ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1999
Seria: GÓRNICTWO z. 241 Nr kol. 1424

Małgorzata LABUS

# METODY BADAWCZE STOSOWANE DO OCENY STOPNIA DETERIORACJI KAMIENNYCH ELEMENTÓW BUDOWLANYCH

**Streszczenie.** Podano schemat metod badawczych stosowanych do oceny stopnia zniszczenia materiałów kamiennych, będących budulcem obiektów zabytkowych. Badania takie przeprowadza się w celu określenia metod konserwacji obiektów oraz ewentualnego zminimalizowania udziału czynników niszczących. Podano zasady opróbowania oraz zalecane analizy laboratoryjne.

# RESEARCH METHODS FOR EVALUATION OF STONE ELEMENTS DETERIORATION

**Summary.** A scheme of research methods for evaluation of stone elements damage was presented. The problem concerns historical monuments in case of conservation. The examination is performed to determine the conservation methods and to reduce the impact of stone-damage sources. The principles of sampling and recommended laboratory analysis were given.

## 1. Wstęp

Rozwój metod konserwacji zabytków opiera się z jednej strony na rozwoju technologii wytwarzania i stosowania środków konserwujących, a także na coraz szerszym spektrum stosowanych badań chemicznych i mineralogiczno-petrograficznych na wstępnym etapie prac. Wspomniane badania są elementem, którego właściwe zaplanowanie i przeprowadzenie pozwala na interpretację procesów deterioracji i wyciągnięcie odpowiednich wniosków konserwatorskich.

**Deterioracja** jest ogólnym określeniem oznaczającym zjawiska niszczenia zachodzące pod wpływem sumarycznego oddziaływania wszystkich czynników zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych o różnym charakterze (fizycznym, chemicznym, biologicznym) na materiał budowlany. Nie określa ona ani przyczyn, ani kierunku zachodzących zmian [1].

## 2. Etapy prac badawczych

Na rysunku 1 przedstawiono schemat prac przygotowawczych i badań służących do oceny stopnia deterioracji kamiennych budowli zabytkowych.

Pierwszym etapem prac są **wstępne oględziny obiektu**. Pozwalają one na ogólną orientację na temat stopnia zniszczenia budowli, zastosowanego materiału budowlanego, czynników zewnętrznych, które wpływają na przyspieszenie deterioracji itp. Na tym etapie ważne jest uzyskanie jak najpełniejszych informacji dotyczących obiektu, tj. istniejącej dokumentacji – w postaci planów, map, szkiców czy opisu. Dotyczy to historii budowli, pochodzenia materiału budowlanego, ewentualnych wcześniejszych konserwacji itp. Na podstawie zebranych materiałów można określić, jakie materiały graficzne i prace będą musiały być wykonane w następnym etapie.

Plan **kolejnych obserwacji** powinien zostać tak ułożony, by uwzględnić różne warunki atmosferyczne, a w miarę możliwości różne pory roku. Jest to szczególnie istotne ze względu na opróbowanie obiektu. Jednak przed rozpoczęciem opróbowania konieczne jest zidentyfikowanie i zlokalizowanie miejsc zwietrzałych, makroskopowy opis stanu zachowania, dokumentacja fotograficzna obiektu. Służy to dokumentacji zastanego stanu zachowania budowli, a także właściwemu doborowi miejsc opróbowania.

**Opróbowanie** powinno być przeprowadzone w taki sposób, by w jak najmniejszym stopniu uszkodzić budowlę; próbki muszą być jednak tak dobrane, by możliwe było przeprowadzenie zaplanowanych badań laboratoryjnych. Powinny one wyraźnie ujawnić różnice pomiędzy zwietrzałym i niezwietrzałym materiałem. Po wstępnych oględzinach należy zlokalizować miejsca najsilniej zniszczone, a także wstępnie określić zróżnicowanie litologiczne budulca. Opróbowanie powinno być dokonane w taki sposób, aby uwzględnić następujące czynniki:

- różne typy litologiczne skał,
- ich wzajemny stosunek ilościowy (jeśli mamy do czynienia ze zróżnicowanym materiałem),
- ich stopień zniszczenia – oceniony makroskopowo (pobierać należy zarówno próbki z fragmentów niezwietrzałych, jak i te z fragmentów silnie zniszczonych, uwzględniając również ewentualne wykwity i naskorupienia),
- rodzaj innych materiałów budowlanych (np. zaprawa, tynk, cegła),
- stopień nasłonecznienia i zawilgocenia (chodzi tu o wodę podciąganą kapilarnie z gruntów, wodę deszczową – w zależności od stopnia osłonięcia od deszczu, zacienienia itp.), przeważające kierunki wiatrów,
- porę roku – stąd konieczność wielokrotnych obserwacji i poboru próbek.

Bardzo pomocne może okazać się porównawcze przebadanie materiału budowlanego, pobranego z miejsca jego pochodzenia - kamieniołomu, odkrywki (jeśli jeszcze ono istnieje). W wielu przypadkach dostępna jest dokumentacja, dotycząca obiektu, na podstawie której można ustalić miejsce pochodzenia materiału budowlanego. W przypadku braku takich informacji należy przeprowadzić studium literaturowe i ewentualne badania porównawcze. Pobrane, niezwietrzałe próbki skał poddaje się badaniom laboratoryjnym, takim jak dla próbek pobranych z danego obiektu.

Analizy laboratoryjne można podzielić na cztery grupy [2]. Pozwolą one określić:

- fizyczne parametry skał, takie jak: gęstość właściwa i gęstość objętościowa, porowatość [3, 4], wodochłonność, nasiąkliwość skał itp. Pomiary nasiąkliwości można przeprowadzić bezpośrednio na ścianie budowli za pomocą rurki Karstena [5, 6]. Pomiary naprężeń termicznych występujących w skałach mogą być przeprowadzone za pomocą metod emisji akustycznej [7].
- Skład mineralny – za pomocą mikroskopowych badań szlifów cienkich, rentgenowskiej analizy dyfrakcyjnej, katodoluminescencji, analizy w mikroobszarze.
- Skład chemiczny – za pomocą metod chemii analitycznej, spektrofotometrii, absorpcyjnej spektroskopii atomowej (AAS) analizy w mikroobszarze.
- Obecność składników rozpuszczalnych – AAS, mikroanaliza rentgenowska, rentgenowska analiza dyfrakcyjna preparatów powstałych z odparowanego roztworu, imersyjne metody mikroskopowe [8].

W niektórych przypadkach zachodzi konieczność badań materiałów budowlanych otrzymanych sztucznie, jak np. wyrobów ceramicznych czy zapraw murarskich. Wykorzystuje się wtedy, oprócz innych analiz, również termiczną analizę różnicową (TAR) – pozwalającą na obserwację przemian fazowych [9].

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych, a także obserwacji makroskopowych skał i zniszczeń w skali całego obiektu, dokonuje się **opisu i dokumentacji** (również w formie szkiców uszkodzeń ścian) **stanu deterioracji** budynku. Przykład wykonania „mapy uszkodzeń" materiału budowlanego podaje Visser i in. [10].

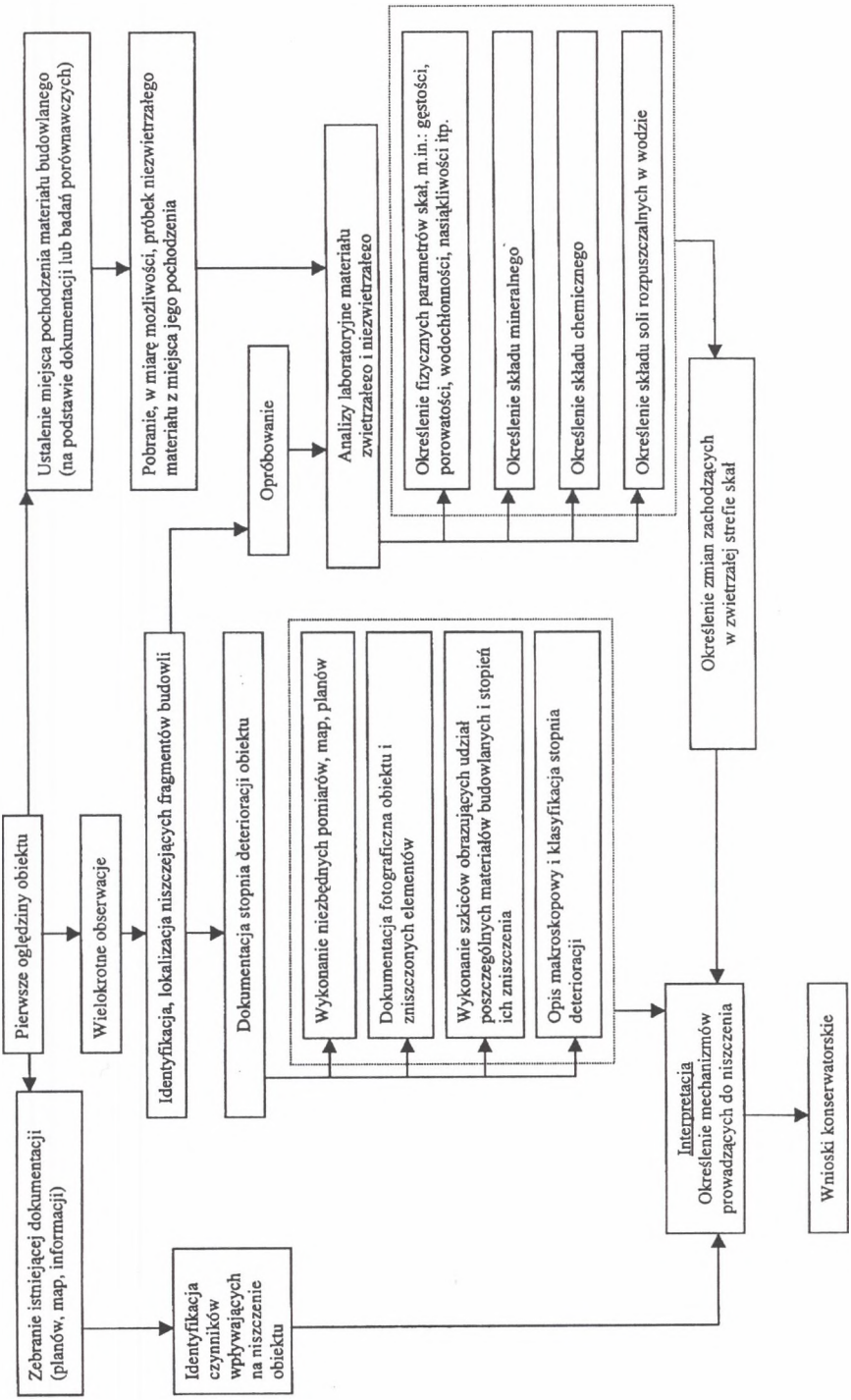
W celu interpretacji należy zgromadzić dane na temat **czynników mogących powodować lub przyspieszać wietrzenie elementów budowlanych** obiektu. Trzeba tu brać pod uwagę czynniki naturalne, takie jak:

- warunki atmosferyczne (mikroklimat),
- wpływ wód gruntowych,
- rodzaj użytego materiału (jego strukturę, teksturę, rozkład wielkości porów itp.).

Czynnikiem ułatwiającym procesy wietrzenia jest tzw. „korozja biologiczna", polegająca na atakowaniu kamienia przez bakterie, grzyby, porosty i inne rośliny. Jest to czynnik naturalny, intensyfikowany jednak znacznie przez wpływ czynników antropogenicznych [11]. Do czynników antropogenicznych należą m.in.:

- gazowe i pyłowe zanieczyszczenia atmosfery,
- sposób eksploatacji złoża i obróbki bloków skalnych,
- wzajemne oddziaływanie różnych materiałów budowlanych (np. zapraw i tynków na bloki skalne),
- błędy budowlane, niewłaściwa konserwacja,
- hałas i wstrząsy (np. szkody górnicze, wibrowstrząsy spowodowane natężeniem ruchu samochodowego itp.).

Określenie czynników wpływających na niszczenie obiektu w powiązaniu z wynikami badań laboratoryjnych pozwala na ostateczną **interpretację**. Polega ona na określeniu mechanizmów zmian zachodzących w materiale budowlanym i ewentualnym opracowaniu modelu lub systemu modeli procesów deterioracji. Ostatecznym celem jest wyciągnięcie odpowiednich wniosków konserwatorskich.




Rys.1. Proponowany schemat metod badawczych do oceny stopnia zniszczenia kamiennych obiektów zabytkowych

Fig.1. Proposed scheme of research methods for evaluation of stone elements damage

LITERATURA

1. Małecki Z. [red.]: Problemy sozologiczne aglomeracji miejsko-przemysłowych. Destrukcja obiektów i materiałów budowlanych. Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Biuletyn nr 1/1996.
2. Brüggerhoff St., Visser H., Mirwald P.W.: Scheme of a comprehensive diagnosis of stone damage, VIth Int. Congr. of Deterioration and Conservation of Stone, Toruń 1988.
3. Marszałek M.: Mineralogiczno-petrograficzne metody badań podatności na niszczenie zabytkowej architektury kamiennej. Ochrona Zabytków, nr 3-4 r. 1994, pp. 281-288.
4. Labus M.: Związek między porowatością a stanem zachowania materiału kamiennego wybranych budowli zabytkowych na Górnym Śląsku. Przegl. Geol., vol. 44, nr 1, 1996.
5. Brüggerhoff St., Mirwald P.W.: Examination of complex weathering processes on different stone materials by field exposure studies. Proceedings of the VIIth Int. Congr.on Deterioration and Conservation of Stone, 15-18.06.92., Lisbon 1992.
6. Ochwat K.: Metodyka i niektóre wyniki badań stopnia destrukcji kamiennych obiektów budowlanych na przykładzie Katedry w Kolonii. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., seria Górnictwo, z. 219, pp.187-203, 1994.
7. Montoto M., Esbert R.M., Suárez del Río L.M., Ruiz de Argandoña V.G., Calleja L., Grossi C.M.: Acoustic emission in stone conservation. Fifth Conference on Acoustic emission, Pennsylvania State University, pp. 665-684, 1991.
8. Arnold A.: Determination of mineral salts from monuments. Studies in Conservation, 29, pp. 129-138, 1984.
9. Skibiński S.: Badania materiałoznawcze kamiennych tworzyw architektonicznych. Ochrona Zabytków, nr 2, pp. 94-109, 1988.
10. Visser H., Brüggerhoff St., Skalli M., Mirwald P.W.: Stone deterioration of the Werner Chapel in Bacharach (Rhine). VIth Int. Congr. of Deterioration and Conservation of Stone, Toruń 1988.
11. Ślesiński W.: Konserwacja zabytków sztuki. Tom 2. Rzeźba. Arkady, Warszawa 1990.

Recenzent: Prof. dr hab. Łukasz Karwowski

**Abstract**

The paper presents a scheme for diagnosis of damage on a historical building. The scheme (Fig.1.) is a kind of flow chart, showing the steps of research work in chronological way.

The first step is a short visitation, previous to evaluation of existing documents (plans, maps and information). Quite an important problem is the determination of stone material origin, basing on documents or own comparison research. If it is possible, this material should be tested parallely to samples from the building.

Next extensive visitations are for identification of the deteriorated part and description of the decay zones by optical impression. Sampling should be performed with regard to many parameters, e.g.: different stone material, different state of deterioration, weather conditions, season of the year, shadowed and insolated parts of the building, etc.

The different types of laboratory analysis methods should be divided into four main groups, such as: physical, mineralogical, chemical and determination of water-soluble salts.

Documentation should include stone deterioration maps, photographs and a description of the present state of the building – basing on the results of laboratory analysis.

The next step is the search for the possible damage sources. Finally, the diagnosis work should result into a model of one or a few different deterioration mechanisms – for development of conservation measures.