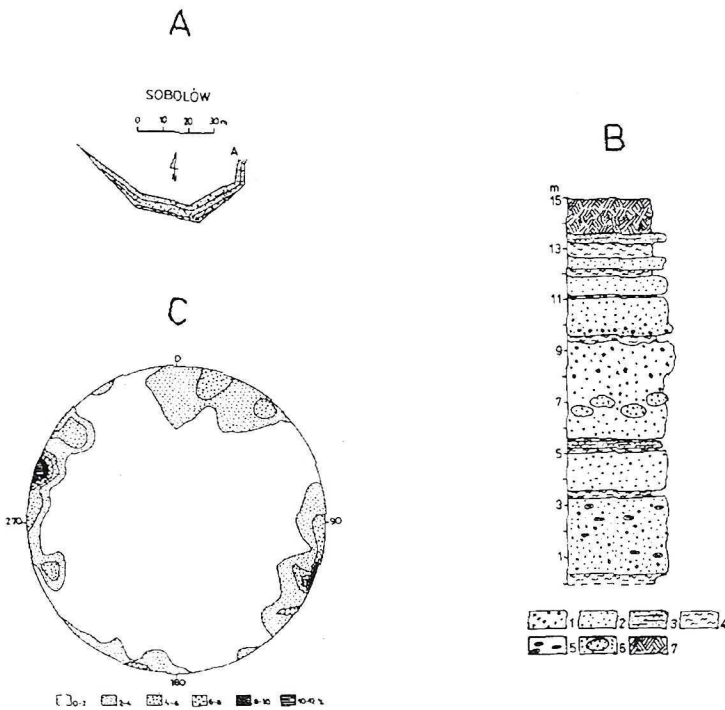
Rys. 22. Rozkłady ścieralności na tarczy Boehme piaskowców istebniańskich ze źródeł: Sobolów, Sośliny i Muchówka

Fig. 22. Distribution of the Bohme abrasiveness of the Istebna Sandstone of the Sobolów, Sośliny and Muchówka deposits

5.2.3. Bloczność

Bloczność oceniono w kamieniołomach złóż Sobolów i Sośliny oraz w czynnych wyrobiskach we wsiach Zonia i Czasław. Dla złoża Muchówka stan odsłonięć nie pozwalał na wykonanie stosownych pomiarów.

W odsłoniętym ścianą czynnego kamieniołomu profilu w Sobolowie przeważają piaskowce średnioziarniste w ławicach o miąższościach przekraczających 1 m, a sięgających 3,5 m. W piaskowcach tych w dolnej części profilu pojawiają się toczące ilaste, w środkowej zaś były bardziej związłego materiału (rys. 23B). Warstwy zapadają pod kątem 9° na SW. Udział łupków i cienkoławicowych piaskowców nie rokujących możliwości uzysku bloków stanowi 28% miąższości.



Rys. 23. Piaskowce istebniańskie w kamieniołomie złoża Sobolów

A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian; B — profil kamieniołomu: 1 — piaskowce gruboziarniste, 2 — piaskowce średnioziarniste, 3 — laminacja, 4 — łupki, 5 — toczące ilaste, 6 — silniej związane fragmenty piaskowca w formie buł, 7 — nadkład; C — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 23. The Istebna Sandstone of the Sobolów quarry

A — location of the quarry and layout of the walls; B — log of the quarry: 1 — coarse grained sandstone, 2 — medium grained sandstone, 3 — laminae, 4 — shale, 5 — mud balls, 6 — concretionary sandstone balls, 7 — overburden; C — joint distribution graph

W diagramie orientacji płaszczyzn podzielnosci pionowej zaznaczają się dwa wyraźne maksima dla azymutów zawartych w granicach $100-120^{\circ}$ ($280-300^{\circ}$) oraz mniej wyraźne dla azymutów $10-20^{\circ}$ ($190-200^{\circ}$), $245-255^{\circ}$ oraz $300-320^{\circ}$ (rys. 23C). Podzielność pokładowa

wywołana jest obecnością płaszczyzn uławicenia i zwykle równoległych do nich płaszczyzn spękań. Zapadają one pod kątem mniejszym od 10° w kierunku na SW.

Mając na uwadze położenie maksimów i zakres zmienności orientacji płaszczyzn podzielności, ich układ w kamieniołomie złoża Sobolów można uznać za ortogonalny.

Intensywność płaszczyzn podzielności poszczególnych zespołów jest podobna, dając średnią w zespole poprzecznym do kierunku zapadania warstw 103,4 cm, w podłużnym 101,2 cm i pokładowym 91 cm. Bloczność oceniona dla minimalnego bloku o objętości $0,4 \text{ m}^3$ wynosi 45%. Materiał bloczny jest rozdrobniony w niewielkim stopniu, dając duże możliwości uzysku bloków o znacznych rozmiarach (tab. 15). Wśród tego materiału bloki bardzo małe i małe stanowią 31%, średnie o rozmiarach $1,0\text{—}1,5 \text{ m}^3$ — 7%, podczas gdy na duże i bardzo duże o objętości przekraczającej $1,5 \text{ m}^3$ przypada 62% (tab. 15).

TABELA 15

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z piaskowców istebniańskich w kamieniołomie złoża Sobolów

TABLE 15

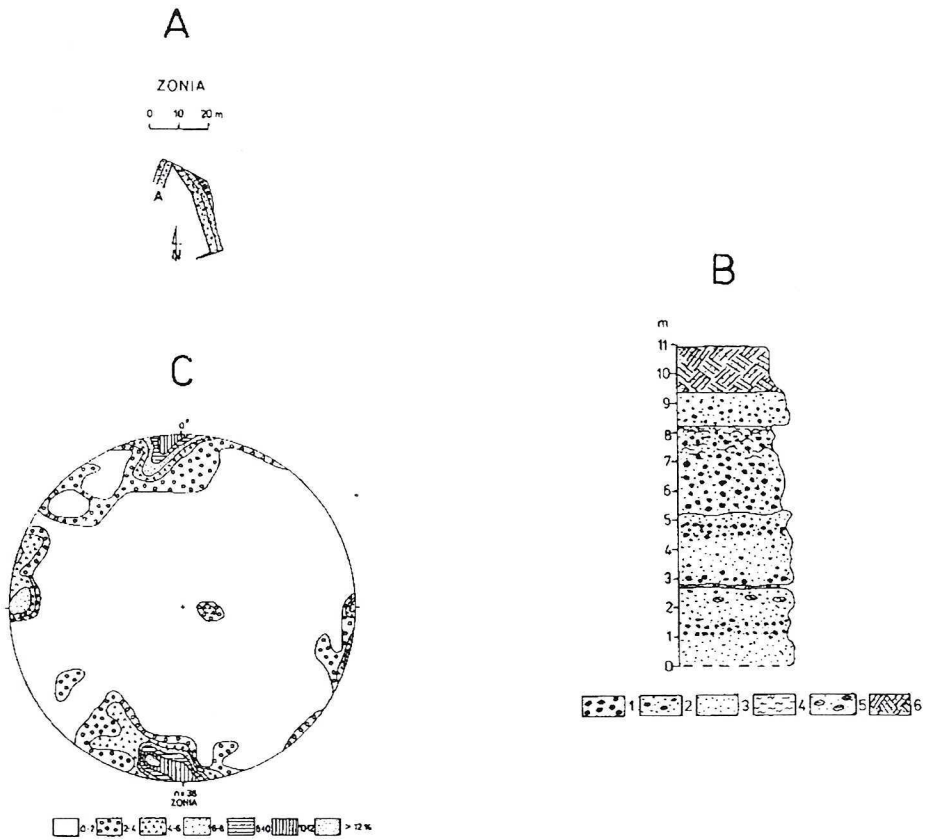
Block volumes of the Istebna Sandstone of the Sobolów deposit

Fracja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe $0,25\text{—}0,5 \text{ m}^3$	5,0	11
Małe $0,5\text{—}1,0 \text{ m}^3$	9,0	20
Średnie $1,0\text{—}1,5 \text{ m}^3$	3,0	7
Duże $1,5\text{—}2,0 \text{ m}^3$	8,0	18
Bardzo duże, powyżej $2,0 \text{ m}^3$	20,0	44
Razem	45,0	100

Wobec dosyć dużego zakresu zmian orientacji płaszczyzn podzielności, zwłaszcza zespołu podłużnego, należy się liczyć z dużą ilością bloków o kształtach wymagających dodatkowej obróbki dla doprowadzenia do formy prostopadłościowej.

W położonym w pobliżu Sobolowa kamieniołomie we wsi Zonia odsłonięty jest profil o miąższości około 9 m (rys. 24B), w którym możliwości uzysku bloków rokują dwie dolne ławice. Są to piaskowce o miąższościach przekraczających 2 m, w przewodzie średnioziarniste, z poziomami zawierającymi ziarno grube, a nawet i frakcję żwirową. Ponad nimi zalega niezbyt zwięzły zlepieniec o charakterze żwirowca ilastego nie rokujący możliwości wykorzystania jako materiału blocznego. Zlepieniec ten wraz z pojawiającymi się łupkami, stanowiący 32% miąższości profilu, znacznie obniża bloczność w kamieniołomie.

Układ płaszczyzn podzielności pionowej złożony jest z dwóch zespołów, w obrębie których pojawiają się po dwa maksima, przy czym najsilniej zaznacza się maksimum dla orientacji $210/85^\circ$ (rys. 24C). Dość skomplikowany obraz orientacji płaszczyzn podzielności wskazuje na duże prawdopodobieństwo uzysku brył odbiegających kształtem od prostopadłościaków.



Rys. 24. Piaskowce istebniańskie w kamieniołomie we wsi Zonia

A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian; B — profil kamieniołomu: 1 — zlepieńce, 2 — piaskowce gruboziarniste, 3 — piaskowce średnioziarniste, 4 — łupki, 5 — toczące ilaste, 6 — nadkład; C — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 24. The Istebna Sandstone of the Zonia quarry

A — location of the quarry and layout of the walls; B — log of the quarry: 1 — conglomerates, 2 — coarse grained sandstone, 3 — medium grained sandstone, 4 — shale, 5 — mud balls, 6 — overburden; C — joint distribution graph

Mimo dość znacznego udziału w profilu skał nie rokujących możliwości uzysku bloków, uzyskany wskaźnik bloczności jest dosyć wysoki i dla bloków o objętości $0,4 \text{ m}^3$ wynosi 44,4%. Wynika to z niewielkiej intensywności płaszczyzn podzielnosci poszczególnych zespołów. Średnie ich rozstępy wynoszą 88,3 cm dla zespołu poprzecznego względem biegu warstw, 118,8 dla podłużnego i 102,4 dla pokładowego. Korzystny jest też stan rozdrobnienia materiału blocznego (tab. 16). Daje on spore możliwości pozyskiwania bloków dużych i bardzo dużych (prawie 50% materiału blocznego), pozwalających na obrobienie do formy prostopadłościowej w przypadku nieregularnego kształtu.

Kamieniołom złoża Sośliny, nie eksploatowany od lat siedemdziesiątych, jest silnie zarośnięty. W profilach możliwych do obserwacji fragmentów ścian (rys. 25B) ukazują się w przewadze piaskowce średnioziarniste, niekiedy zlepieńcowate, z toczącami ilastymi, w ławicach

TABELA 16

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z piaskowców istebniańskich w kamieniołomie we wsi Zonia

TABLE 16

Block volumes of the Istebna Sandstone of the Zonia quarry

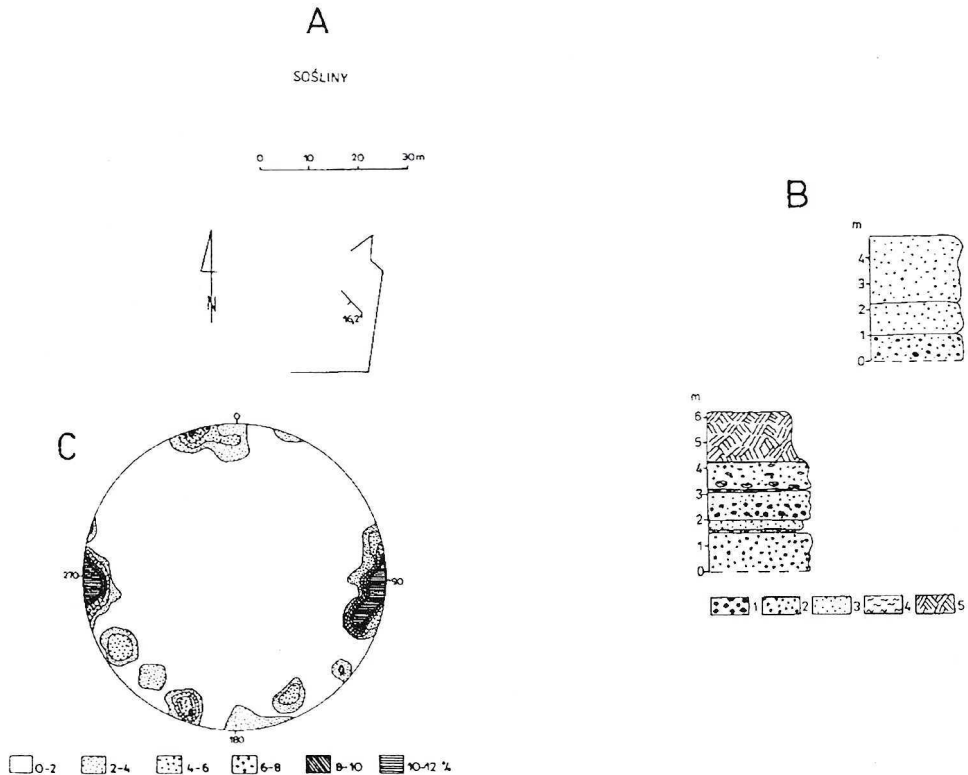
Fracja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe 0,25—0,5 m ³	3,0	6,8
Małe 0,5—1,0 m ³	15,4	34,7
Średnie 1,0—1,5 m ³	7,2	16,2
Duże 1,5—2,0 m ³	8,2	18,5
Bardzo duże, powyżej 2,0 m ³	10,6	23,8
Razem	44,4	100

o miąższościach ponad 1 m. Ukazują się one w górnych częściach ścian kamieniołomu, gdzie są mocno zwietrzałe i silnie spękane.

Wobec braku możliwości przeprowadzenia pomiarów orientacji i intensywności płaszczyzn podzielności wykorzystano materiały archiwalne (Bromowicz, Karwacki 1975). W okresie działania kamieniołomu przedmiotem eksploatacji była obecnie niewidoczna ławica o miąższości 4,56 m średnioziarnistego piaskowca, zawierająca trzy poziomy o grubszym ziarnie przekraczającym 1 mm. Ławica ta zapada pod kątem 16° ku południowemu zachodowi. Wykonane dla niej pomiary orientacji płaszczyzn podzielności (rys. 25C) wskazują, że najczęściej mają one azymuty wyznaczone kątami 80—110°, 200°, 260—280° i 340°. Wynika stąd, że występują tu spękania pionowe należące do dwóch zespołów ułożonych ortogonalnie. Spękania poziome są równoległe do uławicenia, a zarazem prostopadłe do płaszczyzn spękań pionowych.

Średnie rozstępów płaszczyzn podzielności pionowej wynoszą 0,67 i 1,36 m, a dla podzielności pokładowej 0,80 m. Wskaźnik bloczności dla minimalnego bloku o objętości 0,4 m³ jest dosyć wysoki i wynosi 36,6%, mimo iż oceniana ławica stanowi jedynie 76,4% miąższości profilu. Znaczny jest natomiast stopień rozdrobnienia materiału blocznego powodujący, że 60% objętości materiału blocznego stanowią bloki małe i bardzo małe, podczas gdy bardzo duże stanowią zaledwie 17, 5% (tab. 17).

Położone w lesie kamieniołomy złoża Muchówka są niewielkich rozmiarów i w dużej mierze zarośnięte. Nie dają one możliwości wykonania profili, jak też przeprowadzenia pomiarów płaszczyzn podzielności. W wykonanych w ramach dokumentacji geologicznej otworach wiertniczych stwierdzono dosyć spore udziały przerostów łupkowych i cienkoławicowych piaskowców oraz nasilenie występowania płaszczyzn podzielności pokładowej o rozstępach w przedziale 1—30 cm, eliminujące możliwości pozyskiwania bloków. Ustalono, że możliwości pozyskiwania bloków, i to w niewielkich ilościach, wiązać można z niewielką tylko częścią złoża.



Rys. 25. Piaskowce istebniańskie w kamieniołomie złoża Sośliny

A — szkic kamieniołomu; B — profile kamieniołomu: 1 — zlepieńce, 2 — piaskowce gruboziarniste, 3 — piaskowce średnioziarniste, 4 — łupki, 5 — nadkład; C — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 25. The Istebna Sandstone of the Sośliny quarry

A — location of the quarry and layout of the walls; B — log of the quarry: 1 — conglomerates, 2 — coarse grained sandstone, 3 — medium grained sandstone, 4 — shale, 5 — overburden; C — joint distribution graph

TABELA 17

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z piaskowców istebniańskich w kamieniołomie złoża Sośliny

TABLE 17

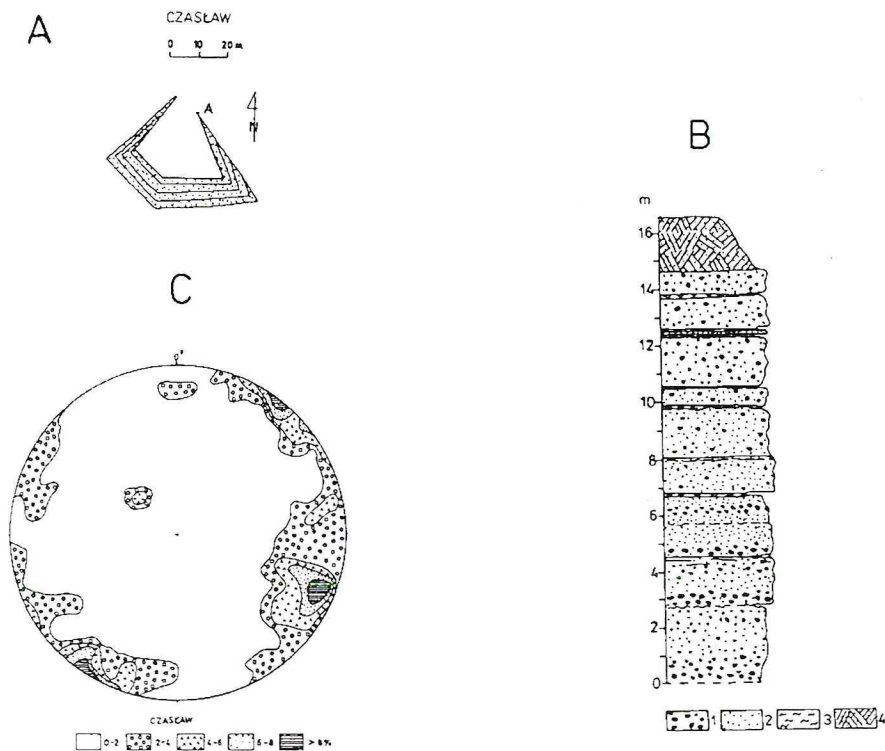
Block volumes of the Istebna Sandstone of the Sośliny deposit

Frakcja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe 0,25—0,5 m ³	10,6	29,0
Małe 0,5—1,0 m ³	11,3	31,0
Średnie 1,0—1,5 m ³	5,5	15,0
Duże 1,5—2,0 m ³	2,7	7,5
Bardzo duże, powyżej 2,0 m ³	6,5	17,5
Razem	36,6	100

Kamieniołom w Czasławiu usytuowany jest w najniższej części profilu warstw istebniańskich w obrębie pakietu piaskowcowego o miąższości około 100 m, wydzielonego przez Burtan (1954) pod nazwą warstw przejściowych pomiędzy warstwami godulskimi a istebniańskimi. Piaskowce tych warstw od lat były przedmiotem eksploatacji, czego dowodem są liczne, zarosnięte kamieniołomy zarówno w Czasławiu, jak i Raciechowych.

Profil odstonięty w obecnie czynnym kamieniołomie w Czasławiu (rys. 26B) ma około 14 m. Przeważają w nim piaskowce o miąższościach ławic przekraczających 100 cm i sięgających 270 cm. Są to głównie piaskowce gruboziarniste i nierównoziarniste, o barwie jasnoszarozółtej z ciemnordzawymi laminami o grubości do 2 mm. Wśród makroskopowo dostrzegalnych przeważają ziarna o średnicach około 1 mm, a sięgających 5 mm. Tkwią one w drobnoziarnistej masie ziarn o średnicach poniżej 0,5 mm. W składzie materiału okruszowego przeważa szary kwarc nad białymi skaleniami i pojedynczymi fragmentami czarnych skał krzemionkowych. Materiał okruszowy łączy spoiwo krzemionkowe.

Układ płaszczyzn podzielnosci oceniony na podstawie 75 pomiarów jest dosyć regularny z wyraźnie zaznaczonymi maksimami. Zespół poprzeczny w stosunku do biegu warstw (A) ma



Rys. 26. Piaskowce istebniańskie w kamieniołomie złoża Czasław

A — szkic kamieniołomu z rysunkami ścian; B — profil kamieniołomu: 1 — piaskowce gruboziarniste, 2 — piaskowce średnioziarniste, 3 — łupki, 4 — nadkład; C — diagram konturowy orientacji płaszczyzn podzielnosci

Fig. 26. The Istebna Sandstone of the Czasław quarry

A — location of the quarry and layout of the walls; B — log of the quarry: 1 — coarse grained sandstone, 2 — medium grained sandstone, 3 — shale, 4 — overburden; C — joint distribution graph

maksimum dla płaszczyzn o orientacji 45/95^g (235/95^g), podłużny zaś (B) 125/75^g (rys. 26C). Płaszczyzny podzielnosci pokładowej (C) są zgodne z orientacją warstw w kamieniołomie grupując się w polu o parametrach 349/29^g. Układ powyższy o charakterze ortogonalnym zapewnia znaczne możliwości uzysku brył prostopadłościennych. Średnie rozstępy płaszczyzn podzielnosci w zespole A ocenione na podstawie 33 pomiarów wynoszą 72,2 cm, w zespole B przy 21 pomiarach — 117,2 cm i w zespole C — 93,8 cm przy 29 pomiarach. Wskaźnik bloczności oceniony dla minimalnego bloku o objętości 0,4 m³ i wymiarach 0,5 m dla zespołu A, 1,0 m dla B i 0,8 m dla C wynosi 41,5%.

Dosyć znaczny jest stopień rozdrobnienia materiału blocznego (tab. 18), w którym ponad połowę jego objętości stanowią bloki małe i bardzo małe przy 21,2-procentowym udziale bloków średnich i 19,3-procentowym bloków bardzo dużych. Największe możliwości uzyskania bloków dużych rozmiarów wiązać należy z dolną częścią kamieniołomu, gdzie ukazują się ławice o największych miąższościach (rys. 26B).

TABELA 18

Stopień rozdrobnienia materiału blocznego z piaskowców istebniańskich w kamieniołomie złoża Czasław

TABLE 18

Block volumes of the Istebna Sandstone of the Czasław deposit

Fracja bloków	Udział procentowy [%obj.] frakcji	
	w kamieniołomie	w materiale blocznym
Bardzo małe 0,25—0,5 m ³	2,1	5,0
Małe 0,5—1,0 m ³	20,0	48,2
Średnie 1,0—1,5 m ³	8,8	21,2
Duże 1,5—2,0 m ³	2,6	6,3
Bardzo duże, powyżej 2,0 m ³	8,0	19,3
Razem	41,5	100

6. Podsumowanie

Badane skały: wapienie dębnickie, dolomity diploporowe, wapienie jurajskie i wapienie pińczowskie oraz piaskowce istebniańskie, stwarzają możliwości pozyskania materiałów dla rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych.

Wapienie dębnickie oceniane w dwóch kamieniołomach: Dębnik Nowy i Dębnik Karmelicki, są silnie zróżnicowane strukturalnie. Dużą część ich profili stanowią wapienie gruzłowe, które z racji niekorzystnych właściwości fizyczno-mechanicznych nie rokuja otrzymania większych brył kamienia. Takie możliwości istnieją jedynie w dolnych częściach profilów o miąższości 19,5 m w Dębniku Karmelickim i 9 m w Dębniku Nowym. Wyróżniono w nich trzy odmiany wapieni dębnickich o zróżnicowanych walorach dekoracyjnych, a ocena orientacji i intensywności płaszczyzn podzielnosci pozwoliła na określenie bloczności na poziomie 32,3% w Dębniku Kar-

melickim i 26,1% w Dębniku Nowym. Materiał bloczny (o objętości powyżej $0,25 \text{ m}^3$) jest silnie rozdrobniony i stąd reprezentowany głównie przez bloki małe i bardzo małe (poniżej 1 m^3), przy bardzo małym prawdopodobieństwie uzyskania większych bloków. Korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne wapieni dębnickich z ocenianych części profilów zapewniają dobre zachowanie użytego materiału. W przypadku, gdy będzie on narażony na działanie warunków atmosferycznych należy się liczyć z utratą czarnej barwy.

W odsłoniętym profilu kamieniołomu Libiąż dolomity diploporowe mają miąższość 9,5 m. Ich walorami dekoracyjnymi, obok barwy i migotliwości wywołanej odbłaskami pojedynczych kryształów węglanowych, jest obecność kawern i laminacji. Odmiana o mniejszym nasileniu dwóch ostatnich elementów stanowi około 40% miąższości profilu. Właściwości fizyczno-mechaniczne omawianych skał są dosyć jednorodne i korzystne, warunkują dobre zachowanie materiału kamiennego. Materiał bloczny (o objętości ponad $0,3 \text{ m}^3$) stanowi 8,2% objętości badanego wycinka złoża. Jest silnie rozdrobniony, dając możliwości uzysku głównie bloków bardzo małych i małych ($0,3—1,0 \text{ m}^3$).

Wapienie jurajskie w opracowywanych kamieniołomach wykazują duże zróżnicowanie strukturalne. W Nielepicach i Ulinie przeważają wapienie skaliste o charakterze zlepieńców i konglomeratów złożonych z bardzo różnej wielkości okruchów wapieni pelitycznych z bogatą fauną, połączonych drobnodetrytycznym materiałem wapiennym. Ich właściwości fizyczno-mechaniczne są bardzo zróżnicowane. Często posiadają one stosunkowo wysokie nasiąkliwości, co wiąże się z ich niewielką odpornością na działanie mrozu. Godne polecenia są natomiast wapienie skaliste eksploatowane w kamieniołomie Wielkanoc. Są jednorodne, w przewodzie pelityczne z liczną fauną, a ich walory dekoracyjne podkreślają liczne kawerny. Mają bardzo korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne warunkujące dobre zachowanie się wykonanych z nich elementów kamiennych. Badania w celu wytypowania złoża wapieni jurajskich dającego możliwości uzyskiwania materiału blocznego nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Przeprowadzone pomiary w złożu Mirów wykazały niewielkie tylko możliwości pozyskiwania bloków, i to w przewodzie o małej i bardzo małej objętości, sporadycznie tylko przekraczającej $0,5 \text{ m}^3$. Dodatkowo wapienie tam odsłonięte stanowiące najniższą część profilu górnej jury, wydzielane jako wapienie płytowe, nie odznaczają się szczególnymi walorami dekoracyjnymi. Ich korzystną cechą jest stosunkowo wysoka wytrzymałość na ściskanie, najwyższa spośród badanych złóż wapieni jurajskich. Niestety, wobec dosyć sporej zawartości minerałów ilastych, wytrzymałość ta znacznie spada po nasyceniu skał wodą, jak też i zamrażaniu. Podobnie zachowują się wapienie płytowe złoża Kamień–Odwozy, gdzie stan odsłonięcia nie daje możliwości oceny bloczności.

Wapienie pińczowskie oceniane w obecnie eksploatowanym złożu Pińczów rokuja stosunkowo łatwe możliwości uzysku bloków o bardzo zróżnicowanej objętości, od bardzo małych do bardzo dużych. Zapewniają również pozyskiwanie różnych ich odmian strukturalnych od drobno-, poprzez średnio- do gruboziarnistych. Ich właściwości fizyczno-mechaniczne są podobne bez względu na zróżnicowanie strukturalne. Potwierdzono ilościowo znaną od średniowiecza właściwość wapieni pińczowskich polegającą na wzroście twardości po wysuszeniu. Okazało się, że ich wytrzymałości na ściskanie podwajają się po wysuszeniu w stosunku do wytrzymałości badanej w stanie naturalnego zawilgocenia. Ich wadą jest brak wystarczającej mrozoodporności, co powoduje konieczność izolowania wyrobów z wapienia pińczowskiego od dostępu wody.

Możliwości pozyskiwania piaskowcowych materiałów kamiennych dla rekonstrukcji za-
bytków krakowskich wiązać można z czynnymi kamieniołomami piaskowców przynależnych
do warstw istebniańskich. Najbliżej Krakowa położony jest kamieniołom we wsi Czasław, dalej
zaś kamieniołomy we wsiach Zonia i Sobolów.

Właściwości fizyczno-mechaniczne piaskowców istebniańskich porównywano wykorzystu-
jąc materiały z dokumentacji geologicznych wykonywanych w obszarze Pogórza Wiśnickiego.
Okazało się, że piaskowce istebniańskie złoża Sobolów mają te właściwości najkorzystniejsze,
szczególnie w zakresie wytrzymałości na ściskanie i jej zmienności wywołanej nasyceniem
wodą oraz zamrażaniem, jak i ścieralności na tarczy Boehmego. Ta ostatnia właściwość jest
w przypadku piaskowców istebniańskich bardzo istotna, gdyż zwykle jest zbyt duża dla stosowa-
nia ich do produkcji elementów poziomych. Z uwagi na tę właściwość interesujące wydają się
piaskowce z kamieniołomu w Czasławiu, gdzie ścieralność jest o połowę mniejsza od pozos-
tałych. Wynika to zapewne z obecności w nich większych ilości spoiwa krzemionkowego. Trze-
ba tu dodać, że należą one do osobno wydzielanej na mapach wychodni zwanej warstwami
przejściowymi między godulskimi a istebniańskimi.

Możliwości pozyskiwania bloków piaskowców istebniańskich we wszystkich badanych kamie-
niołomach są znaczne. Bloki zwykle stanowią około 40% objętości badanych obiektów. Różny jest
natomiast stan rozdrobnienia materiału blocznego. W tym zakresie najkorzystniej wypadło złożo So-
bolów, warunkujące duże możliwości uzysku bloków o bardzo znacznych rozmiarach.

Badania były finansowane w ramach prac statutowych Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Śro-
dowiska AGH w latach 1995 i 1996. Autor serdecznie dziękuje Pani mgr inż. Małgorzacie Buczek-Pułce za
udostępnienie aktualnie zalanych wodą fragmentów profilu kamieniołomu Dębnik Karmelicki, a Pani inż.
Zofii Szwagrzyk za wykonanie rysunków. Jest także wdzięczny Pani dr inż. Elżbiecie Pietrzyk-Sokulskiej
za liczne poprawki, których wprowadzenie bardzo korzystnie, zdaniem autora, wpłynęło na jakość tekstu.

LITERATURA

- Alth A., 1872 — Pogląd na geologię Galicyi zachodniej. Cz. 1 Spraw. Komisj. Fizjogr. AU, 6, s. 87—143.
- Bogacz A., 1985 — Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej w kat. B. złoża wapieni lekkich Pińczów. Arch. Przeds.
Geol. w Karakowie.
- Bogacz A., 1981 — Dokumentacja geologiczna złoża wapieni lekkich Pińczów z zasobami w kat. B. Arch. Przeds.
Geol. w Krakowie.
- Bogacz A., 1973 — Dokumentacja geologiczna z zasobami w kat. C złoża piaskowców istebniańskich „Sośliny”. Arch.
Przeds. Geol. w Krakowie.
- Bogacz K., 1980 — Budowa geologiczna paleozoiku dębnickiego. Roczn. Pol. Tow. Geol. 50, s. 183—208.
- Bolewski A., 1938 — Skała przeobrażona z Siedlec koło Krzeszowic. Roczn. Pol. Tow. Geol. 14, s. 1—44.
- Bromowicz J., Karwacki A., 1975 — Bloczność materiałów kamiennych na tle ich geologii i własności technicz-
nych. Sprawozdanie z drugiego etapu badań. Arch. Katedry Złóż Surowców Skalnych AGH.
- Bromowicz J., Karwacki A., 1982 — Geologiczne podstawy klasyfikacji bloczności złóż kamieni budowlanych.
Prz. Geol. 4, s. 173—175.
- Bromowicz J., Karwacki A., 1978 — Bloczność wybranych złóż skał węglanowych. Arch. Inst. Geol. i Sur. Min.,
AGH, Kraków
- Buczek M., 1965 — Uwagi o zmienionych wapieniach z łomu karmelickiego w Dębniku. Spraw. Pos. Komisji Oddz.
PAN, stycz.—czerw., s. 509—510, Kraków.

- Bukowiński S., 1954 — Złoże wapienia pińczowskiego. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Burtan J., 1954 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski M34-77A Wieliczka. Inst. Geologiczny, Warszawa.
- Dżużyński S., 1952 — Powstanie wapieni skalistych jury krakowskiej. Roczn. Pol. Tow. Geol. 21, s. 125—180.
- Fijałkowska E., Fijałkowski J., 1966 — O zastosowaniu kamienia pińczowskiego w budowlach wczesnego średniowiecza. Przegl. Geol. 12, s. 531—532.
- Gilewska S., 1972 — Wyżyny Śląsko-Małopolskie. W: Geomorfologia Polski, T. 1, Warszawa.
- Gradziński R., Gradziński M., Michalik S., 1994 — Natura i kultura w krajobrazie jury; Przyroda; Kraków, Zarz. Zesp. Jurajskich Parków Krajobrazowych.
- Gurich G., 1903 — Das devon von Dębnik bei Krakau. Beitr. Palaont. Geol. Oster-Ung. 15, s. 127—164.
- Harańczyk C., Wala A., 1989 — Andezytyowy komin wulkaniczny w Dubiu. Przewodnik 40 Zjazdu PTG, Wyd. AGH, Kraków.
- Hoffman M., Matyszkiewicz J., 1989 — Wyzształcenie litologiczne i sedymentacja osadów jury w kamieniołomie „Młynka”. Przewodnik 40 Zjazdu PTG, Wyd. AGH, Kraków.
- Jura B., 1973 — Dokumentacja geologiczna złożeń wapieni skalistych górnej jury i wapieni płytowo-gruzłowych górnej kredy „Wielkanoc” z zasobami w kat. C+B. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Klimek S., Koszarski L., 1955 — Stratygrafia Dębnika w porównaniu z dewonem obszarów sąsiednich. Przegl. Geol. 3, s. 388.
- Kozłowski S., 1955: Intruzje porfirowe w grzbiecie dębnickim. Biul. IG 97, s. 39-86.
- Kozłowski S., 1970 — Trias — Surowce węglanowe. [W:] Geologia i surowce mineralne Polski. Inst. Geol. Biul. 251.
- Kubisz J., Buczek-Pułka M., 1982 — Badania mineralogiczne brucytu Mg(OH) z przeobrażonych wapieni z Dębника koło Krzeszowic. Spraw. Pos. Komisji Oddz. PAN w Krakowie. 2, s. 221—222.
- Lichnowska Z., 1970 — Dokumentacja geologiczna złożeń piaskowców istebniańskich „Sobolów” w kat. C. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Łaptaś A., 1982 — Sedymentacja Utworów Węglanowych Dewonu Środkowego Rejonu Dębника. Stud. Geol. Pol. 75, s. 59—100.
- Łyczewska J., 1975 — Zarys budowy geologicznej Pasma Wójczo-Pińczowskiego. Biul. IG 283, s. 152—188.
- Matyszkiewicz J., 1989 — Problem 4. Sedymentacja utworów jury okolic Krakowa. Wprowadzenie. Przewodnik 40 Zjazdu PTG, Wyd. AGH, Kraków.
- Matyszkiewicz J., 1996 — Wybrane problemy diagenety osadów węglanowych. Przegl. Geol. 6, s. 596—603.
- Myszkowska J., 1992 — Litofacje i sedymentacja dolomitów dipoporowych (środkowy wapień muszlowy) wschodniej części obszaru śląsko-krakowskiego. Ann. Soc. Geol. Pol. 62, s. 19—62.
- Narkiewicz M., Racki G., 1984: Stratygrafia dewonu antykliny Dębника. Kwart. Geol. 28, s. 513—546.
- Nowak F., 1995 — Dokumentacja geologiczna uproszczona w kat. B złożeń wapieni jurajskich „Ulina Wielka”. Arch. UW w Krakowie.
- Nowak T.W., 1974 — Sprawozdanie z przeprowadzonych prac geologicznych w celu udokumentowania złożeń piaskowców istebniańskich „Muchówka”. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Nowak T.W., 1976 — Dokumentacja geologiczna złożeń wapieni jurajskich „Mirów” z zasobami w kat. B. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Nowak T.W., 1980 — Dokumentacja geologiczna w kategorii B złożeń wapieni dewońskich „Dębnik”. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Nowak T.W., 1986 — Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złożeń wapieni jurajskich „Mirów” z zasobami w kat. B+C. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Nowak T.W., 1986 — Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej w kategorii B złożeń wapieni dewońskich „Dębnik”. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Odrzywołska-Bieńkowska E., 1975 — O metodyce badań mikropaleontologicznych zastosowanej przy identyfikacji próbek pochodzących z zabytków i złóż Ziemi Wiślickiej. Przegl. Geol. 1, s. 13—17.
- Penkalo B., 1963 — Wapień pasma pińczowsko-wójczańskiego i margle w zabytkach Wiślicy. Odkrycia w Wiślicy, t. I, PWN, Warszawa.
- Peszat C., Buczek-Pułka M., 1984 — Zmienność właściwości fizyczno-mechanicznych budowlanych piaskowców istebniańskich obszaru Karpat. Zeszyty Nauk. AGH, Geologia 10, s. 5—34.
- Peszat C. (red.), 1976 — Piaskowce karpackie, ich znaczenie surowcowe i perspektywy wykorzystania. Zeszyty Nauk. AGH, Geologia 2, s. 95.

- PN-84/B-01080 — Kamień dla budownictwa i drogownictwa. Podział i zastosowanie wg własności fizyczno-mechanicznych. PKN, Warszawa.
- Przewłocka M., 1980 — Dokumentacja geologiczna złoża Kamień Odwozy w Kat. B. Arch. UW w Krakowie.
- Romer F., 1863 — Die Altersbestimmung des schwarzen Marmors von Dembnik im Gebiete von Krakau. Z. Dtsch. Geol. Ges. 15, s. 708—712.
- Rutkowski J., 1977 — O zmienności gęstości objętościowej wapieni miocenu okolic Pińczowa i Staszowa. Spraw. z Pos. PAN oddz. w Krakowie XXI/2.
- Rutkowski J., 1993 — Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, Arkusz Kraków (973). PIG, Warszawa.
- Rydzewski A., 1975 — Mikrofacjalne badania petrograficzne dolnotortońskich wapieni litotamniowych pasm wólczowsko-pińczowskiego. Przegł. Geol. 1, s. 8—12.
- Sas-Korczyńska E., 1989 — Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej w kat. B+C złoża wapieni jurajskich „Nielepice”. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Siedlecki S., 1952 — Utwory geologiczne obszaru pomiędzy Chranowem a Kwaczałą. Biul. PIG 60, s. 231.
- Szwaja Z., 1981 — Dokumentacja geologiczna z zasobami w kat. B złoża dolomitów triasowych „Libiąż”. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Szwaja Z., 1986 — Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej w kat. B złoża dolomitów triasowych „Libiąż”. Arch. Przeds. Geol. w Krakowie.
- Tarkowski R., 1989 — Stratygrafia utworów jury w Zalasie. Przew. 40 Zjazdu PTG, Wyd. AGH, Kraków.
- Tatarkiewicz W., 1952 — Czarny marmur w Krakowie. PAU Prace Kom. Hist. Sztuki. 10.
- Zaręczny S., 1888 — Studja geologiczne w Krakowskim okręgu. I. Devon. Spraw. Komis. Fizjogr. AU 23, s. 1—35.

JAN BROMOWICZ

APPLICATION OF THE BUILDING STONES OF THE CRACOW AREA FOR THE MASONRY RECONSTRUCTIONS — EVALUATION OF PERSPECTIVES

Key words

Cracow, building stones, decorativeness, physical and mechanical properties

Abstract

The following stones were evaluated in the present study: the Dębnik Limestone (Devonian), the Libiąż (Diplopora) Dolomite (Triassic), limestone from Nielepice, Kamień, Wielkanoc, Ulina and Mirów (Jurassic), the Pińczów Limestone (Tertiary) and the Istebna Sandstone from Sobolów, Sośliny, Muchówka, Zonia and Czasław (Fig. 1). In each case three features were evaluated: decorativeness of the stone, block divisibility and physical and mechanical properties of the rock, taken from the geological reports.

Three varieties of the Dębnik black limestone were distinguished basing on its decorative properties. Orientation and high density of joint determine relative low volume of the blocks exploitable from the deposits. Roughly 30% of the volume of the deposits can be extracted as small and very small blocks (up to 1 m³). Good physical and mechanical properties determine relative high durability of the stone.

Decorativeness of the Libiąż Dolomite is due to its yellowish colour, sparkling shine caused by isolated calcite crystals, and cavernous and laminated texture. Mechanical properties are generally good and uniform over a volume of the deposit. Ca. 8% of the rock volume can be extracted as small blocks.

Jurassic limestone reveal great structural diversity in the quarries examined. The massive (rocky) limestone with conglomeratic structure dominates in Nielepice, Kamień and Ulina. Its physical and mechanical properties are highly variable. Its effective porosity is normally high and contributes to low frost resistivity of the stone.

Remarkable good properties reveals Jurassic limestone from the Wielkanoc quarry. Its structure is pelitic with admixture of organic remnants. Cavernous texture gives the stone decorative surface.

Unfortunately, there are almost no possibility for extraction of blocks from the deposits of the Jurassic limestone. Small quantities of small blocks can be expected only from the deposit in Mirów.

The deposit of the Pińczów Limestone yields various blocks, from very small to very large. Its texture changes from fine through medium to coarse grained. The properties of the stone are by far uniform and favourite, disregarding texture variations. However, frost resistivity is generally not satisfying for most external applications. The masonry needs pre-treatment, to increase water repellency.

The Istebna Sandstone of the Sobolów deposit reveals the best mechanical properties of all known deposits. Particularly, its compression strength in dry, wet as well as in frozen state, and abrasive tests are by far satisfactory. The latter property is particularly remarkable, as the Istebna sandstone, typically, is not resistant to abrasion and cannot be applied in paving works. Moreover, in every of investigated quarries blocks of various sizes constitute ca. 40% of the deposit volume. The deposit in Sobolów reveals the most favourite block divisibility. It may yield the largest blocks of all known deposits.