

Tempo wietrzenia piaskowcowych zabytków architektury Dolnego Śląska

Jan Klementowski*, Karol Marcinów*



J. Klementowski K. Marcinów

Istotnym składnikiem krajobrazu kulturowego są zabytki architektury. Dokumentują one historię, wrażliwość artystyczną naszych poprzedników, często decydują o jego atrakcyjności. W miarę upływu czasu, a przede wszystkim z nie docenia

nienia roli ochrony i potrzeby konserwacji obiektów zabytkowych, stan wielu z nich można uznać za katastrofalny. Od XIX w. deteriorację, czyli wietrzenie zabytków architektonicznych przyspieszyły uprzemysłowienie i urbanizacja. Największe zagrożenie stanowią zanieczyszczenia powietrza tlenkami węgla, siarki i azotu oraz emisje pyłów. Ważną rolę w deterioracji odgrywają także czynniki środowiskowe, m.in. mikroklimat, ekspozycja słoneczna oraz mikroorganizmy. Człowiek również przyczynia się do zniszczenia zabytków przez złe odwodnienie gruntu, niewłaściwe użycie kotew i klamer metalowych czy nieumiejętnie przeprowadzone zabiegi konserwatorskie.

Autoryzy podejmują próbę oceny tempa deterioracji epitafrów, rzeźb oraz detali architektonicznych na Dolnym Śląsku, które w 90% są wykonane z piaskowców górnokredowych. Podrzedne znaczenie mają czerwone piaskowce permskie, granity oraz wapienie krystaliczne. Badane obiekty są różnowiekowe — począwszy od schyłku XV w. po koniec XX w., reprezentują różne style i warsztaty artystyczne.

Zagadnienia deterioracji zabytków architektonicznych Dolnego Śląska sporadycznie pojawiają się w opracowaniach, m.in. Badura (1984), Klementowski (2002) i Michniewicz (1996).

Cechy litologiczne badanych obiektów

Duże zasoby, łatwa eksploatacja oraz dobre parametry techniczne sprawiają, że górnokredowe piaskowce są stosowane w architekturze Dolnego Śląska od XIII w. Należą one do podstawowych materiałów budowlanych regionu, znajdując zastosowanie w budownictwie świątyni, zamków obronnych, pałaców, mostów po obiekty sepulkralne w Świdnicy, Lwówku Śląskim, Jeleniej Górze, czy Wrocławiu.

Piaskowce występujące w depresji północnosudeckiej tworzyły się w okresie od późnego cenomanu po wczesny santon. Wśród nich drobno- i równoziarniste piaskowce koniackie o lepiszczu ilastym, jasnoszarej i żółtawej barwie mają najlepsze właściwości geotechniczne. Ich eksploatacja trwa od średniowiecza (Kozłowski, 1986).

Piaskowce górnokredowe w depresji śródsudeckiej występują w trzech poziomach litologicznych, różniąc się cechami fizycznymi i technicznymi (Dziedzic i in., 1979; Milewicz, 1997). Najlepsze walory architektoniczne i użytkowe mają piaskowce z poziomu górnego. Podobne

właściwości mają górnokredowe (cenoman–turon) piaskowce w Rowie Górnej Nysy Kłodzkiej. Zazwyczaj są to piaskowce drobno- i równoziarniste o barwie białej, biało-szarej, jasnożółtej, czasem z lekkim rdzawym odcieniem, związanym z podwyższoną zawartością żelaza. Ich głównym składnikiem mineralnym jest kwarc, którego udział wynosi od 90 do 98%. Resztę stanowi spoiwo krzemionkowe lub krzemionkowo-ilaste. Gorsze właściwości techniczne i użytkowe mają piaskowce gruboziarniste. W ich składzie mineralnym jest mniej kwarcu, natomiast więcej skaleni i okruców skalnych, w spoiwie zaś dominują minerały ilaste. W niektórych piaskowcach w śladowych ilościach występuje lepiszcze węglanowe (Kozłowski, 1986; Dziedzic i in., 1979; Milewicz, 1997). Pod względem litologicznym piaskowce są silnie zróżnicowane, co widać na niewielkich nawet obiektach. Zmienia się struktura i tekstura, skład mineralny, pojawiają się przebarwienia. Dlatego zdarza się, że niewielkie nawet fragmenty jednolitego obiektu architektonicznego wykazują wyraźne zróżnicowanie procesów deterioracji.

Metody badań

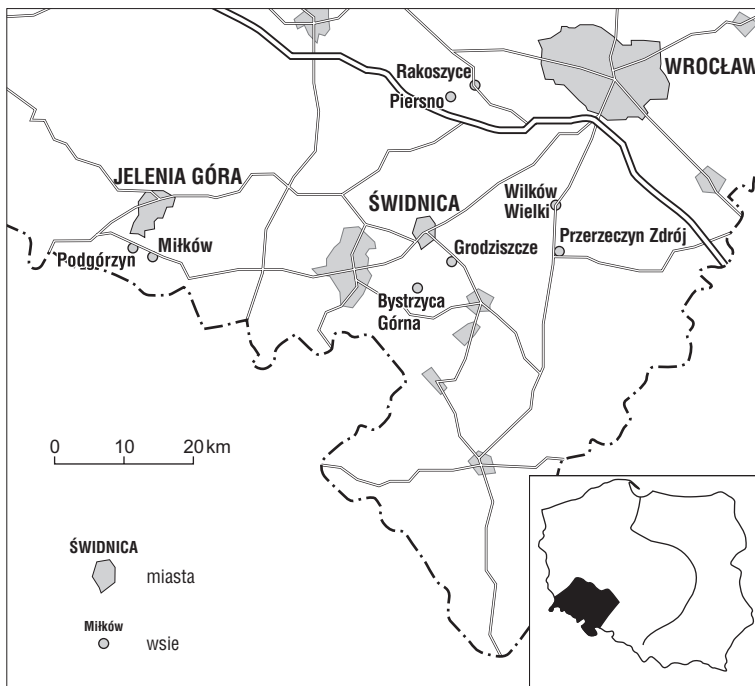
Zabytkowy charakter wszystkich przebadanych obiektów wykluczał pobranie do badań laboratoryjnych nie zwietrzałych próbek skalnych. Pobrano tylko odspojone fragmenty skały oraz skorupy wietrzeniowe. Pomiar wielkości wietrzenia polegał na zmierzeniu głębokości wżerów i ubytków na powierzchni i skały w dziesięciu miejscach na każdym badanym obiekcie. Wykonywano je suwmiarką z dokładnością do 0,1 mm. Za punkt odniesienia każdego pomiaru wybierano położone najwyżej, a więc hipotetycznie najmniej zniszczone fragmenty badanego obiektu. Na ich powierzchni układano metalową płytkę z nawierconymi otworami, przez które wsuwano wzgłębnik suwmiarki. Miejsca pomiarów starano się wybrać w sposób reprezentatywny dla całego obiektu, a następnie obliczano średnią głębokość wżerów. Dobrym uzupełnieniem tych pomiarów są archiwalne fotografie badanych oraz szczegółowe opisy sporządzone przez historyków sztuki (Pilch, 2005).

Pomiary tempa wietrzenia wykonano na 131 obiektach, w tym 70 z obszarów miejskich: Wrocławia, Świdnicy i Jeleniej Góry i 61 z obszarów wiejskich: Wilkowa Wielkiego, Przerzeczyna Zdroju, Bystrzycy Górnej, Podgórzyna, Miłkowa, Rakoszyca, Piersna i Grodziszca (ryc. 1). Są to zabytkowe epitafia, płyty nagrobne, tablice pamiątkowe, wolnostojące rzeźby wotywnie oraz elementy detali architektonicznych. Czas ich powstania można określić z dużą dokładnością na podstawie dat znajdujących się na epitafiach, napisach na tablicach pamiątkowych i rzeźbach. Wiek badanych obiektów waha się od 509 do 5 lat. Najstarszym jest późnogotyckie epitafium z 1497 r., znajdujące się przy kościele św. Elżbiety we Wrocławiu, a najmłodsze to płyta pamiątkowa z 2000 r., wmurowana w ścianę kamieniczki na wrocławskim rynku oraz płyta erekcyjna na pomniku Jana XXIII z 1968 r.

Wyniki i dyskusja

Wietrzenie jest reakcją skały na oddziaływanie atmosfery, hydrosfery i biosfery. Te trzy czynniki działają

*Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Plac Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław; jk@geom.uni.wroc.pl; mbross@o2.pl



Ryc. 1. Lokalizacja badanych obiektów zabytkowych na Dolnym Śląsku

prawie zawsze wspólnie, chociaż z różną intensywnością. Ilościowe wyniki wietrzenia zabytków potwierdzają bezpośredni związek między tempem wietrzenia a zawilgoceniem powierzchni przez opady atmosferyczne. Woda jest najważniejszym czynnikiem wietrzenia fizycznego jak i chemicznego, prowadzi do rozpadu i chemicznego rozkładu skały (Embleton & Thorns, 1985).

Biorąc pod uwagę dominujące kierunki cyrkulacji atmosferycznej na Dolnym Śląsku można się spodziewać, że najsilniej będą zwietrzałe zabytki od strony zachodniej, ale nie potwierdziły tego badania terenowe. Najsilniej są zwietrzałe od wschodu, dopiero w dalszej kolejności od zachodu, północy i południa. Należy jednak zaznaczyć, że wartości te nie są wyraźnie zróżnicowane. Nie ma wątpliwości, że szybciej wietrzeją zabytki niezadaszone, gdzie brak osłony przed deszczem, czy śniegiem sprzyja głębokiej penetracji wody w głąb skały (ryc. 2, 3).

Jednym z czynników przyspieszających deteriorację kamiennych zabytków jest zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego. Największe zagrożenie stanowią gazy emitowane przez przemysł i środki komunikacji (tlenki węgla, azotu i siarki), które tworzą z deszczem, mgłą i rosą roztwory kwasów. Obmywają one powierzchnię kamienia i penetrują w głąb. Zamarzanie wody w szczelinach i porach skały prowadzi do dezintegracji granularnej, a nawet rozpadu blokowego, z drugiej zaś strony pojawia się rozkład chemiczny.

W skorupach wietrzeniowych występują minerały wtórne, z których najczęstszym jest gips, jest go od 60–90%. Spoiwo węglanowe sudeckich piaskowców górno-kredowych występuje sporadycznie i śladowych ilościach, podczas gdy w skorupach wietrzeniowych przeważa siarczan wapnia. Badania wykazały, że jego głównym źródłem są tynki, zaprawy murarskie i spoiny, skąd węglany są wymywane a następnie wchodząc w reakcje z zakwaszonymi opadami atmosferycznymi tworzą siarczan wapnia (ryc. 4). Mniejsze ilości węglanów pochodzą także z podłoża w wyniku podsiąku kapilarnego (Domasłowski, 1993; Klementowski, 2002; Wilczyńska-Michalik, 2004). Podczas tej reakcji zwiększa się objętość gipsu o prawie 110% w stosunku do węglanu wapnia.

Działalność korazyjna wiatru polegająca na mechanicznym ścieraniu, wygładzaniu kamiennych powierzchni i deflacja ma znaczenie marginalne. Jest to spowodowane tym, że badane obiekty w większości znajdują się wśród zwartej zabudowy i dodatkowo są ocienione przez drzewa i krzewy. Również często ich powierzchnię pokrywają porosty, ich dolne partie na kontakcie z gruntem mineralnym natomiast porastają ekspansywne mszaki z rodzaju *Funaria hygrometrica*.

Średnie tempo wietrzenia przebadanych 131 zabytków architektonicznych wynosi 1,016 mm/100 lat, w tym na obszarach miejskich 1,135 mm/100 lat, i 0,881 mm/100 lat na obszarach wiejskich. Obliczono też tempo wietrzenia w zależności od ekspozycji. Jest ono największe dla zabytków o ekspozycji wschodniej — 1,272 mm/100 lat i zachodniej — 1,256 mm/100 lat i wyraźnie mniejsze o ekspozycji północnej — 0,933 mm/100 lat i południowej — 0,804 mm/100 lat. Zabytki osłonięte przed deszczem wietrzeją w tempie 0,89 mm/100 lat, podczas gdy odsłonięte w tempie 1,045 mm/100 lat.

Okolo 80% badanych zabytków wietrzeje w tempie 0,5 do 1,5 mm/100 lat. Tylko zabytki znajdujące się na terenach rolniczych i słabo zurbanizowanych wietrzeją w tempie 0,5 mm/100 lat. Dotyczy to takich miejscowości jak

Wilków Wielki, Przerzecznym Źródł, Podgórzyn i Miłków, natomiast największe tempo wietrzenia, przekraczające 1,5 mm/100 lat, mają zabytki położone w największych miastach Dolnego Śląska — Wrocławiu, Świdnicy i Jeleniej Górze. Zdarzają się także wyjątki. Jednym z nich jest nagrobek z 1939 r. znajdujący się na przykościelnym cmentarzu w Rakoszycach, którego tempo wietrzenia wynosi aż 9,48 mm/100 lat od strony zachodniej i 5 mm/100 lat od strony wschodniej. Ta niewielka miejscowość jest położona z dala od źródeł zanieczyszczeń powietrza. Można to tłumaczyć tylko wyjątkową podatnością konkretnego piaskowca na procesy wietrzeniowe.

Biorąc pod uwagę sumaryczny efekt procesów wietrzeniowych widocznych na powierzchni przebadanych obiektów w postaci wżerów, okazuje się, że mają one zbliżoną głębokość, bez względu na to, czy ich wiek wynosi 150 lat czy 400–500 lat. Wskazuje to na istotną rolę w procesie wietrzenia zanieczyszczeń antropogenicznych powietrza, które nasiliło się w ostatnim kilkudziesięcioleciu. Na powierzchni obiektów najmłodszych, eksponowanych na wysokie zanieczyszczenie powietrza tworzy się skorupa wietrzeniowa, tzw. fałszywa patyna, której obecność tylko wzmacnia tempo deterioracji (Domasłowski, 1993). Na obiektach starszych, które przez długi okres czasu przebywały w czystej atmosferze, a więc jeszcze przed industrializacją Dolnego Śląska, mogła powstać szlachetna patyna osłabiająca tempo naturalnej deterioracji. W okresie późniejszym osłabiała ona także szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczenia powietrza. Zaskakujące jest niezwykle silne wietrzenie niektórych rzeźb, epitafiów, czy tablic pamiątkowych, które powstały w ostatnim stuleciu w miastach o wysokim skażeniu atmosfery. We Wrocławiu przed mostem Tumskim w 1888 r. powstały dwie figury wotywny wykonane przez G. Grünberga — pierwsza przedstawia św. Jana Chrzciciela, druga św. Jadwigę. Pod koniec lat osiemdziesiątych XX w. głębokość wżerów wietrzeniowych wynosiła miejscami nawet 50 mm. Na szczęście dobrze przeprowadzona renowacja i konserwacja przywróciła dawny blask rzeźbom. Podobnie silne jest współczesne wietrzenie płyt pamiątkowych. Jedną z nich,



Ryc. 2. Kompletnie zwiertzałe epitafium przy kościele w Miłkowie



Ryc. 3. Podsiąg kapilarny na epitafiach w Przerzeczynie Zdroju



Ryc. 4. Redepozycja węglańu wapnia wymytego ze spoin i zaprawy murarskiej. Pomnik papieża Jana XIII z 1968 r.

pochodząca z 1968 r., znajduje się przy pomniku papieża Jana XXIII i jest wykonana z piaskowca górnokredowego o spoiwie żelazistym. Obecnie napis jest już częściowo zatarty. Pojawiły się wżery o głębokości 3–4 mm oraz wykwyty węglanowe pochodzące z redepozycji wymywanych zapraw murarskich. Ślady wietrzenia są już także widoczne na poświęconej wrocławskiej Polonii pamiątkowej płycie z 2000 r., wmurowanej w ścianę kamieniczki. Krawędzie wykutych liter są stępione i na powierzchni płyty pojawiły się pierwsze przebarwienia, będące zapowiedzią powstawania pierścieni wżerowych.

Paradoksalnie bardzo niskie tempo wietrzenia wynoszące zaledwie 0,3 mm/100 lat stwierdzono w silnie skażonym powietrzu w Jeleniej Górze, gdzie jeszcze przed kilkunastu laty występowały kwaśne deszcze. Dotyczy to barokowego epitafium znajdującego się przy kościele św. Erazma i Pankracego, podczas gdy sąsiednie epitafia są bardzo silnie zwiertzałe.

Obecnie część badaczy raczej kwestionuje ochronne znaczenie szlachetnej patyny (Domasłowski, 1993; Wilczyńska-Michalik, 2004).

Obliczone przez autorów pracy tempo wietrzenia zabytków jest zbliżone do wyników otrzymanych wcześniej przez Badurę (1984). Należy podkreślić, że autorzy opracowania uwzględnili w swoich badaniach ponad dwukrotnie więcej obiektów i miejscowości.

Literatura

- BADURA U. 1984 — Ocena wietrzenia zabytków architektury na Dolnym Śląsku, Acta Univ. Wratisl. Pr. Inst. Geograf., ser. A, Wrocław: 85–105.
- DOMASŁOWSKI W. 1993 — Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych Wydawnictwo Uniwersytetu im. M. Kopernika, Toruń.
- DZIEDZIC K., KOZŁOWSKI S., MAJEROWICZ A. & SAWICKI L. 1979 — Surowce mineralne Dolnego Śląska, Wydawnictwo Zakładu Narodowego im. Ossolińskich, Wrocław.
- EMBLETON C. & THORNES J. 1985 — Geomorfologia dynamiczna, PWN, Warszawa.
- KLEMENTOWSKI J. 2002 — Petrograficzne i antropogeniczne uwarunkowania wietrzenia zabytków architektonicznych Dolnego Śląska. Zielona Planeta, 44: 12–14.
- KOZŁOWSKI S. 1986 — Surowce skalne Polski. Wyd. Geol.
- MICHNIEWICZ J. 1996 — Niszczenie górnokredowych piaskowców ciosowych w zabytkach Wrocławia pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych. Prz. Geol., 44: 271–274.
- MILEWICZ J. 1997 — Górna kreda depresji północnosudeckiej (lito- i biostratygrafia, paleogeografia, tektonika oraz uwagi o surowcach). Acta Universitatis Wratislaviensis. Pr. Geol.-Mineral., 61: 1–57.
- PILCH J. 2005 — Leksykon zabytków architektury Dolnego Śląska, Arkady, Warszawa.
- WILCZYŃSKA-MICHALIK W. 2004 — Influence of atmospheric pollution on the weathering of stones in Cracow monuments and rock outcrops in Cracow-Częstochowa Upland and the Carpathians, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej. Prace Monograficzne, 377. Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 26.06.2006 r.

Akceptowano do druku 31.10.2006 r.