

KAMIEŃ – NATURALNY MATERIAŁ BUDOWLANY I DEKORACYJNY

Marek W. Lorenc

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono kamień jako materiał, z którym rozwój ludzkiej kultury jest ściśle związany. Istnieją różne rodzaje kamienia stosowanego jako materiał użytkowy i dekoracyjny. Kamień bywa powszechnie używany do zdobienia i zabezpieczania ścian budynków, do budowy dróg i chodników oraz do tworzenia ogrodów skalnych na terenach publicznych i prywatnych. Aby ujawnić piękno struktury kamienia, a także jego przydatność do praktycznego użytku, stosuje się różne metody obróbki, które tu również przedstawiono. Wszystkie rodzaje skał i kamienia ulegają destrukcji pod wpływem naturalnego wietrzenia i na skutek antropogenicznego zanieczyszczenia atmosfery. Rodzaje zniszczeń i metody konserwacji także zostały opisane.

Słowa kluczowe: kamień, skała, środowisko, deterioracja, zabezpieczanie, konserwacja

WSTĘP

Skały i ich fragmenty (potocznie zwane kamieniami) od najdawniejszych czasów pełniły bardzo ważną rolę w życiu człowieka, pełniąc dwie podstawowe funkcje – ochronną i użytkową [Tjeerd van Andel 2001]. Najprostszą funkcję ochronną pełniły (nie tylko zresztą dla ludzi) naturalne jaskinie, powstające przede wszystkim w skałach wapiennych. Późniejszym etapem rozwoju ludzkiej cywilizacji było wyjście ze skalnych jaskiń i szukanie schronienia poza nimi. W takiej sytuacji i w takim środowisku ludzie byli zmuszeni do zbierania naturalnych fragmentów skał i konstruowania z nich pierwszych murów. Było to wyraźne uniezależnienie się od miejsca występowania schronienia. W ten sposób kamień stał się podstawowym surowcem budowlanym przy wznoszeniu ścian pomieszczeń mieszkalnych oraz rozmaitych konstrukcji obronnych. Tę rolę kamień odgrywa na całym świecie do dziś.

Najprostszą funkcją użytkową pełnił dopasowany do dłoni, prawie kulisty kamień, służący do rozbijania, rozdrabniania i rozcierania rozmaitych materiałów. Było to zarazem pierwsze, nieobrobione narzędzie człowieka. Z upływem czasu narzędzia kamienne ulegały znacznym modyfikacjom i ulepszeniom przez ociosywanie i gładzenie, przyjmując odpowiedni, zależny od przeznaczenia, z góry upatrzony kształt. Dopiero odkrycie metali pozbawiło kamień tej pożytecznej funkcji.

Kamienne wyroby wykonywano przede wszystkim z najtwardszych skał litych, ale nie mniej przydatna do produkcji wielu przedmiotów użytkowych była też glina. Z niej lepiono naczynia użytku codziennego i rytualnego, a nawet zabawki dla dzieci. Zapewne przypadek sprawił, że suszone na słońcu gliniane wyroby zaczęto wypalać w ogniu, zapoczątkowując w ten sposób produkcję znacznie trwalszych przedmiotów ceramicznych. Ta forma zastosowania skał w życiu codziennym – jakkolwiek w bardzo zmiennej i unowocześnionej formie – istnieje na świecie do dzisiaj.

Równoległe z rozwojem ceramiki użytkowej rozwijała się produkcja cegieł z gliny, początkowo tylko suszonych, a później wypalanych. Niezależnie od metod produkcji i zróżnicowania wyrobów, sam fakt wynalezienia i zastosowania cegieł sprawia, że ceramika pełniąca pierwotnie funkcję użytkową, po części stała się budulcem i na powrót przejęła funkcję ochronną.

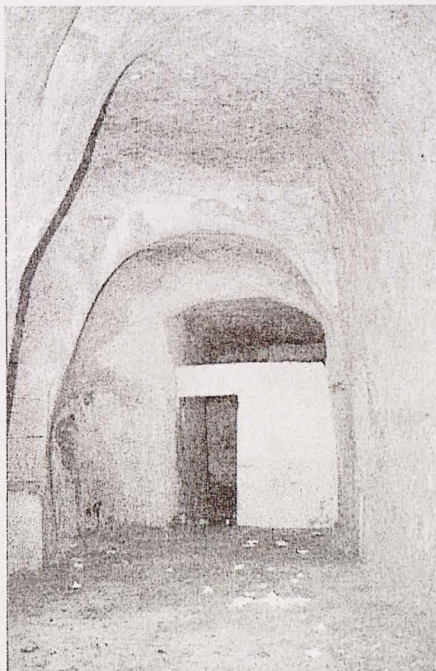
Przedstawiony rys historyczny jest oczywiście wielkim uproszczeniem i nie uwzględnia wielu innych zastosowań materiału kamiennego, jakie kolejno pojawiały się wraz z postępem rozwoju cywilizacyjnego. Miał jedynie zwrócić uwagę na fakt, jak wielką rolę w naszym życiu pełniły i nadal pełnią skały (kamienie). Z całą pewnością nie przestaną one pełnić tej roli nigdy, albowiem człowiek zawsze będzie nierozzerwalnie związany ze swym naturalnym środowiskiem przyrodniczym [Coates 1985, Press i Siever 1994, Bennet i Doyle 1997].

Celem prezentowanego artykułu jest ukazanie kamienia jako naturalnego materiału konstrukcyjnego i ozdobnego, który na przestrzeni dziejów nierozzerwalnie był związany z ewolucją kultury i myśli technicznej człowieka. Należy jednak zwrócić wyraźną uwagę na fakt, że – podobnie jak kopalne paliwa – surowiec ten nie jest „niewyczerpalny” i oszczędne oraz rozsądne gospodarowanie nim jest kwestią podstawową. Wbrew przysłowiowym opiniom, kamień nie jest substancją niezniszczalną i na skutek wielu czynników podlega nieodwracalnej destrukcji.

BUDOWNICTWO PODZIEMNE

Termin „budownictwo” kojarzy się przede wszystkim z tworzeniem rozmaitego przeznaczenia obiektów w różnych miejscach na ziemi. Olbrzymią gałąź budownictwa stanowi jednak też twórcza działalność człowieka, która od prehistorycznych czasów do dziś odbywa się także pod ziemią. W ujęciu historycznym pierwszą adaptacją (z niewielkim tylko stopniem modyfikacji) przestrzeni podziemnej było wykorzystanie jaskiń przez prehistorycznych ludzi. Skały węglanowe, w których dochodzi do rozwoju zjawisk krasowych i powstania jaskiń, występują w bardzo konkretnych sytuacjach geologicznych, w związku z czym znalezienie bezpiecznego miejsca schronienia i bytowania

było przypadkowe [Lorenc 2001a]. Na terenach zbudowanych z innych skał ludzie organizowali swoje siedziby, wykorzystując skalne załomy, nawisy albo wytrwale drążyli skalne monolity, tworząc w nich niezwykle trwałe i doskonale izolowane termicznie skalne mieszkania. Tak działo się w prehistorii, w czasach historycznych, tak dzieje się też obecnie. Współcześnie ludzie nadal mieszkają w swoistych podziemnych domach. Przykłady podziemnej architektury stworzonej w tak miękkich skałach, jak less, tuf czy niektóre odmiany wapienia, można spotkać w wielu krajach w różnych szerokościach geograficznych (rys. 1) [Laureano 1993, Rewerski 1993, 1999].



Rys. 1. Podziemne miasto Matera, Włochy (wszystkie zdjęcia zamieszczone w artykule wykonał autor)
Fig. 1. Underground town of Matera, Italy (all photographs in this article by author)

Podziemne budownictwo nie sprowadza się jedynie do tworzenia skalnych mieszkań. Zorientowawszy się, że niektóre „kamienie” bywają szczególnie przydatne, a znaleźć je można tylko w określonych miejscach, po zebraniu wszystkich leżących na powierzchni, zaczęto poszukiwać ich coraz głębiej, kładąc w ten sposób podwaliny pod przyszłe górnictwo surowcowe i kruszcowe [Lorenc 2000, Golub i Lorenc 2000, Lorenc i Zagożdżon 2002].

Niezależnie od wykorzystywania podziemi w celach mieszkalnych i górniczych, ludzie zawsze drążyli w ziemi i w skałach zagłębienia przeznaczone do składowania i przechowywania przedmiotów oraz żywności. W niektórych miastach podziemne kupieckie składy łączono, tworząc system labiryntów, umożliwiających w okresach zagrożeń skuteczne ukrycie się czy nawet ewakuację. W okresie zbliżających się lub przez wiele lat trwających wojen budowano skomplikowane fortyfikacje i twierdze,

których istotnym elementem były rozległe labirynty podziemnych korytarzy. Najmłodsze podziemne obiekty militarne pochodzą z okresu II wojny światowej.

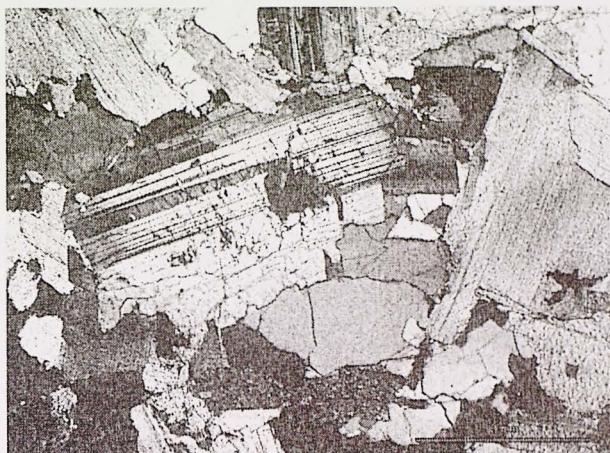
Zupełnie odrębną dziedzinę stanowi podziemne budownictwo sakralne. W wielu krajach, zwłaszcza w cieplej strefie klimatycznej, istnieją świątynie mozolnie kute i precyzyjnie drążone wewnątrz skalnych monolitów. Dzięki doborowi odpowiednich metod pracy, obiekty takie tworzone zarówno na zboczach gór, jak i na przestrzeni otwartej; bywają one skutecznie ukryte i nawet z niewielkiej odległości są prawie niewidoczne. Równocześnie od najdawniejszych czasów ludzie różnych wyznań i religii wybierali ziemię jako miejsce pochówku swych zmarłych przodków. Zależnie od kultury i epoki, celowi temu służyły zarówno płytkie ziemne mogiły, mniejsze lub większe grobowce, jak i znacznie rozbudowane krypty, katakumby i potężne, tajemnicze skalne nekropolie.

Powracając do współczesności, architektura podziemi nie jest nam zupełnie obca. Wystarczy w tym miejscu wymienić elektryczną kolej podziemną typu „metro”, podziemne centra handlowe, parkingi czy też stylowe lokale gastronomiczne i muzyczne kluby, ukryte w zaadaptowanych do tego celu podziemiach staromiejskich kamienic.

Budownictwo podziemne, dla którego środowiskiem i częstokroć także tworzywem bywa kamień, podlega wszelkim naturalnym procesom działającym w przyrodzie, które nieuchronnie prowadzi do niszczenia tego typu obiektów. Problemom zabezpieczenia i konserwacji obiektów budownictwa podziemnego poświęcona jest potężna gałąź nauki i przemysłu [Lorenc 2001b].

RODZAJE KAMIENI UŻYTKOWYCH

Warunki stawiane kamiennym materiałom użytkowym i dekoracyjnym najlepiej spełnia grupa skał, oferowana w handlu pod zbiorową nazwą granitów. Z geologicznego punktu widzenia jest to nazwa, która w praktyce może prowadzić do kłopotliwych nieporozumień. Owe „granity” obejmują bowiem wszystkie skały magmowe o skrajnie różnym składzie mineralnym, począwszy od gabr i diorytów, poprzez tonality, monzodioryty i syenity, aż po właściwe granity. Do niedawna grupa „granitów” obejmowała też bardzo efektowne i wielobarwne skały smugowane i wstęgowane zupełnie innego pochodzenia. Są to tzw. skały metamorficzne, które ostatnio w ofertach handlowych zaczynają figurować pod właściwą petrograficznie nazwą „gnejsy”. Zarówno gnejsy, jak i granity są skałami twardymi i bardzo dekoracyjnymi, a ponadto obejmują wyjątkowo szeroką gamę kolorów, od czerni po biel, przez wszelkie odcienie brązu, czerwieni, żółci, a nawet zieleni i błękitu. Pomimo tej doskonałości należy pamiętać, że skład mineralny tych skał jest bardzo zróżnicowany, a o ich chemicznym charakterze decyduje proporcjonalna zawartość takich minerałów skałotwórczych, jak kwarc (SiO_2), skałen potasowy (KAlSi_3O_8) i plagioklaz – ciągły szereg minerałów od bogatego w sód albitu ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) po silnie wapniowy anortyt ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$). Nie bez znaczenia dla parametrów technicznych i chemicznych jest też zawartość takich glinokrzemianów żelaza i magnezu, jak pirokseny, amfibole i łyszczyki (wzory chemiczne skomplikowane), będących również podstawowymi minerałami skałotwórczymi (rys. 2).



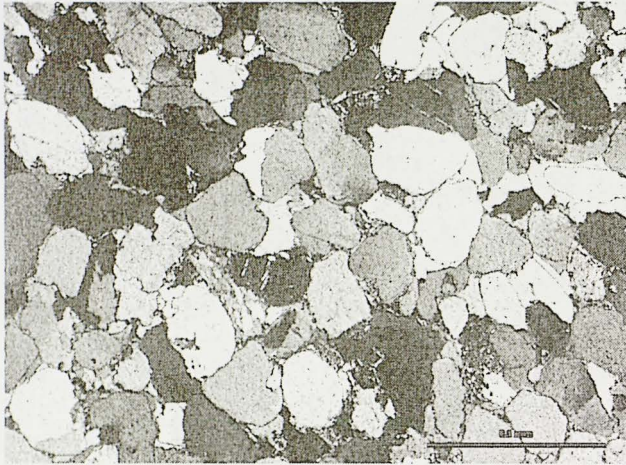
Rys. 2. Mikroskopowy obraz granitu

Fig. 2. Microscope photograph of a granite structure

Uniwersalność skał określanych jako granity wynika z ich jednorodnej struktury wewnętrznej, ułatwiającej zastosowanie różnych technik obróbki. Ważną cechą jest też tzw. bloczność, czyli możliwość uzyskiwania w kamieniołomach dużych monolitów, wymaganych do wyrobu znacznej wielkości elementów budowlanych i dekoracyjnych [Dziedzic i in. 1979, Kozłowski 1986, Kamienie... 1996].

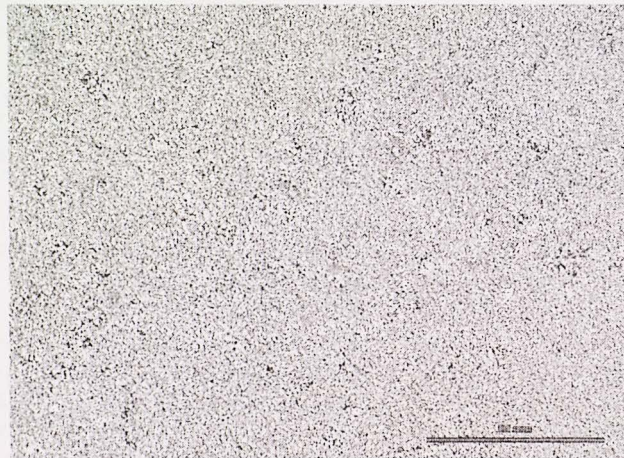
Drugą grupą bardzo szeroko stosowanych skał są piaskowce, występujące w gamie kolorów równie szerokiej jak tzw. granity. Ze względu na osadowe pochodzenie, zastosowanie tych skał jest znacznie bardziej ograniczone. Należy bowiem pamiętać, że piaskowce zbudowane są z pojedynczych ziaren piasku, spojonych mineralnym spoiwem, którego skład decyduje o takich cechach skały, jak np. twardość, porowatość i nasiąkliwość (rys. 3). Najczęściej spotykanym spoiwem piaskowców jest dość twardy kwarc (SiO_2), ale nierzadko może nim być mało odporny chemicznie kalcyt (CaCO_3) lub niezwykle miękkie minerały ilaste. Dopiero po dokładnym poznaniu składu mineralnego piaskowców można zdecydować o ich ewentualnym zastosowaniu jako materiał budowlany, dekoracyjny lub rzeźbiarski. Znaczna większość piaskowców to skały mniej lub bardziej porowate, w związku z czym nie można zapominać o ich podatności na wietrzenie i deteriorację. Jeżeli tego typu skały mają być użyte w innym celu niż podłoże dla roślin w parkach czy ogrodach, należy pamiętać o konieczności ich odpowiedniego zabezpieczenia przed zgubnym dla nich wpływem wilgoci.

Trzecią dużą grupą popularnie stosowanego surowca są skały węglanowe, które w handlu oferowane są pod ogólną nazwą marmurów. Nazewnictwo takie jest w podobnym stopniu mylące, jak w omawianym już przypadku „granitów”, gdyż nie wszystkie oferowane w handlu „marmury” są właściwymi marmurami. Wiele z nich należy do grupy wapieni, które są skałami osadowymi, pochodzenia organicznego lub chemicznego, i budujący je węglan wapnia (CaCO_3) nie ma struktury krystalicznej (rys. 4, 5). Marmury są skałami metamorficznymi i wywodzą się z wapieni przeobrażonych pod wpływem znacznie wyższego ciśnienia i temperatury niż te, w których powstawały skały osadowe. W takich warunkach węglan wapnia przyjmuje postać krystaliczną, nadając skale zupełnie inny wygląd oraz inne właściwości fizyczne (rys. 6).



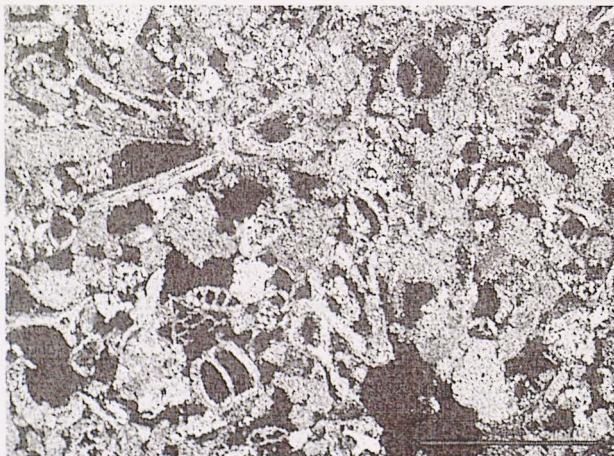
Rys. 3. Mikroskopowy obraz piaskowca

Fig. 3. Microscope photograph of a sandstone structure



Rys. 4. Mikroskopowy obraz wapienia pochodzenia chemicznego

Fig. 4. Microscope photograph of chemogenic limestone structure



Rys. 5. Mikroskopowy obraz wapienia pochodzenia organicznego

Fig. 5. Microscope photograph of organogenic limestone structure



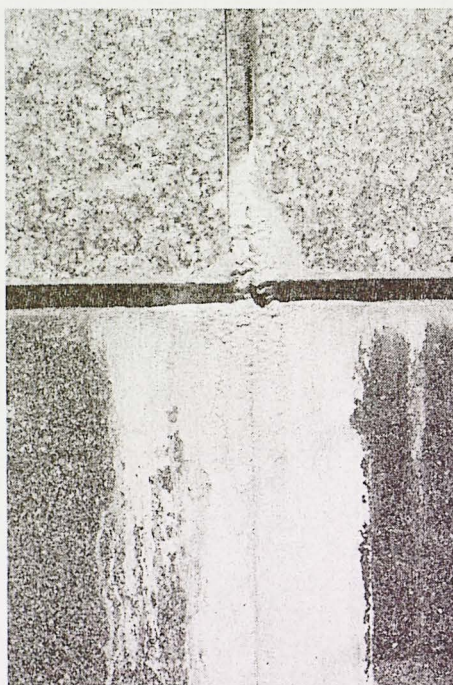
Rys. 6. Mikroskopowy obraz marmuru
Fig. 6. Microscope photograph of a marble structure

Pomijając niezgodności terminologiczne, faktem pozostaje, że zarówno wapienie, jak i marmury charakteryzuje duża wartość dekoracyjna. Słabą stroną wapieni i marmurów jest jednak to, że jako skały właściwie monomineralne, zbudowane głównie z węglanu wapnia, są bardzo miękkie. Cecha ta, będąca zaletą z punktu widzenia metod obróbki, jest równocześnie wadą, gdyż owe bez trudu wypolerowane powierzchnie mogą równie łatwo ulec mechanicznemu zniszczeniu.

Wszystkie wymienione typy skał występują na terenie Polski i są eksploatowane jako dobrej jakości naturalny surowiec budowlany i dekoracyjny [Dziedzic i in. 1979, Kozłowski 1986, Kamienie... 1996, Mizerski 2000]. Skały granitowe wydobywa się wyłącznie na Dolnym Śląsku, zarówno na przedpolu Sudetów (Strzegom, Strzelin, Niemcza), jak i w samych Sudetach (Szklarska Poręba). Znacznie bardziej rozprzestrzenione jest występowanie piaskowców, które z formacji geologicznych różnego wieku wydobywa się na Dolnym Śląsku (Nowa Ruda, Bolesławiec, Radków), w Górach Świętokrzyskich (Suchedniów, Wąchock, Tumlin) i w Karpatach (Brenna, Krosno, Mucharz). Skały węglanowe od wielu lat stosowane jako ceniony surowiec to wapienie z rejonu Gór Świętokrzyskich (Bolechowice, Morawica, Chęciny, Pińczów), powszechnie znane pod mylną nazwą „marmury kieleckie”, oraz marmury „właściwe”, czyli krystaliczne skały metamorficzne, eksploatowane tylko na Dolnym Śląsku w Sudetach (Stronie Śląskie, Sławniowice).

Naturalne skały są pięknym i niezwykle trwałym budulcem, a także estetycznym i bardzo dekoracyjnym materiałem okładzinowym. Wprawdzie wstępna kalkulacja ich ewentualnego zastosowania może sugerować znaczny koszt takiej inwestycji, ale w ujęciu długofalowym okazuje się, że czyszczenie, malowanie i okresowa wymiana tradycyjnych tynków jest znacznie bardziej kłopotliwe i kosztowne niż montaż elewacji z naturalnego kamienia. Warunkiem opłacalności, trwałości i estetycznych efektów takiego przedsięwzięcia jest jednak bezwzględne przestrzeganie zasad obowiązujących przy montażu kamiennych płyt okładzinowych. W wielu miejscach naszego kraju do

dziś straszą swą szpetotą kamienne ściany wykonane w latach 60. i 70., chociaż zgodnie z zamierzeniami projektantów miały być nowoczesną ozdobą naszych miast. Niestety, niewłaściwe mocowanie kamiennych płyt na murowanym podłożu sprawiło, że po latach część „dekoracji” odpadła od ścian, a pozostałe na miejscu pokryły się solnymi zaciekami wypływającymi ze szczelin między płytami (rys. 7).



Rys. 7. Solne nacieki na granitowych płytach elewacyjnych
Fig. 7. Occurrence of gypsum crust in a granite wall

DETERIORACJA OBIEKTÓW KAMIENNYCH I JEJ ZAPOBIEGANIE

W powietrzu, obok składników niezbędnych dla życia ludzi, zwierząt i roślin, występują też agresywne pyły i gazy, powodujące znaczne zniszczenia w zabytkowych i współczesnych budowlach wykonanych z kamienia, zwłaszcza w słabo przewietrzanej i ciasnej zabudowie miejskiej [Haber i in. 1988, Wilczyńska-Michalik i Michalik 1995, Smoleńska i Rembiś 1999, Pavia i Bolton 2000, Fassina i in. 2000, Lorenc 2003]. Szczególnie niebezpieczne pod tym względem są dwutlenek siarki i tlenki azotu, które w połączeniu z parą wodną tworzą bardzo agresywne kwasy – siarkowy i azotowy. Wnikając w głąb porowatych skał, kwasy te w reakcji z niektórymi minerałami powodują krystalizację soli, zmieniających skład chemiczny, a tym samym także parametry techniczne i wygląd zewnętrzny kamienia. Niektóre sole odznaczają się znaczną siłą krystalizacji, działającą podobnie jak woda w procesie zamarzania. Warto pamiętać, że

powierzchnia porowata i spękana kamienia jest bardziej podatna na destrukcję niż powierzchnia gładka.

Efekty wpływu zanieczyszczonej atmosfery na wyroby z kamienia cechuje znaczne zróżnicowanie. W przypadku barwnych odmian wapieni są to najczęściej odbarwienia lub przynajmniej zmiana kontrastu. W innych odmianach skał zawierających węgiel wapnia dochodzi do rozpuszczenia i wypłukania tego związku i zastąpienia go innym. Proces ten objawia się krystalizacją powierzchniowych pokryw białego nalotu solnego, ale wpływa też na zmianę struktury wewnętrznej kamienia, prowadząc do powierzchniowego łuszczenia i ziarnistego rozpadu [Lorenc 2003].

Niszczenie, osłabianie i obniżanie jakości skał i wyrobów z kamienia na skutek bezpośredniego działania zanieczyszczonej atmosfery, względnie efektów wtórnych, będących konsekwencją takiego zanieczyszczenia, nazywamy deterioracją (łac. *deterior* – gorszy) [O'Daly i Lewis 1992, Wilczyńska-Michalik i Michalik 1995]. Odmianą tego procesu jest biodeterioracja, czyli niszczenie kamienia za sprawą mikroorganizmów. Skutki intensywnego oddziaływania porostów szczególnie dobrze widać na podłożu bogatym w substancję wapienną [Edwards i in. 1993]. Jednym z produktów ich metabolizmu jest kwas szczawiowy, który w reakcji z węglanem wapnia powoduje wytrącanie się szczawianu wapnia, krystalizującego nawet do głębokości 2–3 cm od powierzchni. Wiadomo, że grube warstwy glonów, pokrywające śliską masą powierzchnię skał, zatrzymują duże ilości wody, która wnikać w głąb, rozluźnia ich strukturę i ułatwia postępujący rozkład (rys. 8). Glony bywają też uznawane za przyczynę wtórnego zabarwienia kamienia. Wilgotny kamień jest też dobrym podłożem do narastania grzybów. Jeżeli tylko porowatość środowiska pozwala na odpowiednio głęboki dostęp powietrza i wilgoci, to grzyby żyją wówczas nie tylko na powierzchni kamieni, ale też w ich głębi. Wytwarzane przez nie kwasy organiczne niszczą nie tylko dość podatne na rozkład skały węglanowe i piaskowce, ale też tak wytrzymałe jak granit i bazalt.

Inną grupą mikroorganizmów bardzo aktywnie działających na kamień są samoczynne bakterie, które energię życiową generują podczas metabolizmu niektórych związków chemicznych. Należą do nich m.in. bakterie siarkowe, niszczące substancję mineralną w obecności kwasu siarkowego, oraz bakterie azotowe, utleniające nieorganiczne związki azotu [May i in. 1993]. Nieco mniej wiadomo na temat niszczącego działania bakterii cudzożywnych. Niektóre z nich produkują jednak kwasy organiczne i fenole, zdolne rozpuszczać wiele podstawowych minerałów skałotwórczych. Efektem działania bakterii są m.in. różnobarwne plamy albo nacieki, zwłaszcza na marmurach i wapieniach.

Zabezpieczając kamienne wyroby przed deterioracją wykonuje się przede wszystkim mechaniczne usuwanie zniszczonych powierzchni metodą piaskowania lub mycia strumieniem wody pod ciśnieniem. Następnie przeprowadza się odsalanie kamienia oraz impregnację zabezpieczającą przed wchłanianiem wilgoci (hydrofobizację) [Domasłowski 1993]. Do tego celu używa się odpowiednich syntetycznych związków krzemooorganicznych, które penetrują kamień na głębokość kilku centymetrów, a okres ich działania, w zależności od rodzaju środka, wynosi kilka lat. Preparaty hydrofobizujące przeważnie mają równocześnie charakter biocydów, w związku z czym wstrzymują też aktywność metaboliczną mikroorganizmów aktualnie żyjących w kamieniu i zabezpieczają go przed dalszą agresją mikrobiologiczną.



Rys. 8. Zniszczenia dokonane w wapieniu przez glony (Matera, Włochy)
 Fig. 8. Limestone destruction caused by the alga (Matera, Italy)

METODY OBRÓBKI KAMIENIA

Skały wydobywane są w kamieniołomach jako wymiarowe bloki, które dalszej obróbce podlegają w zakładach kamieniarskich. Zależnie od przeznaczenia i rodzaju kamienia przyjmuje się odpowiednie techniki obróbki. W niektórych przypadkach wystarcza materiał o wyglądzie mniej lub bardziej surowym. Znacznie częściej wymagana jest jednak powierzchnia równa i gładka, którą uzyskuje się dzięki dalszej mechanicznej obróbce. W zależności od przeznaczenia i spodziewanych efektów powierzchnie takie mogą być szorstkie i chropowate albo mniej lub bardziej gładkie. Powierzchnie szorstkie mogą posiadać ślady uderzeń specjalnych narzędzi zostawiających regularnie rozmieszczone, prawie jednakowej wielkości zagłębienia i wypukłości (faktura groszkowana). Przy elewacjach wykonanych z piaskowca bardzo często stosowane są – jako element dekoracyjny – gęste i równoległe bruzdy o ostrych krawędziach (faktura dłutowana).

Od powierzchni niektórych kamiennych elementów budowlanych, a także od powierzchni spełniających funkcje dekoracyjne wymaga się dokładniejszego stopnia obróbki. Podstawę do takiej obróbki stanowi powierzchnia uzyskana bezpośrednio po przecięciu na traku lub pile tarczowej, która po oszlifowaniu odpowiedniej grubości materiałem ciemnym jest gładsza, ale nadal pozostaje matowa. Najrówniejszą po-

wierzchnię o szklistym, lustrzanym połysku uzyskuje się dzięki polerowaniu powierzchni wyszlifowanych bardzo drobnociązkowymi proszkami i pastami polerskimi. Najgładsze powierzchnie polerowane uzyskuje się dla skał krystalicznych jednomineralnych (marmury) lub wielomineralnych, których składniki mają podobną twardość (granity – w znaczeniu handlowym). W przypadku skał niejednorodnych i porowatych (tj. piaskowce, zlepieńce, brekcje i tufy) podczas szlifowania i polerowania składniki twarde zachowują się inaczej niż składniki miękkie i powierzchnia nie uzyskuje jednolitego połysku.

Szczególnym rodzajem faktury jest tzw. faktura płomieniowa, uzyskiwana w wyniku obróbki powierzchni kamienia przy użyciu specjalnych palników gazowych. Metodę tę stosuje się tylko do skał twardych, zawierających kwarc (tj. piaskowce o spoiwie krzemionkowym oraz skały z grupy granitów), uzyskując powierzchnie bardzo szorstkie i chropowate, równocześnie ujawniające ozdobną strukturę wewnętrzną skały.

BADANIA WŁASNE

Badania dotyczące kamiennych zabytków architektury i sztuki prowadzone są zarówno na świecie [Fassina i in. 2000, Pavia i Bolton 2000], jak i w naszym kraju. Znaczące zasługi położyły na tym polu zespoły naukowo-badawcze m.in. takich ośrodków, jak Kraków czy Poznań, zajmujące się analizą przyczyn zniszczeń niektórych kamiennych zabytków tych miast [Manecki i in. 1982, Haber i in. 1988, Wilczyńska-Michalik i Michalik 1995, Rembiś i Smoleńska 1998, Skoczylas i Walendowski 1998, Smoleńska i Rembiś 1999]. Wstępne prace w tym zakresie prowadził również autor [Lorenc 2003].

Aktualnie w Instytucie Budownictwa i Architektury Krajobrazu Akademii Rolniczej we Wrocławiu rozpoczęto kompleksowe studium, mające na celu ustalenie aktualnego stanu zachowania oraz przyczyn zniszczenia zabytkowych obiektów architektonicznych, wykonanych z kamienia na terenie Dolnego Śląska. Do badań wytypowano jeden z dolnośląskich piaskowców o spoiwie ilasto-krzemionkowym, odznaczający się dobrą blocznością, który od dawna był eksploatowany i szeroko stosowany jako wysokiej jakości kamień budowlany, dekoracyjny i rzeźbiarski. Piaskowiec ten nie jest jednak skałą jednorodną, a jego zmienność strukturalna i mineralogiczna jest dość duża, co znajduje odbicie m.in. w podatności na niekorzystne warunki atmosferyczne.

Wstępnym etapem rozpoczętych badań była identyfikacja materiału kamiennego użytego do budowy zabytkowych obiektów architektonicznych. Kolejnym krokiem zaś identyfikacja i lokalizacja miejsc eksploatacji poszczególnych odmian materiału użytego do budowy tych obiektów. Konsekwentnie z obiektów architektonicznych i z kamieniołomów zostaną pobrane próbki kamienia do dalszych, szczegółowych badań analitycznych i porównawczych. Zostanie też przeprowadzona analiza petrograficzna, która pozwoli skorelować materiał kamienny użyty do budowy badanych obiektów z odpowiednim, porównawczym materiałem źródłowym, pobranym w kamieniołomach. Na tym etapie będzie można zidentyfikować poszczególne odmiany piaskowca i określić stan zachowania ich oryginalnego składu mineralnego w próbkach pobranych z obiektów architektonicznych. Kolejnym etapem badań będzie identyfikacja jako-

ściowo-ilościowa faz krystalicznych i amorficznych, przeprowadzona metodą dyfrakcji rentgenograficznej i metodą derywatograficzną, a także ilościowa analiza faz amorficznych. Równocześnie przy użyciu mikroskopu elektronowego będą prowadzone badania skaningowe, pozwalające ujawnić i określić zmiany struktury powierzchni badanych piaskowców, obecność w nich faz neogenicznych oraz jakościowe i ilościowe zmiany ich składu chemicznego. Badania te wskażą stan zachowania próbek kamienia pobranych w poszczególnych obiektach oraz ewentualną obecność w nich produktów wtórnych, powstałych na skutek reakcji pierwotnej substancji mineralnej skały z agresywnymi składnikami zanieczyszczonej atmosfery.

Zostanie podjęta też próba określenia podatności, względnie odporności poszczególnych odmian badanego piaskowca na życiową aktywność mikroorganizmów. W tym celu wykonane będą badania mikrobiologiczne, mające na celu identyfikację poszczególnych mikroorganizmów obecnych na powierzchni próbek kamienia oraz stwierdzenie, czy produkty ich metabolizmu wnikają w głąb kamienia, oraz czy i w jakim stopniu wpływają one na badany materiał.

Synteza danych otrzymanych z poszczególnych etapów badań kamienia pochodzącego z kamieniołomów oraz odpowiednich próbek pobranych z zabytkowych obiektów architektonicznych pozwoli wykazać intensywność i stopień zniszczenia tych drugich. Korelacja otrzymanych tą drogą wyników z danymi wynikającymi z monitoringu stanu atmosfery oraz lokalizacji potencjalnych źródeł emisji pozwoli przypisać odpowiedni rodzaj zniszczenia poszczególnych rodzajów piaskowca odpowiednim substancjom chemicznym i potencjalnym źródłom ich pochodzenia.

Będą to badania o charakterze modelowym, a uzyskane wyniki posłużą jako wytyczne dla prac konserwatorskich wszędzie tam, gdzie analizowany piaskowiec został użyty jako materiał budowlany lub dekoracyjny. Wyniki uzyskane na poszczególnych etapach prac badawczych będą publikowane w artykułach naukowych oraz prezentowane w formie referatów i posterów na specjalistycznych konferencjach naukowych.

PODSUMOWANIE

Najprostszą formą wykorzystania naturalnych kamieni jako surowca jest bezpośrednio użycie ich fragmentów. Rodzaj wybranego kamienia, jego kolor i metoda dalszej obróbki zależą tylko od funkcji, jaką ma on spełniać. Ważna w tym przypadku jest znajomość technicznych właściwości skał, które wynikają z ich składu mineralnego, czyli chemicznego. Ogólna zależność jest bardzo prosta – im materiał jest twardszy i odporniejszy chemicznie, tym bardziej uniwersalne jest jego zastosowanie.

Istnieje wiele odmian skał, które mogą stanowić cenny surowiec budowlany i materiał dekoracyjny – jeśli tylko ich skład mineralny i parametry techniczne odpowiadają wymogom przeznaczenia. Przy wyborze kamienia nie można się jednak kierować wyłącznie względami estetycznymi i cechami fizycznymi. Istotny wpływ na podjęcie decyzji o użyciu danego kamienia powinna mieć znajomość jego składu mineralnego, ponieważ w niektórych (rzadkich) przypadkach taka decyzja może wiązać się też z podjęciem odpowiedzialności za ewentualny wpływ zastosowanego kamienia na

zdrowie stykających się z nim ludzi. Uwaga ta dotyczy jednak wyłącznie skał mniej popularnych, indywidualnie dobieranych spoza oferty handlowej i stosowanych bez uprzedniej opinii rzeczoznawcy.

Kamień naturalny, używany jako materiał budowlany i dekoracyjny, podlega powolnie przebiegającym procesom destrukcji, zwłaszcza w słabo przewietrzanych centrach urbanistycznych. Mając to na uwadze, należy uwzględnić użycie odpowiedniego rodzaju kamienia do odpowiednich celów i w odpowiednim miejscu, a w przypadku odmian porowatych i mało odpornych na niekorzystne warunki klimatyczne warto pamiętać o dokonaniu odpowiednich zabiegów zabezpieczających przed deterioracją.

PIŚMIENICTWO

- Bennet M.R., Doyle P., 1997. *Environmental geology*. Willey, Chichester.
- Coates D.R., 1985. *Geology and society*. Chapman and Hall, London.
- Domasłowski W., 1993. *Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych*. Wydaw. UMK, Toruń.
- Dziedzic K., Kozłowski S., Majerowicz A., Sawicki L., 1979. *Surowce mineralne Dolnego Śląska*. Ossolineum, Wrocław.
- Edwards H.G.M., Farwell D.W., Lewis I.R., Seaward M.R.D., Turner P., Whitley A., 1993. FT-Raman microscopy and lichen biodeterioration. *Brucker Rep.*, 139.
- Fassina V., Favaro M., Crivellari F., Naccari A., 2000. The stone decay of monuments in relation to atmospheric pollution. *Proc. 9th International Congress on Deterioration of Stone*. Venice, June 19–24.
- Golub S., Lorenc M.W., 2000. Średniowieczne kopalnie kredy. *Eko-Świat* 6: 42.
- Haber J., Haber H., Kozłowski R., Magiera J., Pluska I., 1988. Air pollution and decay of architectural monuments in the city of Cracow. *Durability of Building Materials* 5: 499–547.
- Kamienie budowlane w Polsce, 1996. Wydaw. P.I.G., Warszawa.
- Kozłowski S., 1986. *Surowce skalne Polski*. Wydaw. Geol., Warszawa.
- Laureano P., 1993. *Gardini di pietra*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Lorenc M.W., 1988. Granitoidy Wzgórz Strzebińskich. *Materiały do Sesji Naukowej „Budowa, rozwój i surowce skalne krystaliniku strzebińskiego”*. Inst. Nauk Geol. Univ. Wrocł. Wydaw. Univ. Wrocł., Przeds. Geol., Wrocław, 14–15 października.
- Lorenc M.W., 2000. Kopalnia złota w Złotym Stoku. *Eko-Świat* 10: 42–43.
- Lorenc M.W., 2001a. Najdłuższa jaskinia Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Wszechświat*, 1–3: 10–13.
- Lorenc M.W., 2001b. Podziemia użytkowane i tworzone przez człowieka. *Konferencja Naukowo-Techniczna „Zabezpieczanie i rewitalizacja podziemnych obiektów zabytkowych”*. Kraków-Bochnia, 21–22 września.
- Lorenc M.W., 2003. Deterioracja obiektów kamiennych i metody jej zapobiegania. *Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki* 14: 44–48.
- Lorenc M.W., Zagożdżon P.P., 2002. Historia, stan aktualny i plany zagospodarowania „Złotej Sztolni” pod Orlicą. *Uczniowie Agricoli* (red.) A. Grodzicki, M.W. Lorenc. Muzeum Karkonoskie w Jeleniej Górze, Jelenia Góra.
- Maneck M., Chodkiewicz M., Kopacki S., 1982. Wyniki mineralogicznych badań zakresu i przyczyn niszczenia kamiennych elementów zabytkowych budynków Krakowa. *Kwartalnik AGH, Sozologia i Sozotechnika* 17: 35–70.
- May E., Lewis F.J., Pereira S., Tayler S., Seaward M.R.D., Allsopp D., 1993. Microbial deterioration of building stone – a review. *Biodet. Abstr.* 7.

- Mizerski W., 2000. Geologia dynamiczna dla geografów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- O'Daly G.M., Lewis J.O., 1992. A case study of the deterioration of stone: the Provost's Gates. *Stone Ind.* 1–2.
- Pavia S., Bolton J., 2000. Stone, brick & mortar: Historical Use, Decay and Conservation of Building Materials in Ireland. Wordwell Ltd., Wicklow.
- Press F., Siever R., 1994. Understanding Earth. W.H. Freeman & Co., New York.
- Rembiś M., Smoleńska A., 1998. Piaskowce w zabytkach architektury. *Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki* 9, 30–37.
- Rewerski J., 1993. Troglodytes Saumurois. Editions Grandvaux, Brinon-sur-Sauldre.
- Rewerski J., 1999. L'art des Troglodytes. Flammarion, Paris.
- Richling A., Solon J., 1996. Ekologia krajobrazu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Rutkowski J.D., Syczewska K., Trzepierczyńska I., 1993. Podstawy inżynierii atmosfery. Wydaw. Polit. Wrocl., Wrocław.
- Koczyłtas J., Walendowski H., 1998. Kamień w zabytkowej architekturze Ostrowa Tumskiego w Poznaniu. *Przegląd Geologiczny* 46, 1146–1152.
- Smoleńska A., Rembiś M., 1999. Zmiany mikrostrukturalne wapieni jurajskich użytych w wybranych obiektach zabytkowych, jako efekt antropogenicznych zanieczyszczeń atmosfery. *Ochrona Zabytków* 1, 34–38.
- Tjeerd van Andel H., 2001. Nowe spojrzenie na starą Ziemię. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wilcke H., Thunig W., 1987. Kamieniarstwo. Wydaw. Szk. i Ped., Warszawa.
- Wilczyńska-Michalik W., Michalik M., 1995. Deterioracja materiałów skalnych w budowlach Krakowa. *Przegląd Geologiczny* 43.

A STONE – NATURAL BUILDING AND DECORATING MATERIAL

Abstract. The article presents a stone as natural material, with which a human culture evolution is strictly connected. There exist different types of stones used as both building and decorative material. A stone is commonly used for decorating and protecting of the buildings' walls, in making of roads and pathways, and for creation of rockeries in public and private areas. Various methods are applied to show a beauty of the stone internal structure and to prepare its surface for practical use; most of them is mentioned in the article. All types of rocks and stones are being destroyed in result of both natural weathering and antropogenic pollution of atmosphere. Kinds of destruction and methods of the stone protection are also shown in the article.

Key words: stone, rock, environment, deterioration, protection, conservation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print 12.10.2004