

Hanna Jędrzejewska

Nowa metoda badania dawnych zapraw budowlanych

Ochrona Zabytków 14/1-2 (52-53), 66-70

1961

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

NOWA METODA BADANIA DAWNYCH ZAPRAW BUDOWLANYCH¹

WSTĘP

W r. 1950 rozpoczęte zostały przez autorkę artykułu systematyczne badania zapraw budowlanych, używanych w Polsce od najdawniejszych czasów historycznych aż do chwili obecnej. Praca ta w pierwszym etapie wymagała przede wszystkim opracowania możliwości łatwej i szybkiej klasyfikacji dużej ilości próbek. Konieczne było również opracowanie metodyki tego typu badań.

Metody analityczne, stosowane dotychczas w badaniu zapraw nie nadawały się tutaj. Były przede wszystkim skomplikowane i pracochłonne, a poza tym nie uwydatniały w dostatecznym stopniu istotnych różnic i podobieństw w poszczególnych typach zapraw. Sprowadzały one skład zaprawy do zespołu tlenków (CaO , MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2O itd.) i ich procentowej zawartości. Tak wyrażony skład che-

miczny zaprawy zacierał w dużym stopniu jej charakterystyczne własności. (Można by to przyrównać do wyrażenia charakterystyki istoty żywej przez procentową zawartość wody, soli, żelaza, dwutlenku węgla itp.). Poza tym w badaniach zapraw starano się całą analizę wykonać możliwie drobiazgowo, z uwzględnieniem najdrobniejszych nawet szczegółów, za pomocą metod nie tylko chemicznych, ale również fizycznych i mineralogicznych. W tym skomplikowanym nagromadzeniu faktów sprawy istotne, najbardziej charakterystyczne były zagubione w drugorzędnych drobiazgach. Używane metody badań i interpretacja wyników odznaczały się dużą dowolnością, tak, że porównywanie wyników różnych autorów było bardzo utrudnione².

¹ Artykuł jest adaptacją oryginalnego artykułu, opublikowanego przez autorkę w „Studies in Conservation” V, nr 4, s. 132—138, pod tytułem: Old mortars in Poland: A new method of investigation, w listopadzie 1960.

² W. W. Scott, Standard Methods of Chemical Analysis, II, London, 1956, s. 1597—1619; A. Lucas, Ancient Egyptian Materials and Industries, London, 1948; E. Berger, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Maltechnik, V, München, 1904; P. Duell and R. J. Gettens, A review of the problem of Aegean wall painting, „Technical Studies in the Field of the Fine Arts”, X, 1942, nr 4, s. 179—223; F. Müller-Skjöld, Über antike Wandputze, „Angewandte Chemie”, 1940, 53, s. 139—141; W. N. Jung, Osnovy technologii wiazucznych wieszczestw, Moskwa, 1953;

I. L. Znaczkó-Jaworski, Badania doświadczalne nad starożytnymi zaprawami budowlanymi i materiałami wiążącymi, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, III, 1958, nr 3, s. 377—407; K. Biehl, Beiträge zur Kenntnis alter Römer-Mörtel, „Tonindustrie Zeitung”, 1927, nr 10, s. 139—143, 1928, nr 9 s. 346—348, 1929, nr 22, s. 449—457; G. Vastagh and E. Ivan, The chemistry of the ancient Roman mortars of lime and powdered brick, „Magyar Kim. folyoirat”, 1948, 54, s. 42—45, również „Abstracts of technical Studies in Art and Archaeology” (The Freer Gallery of Art), Washington, 1955, nr 375. Podane publikacje są jedynie małym fragmentem z obszernej literatury na temat zapraw, ilustrują jednak bardzo wyraźnie różnorodność stosowanych metod badawczych.

Poszukiwanie podstaw dla charakterystyki technologicznej i klasyfikacji zapraw, jak i wypracowanie odpowiedniej metodyki badawczej, doprowadziły w końcu do nowej metody badawczej, która przeważnie nazywana jest obecnie analizą porównawczą. Metoda ta okazała się

bardzo dogodna w praktyce, i przyniosła dużo interesującego materiału zarówno z terenu Polski³, jak i z innych krajów⁴. Metoda jest przewidziana jako standardowa, dla łatwego porównywania wyników badań różnych autorów.

METODA BADAŃ

Podstawową zasadą nowej metody było spojrzenie na zaprawę z pewnej odległości, tak, by wszelkie mniej istotne drobiazgi zostały wyeliminowane na korzyść zależności podstawowych, ogólnych. W tym celu należało najpierw przeprowadzić selekcję dla wyodrębnienia tych cech zapraw, które właściwie spełniają cel badań. Wybrano trzy cechy charakterystyczne: zawartość węglanów, zawartość piasku i zawartość substancji rozpuszczalnych w kwasie bez wydzielenia dwutlenku węgla, wszystko wyrażone w procentach wagowych w stosunku do wagi badanej próbki. Wszystkie te wielkości można łatwo oznaczyć w jednej prostej operacji chemicznej.

Te trzy podstawowe wielkości są związane bezpośrednio z zasadniczym składem zaprawy. Jak wiadomo, dawne zaprawy w większości należą do typu zapraw hydraulicznych, w których podstawowym składnikiem jest wapno, jednak z dodatkiem pewnej ilości składników hydraulicznych⁵, i obojętnego wypełniacza (przeważnie piasku). W czasie procesów twardnienia część wapna zostaje związana z tlenkami składników hydraulicznych na różne złożone krzemiany, które są mniej lub więcej rozpuszczalne w kwasie. Pozostała część wapna powoli łączy się z dwutlenkiem węgla na węglan wapnia, rozpuszczalny w kwasie z wydzieleniem dwutlenku węgla. Piasek nie rozpuszcza się w kwasie. W ten sposób trzy podstawowe wielkości charakterystyczne (wymienione wyżej) w bardzo prosty sposób wiążą się z najbardziej podstawową technologią zaprawy.

W najprostszym zastosowaniu te trzy wartości podstawowe mogą służyć jako wstępne

rozeznanie składu zaprawy, co może być użyteczne z punktu widzenia technologii. Nowa metoda może jednak znaleźć i inne, bardzo interesujące, zupełnie nie technologiczne zastosowanie, a mianowicie jako dodatkowe kryterium w badaniach historycznych i architektonicznych.

Różne rodzaje zapraw mogą się w wielu przypadkach wiązać z datowanymi elementami budynków. To może prowadzić do pewnej chronologii zapraw⁶, jak również może się stać pomocą przy ustalaniu wzajemnych zależności i chronologii bliżej nie określonych elementów budowlanych na podstawie podobieństwa i chronologii użytych zapraw. Badania tego rodzaju zależności mogą być z kolei rozszerzone od jednego budynku do blisko powiązanych zespołów budynków (sąsiedztwo, wspólne użytkownicy, powiązania historyczne).

Aby jednak te wszystkie badania prowadziły do właściwych wniosków muszą być w nich zachowane elementarne zasady metodyczne:

(1) próbki zapraw muszą być prawidłowo pobierane, tak, by właściwie ilustrowały zagadnienie, które ma być rozwiązywane. Zaprawy muszą być autentyczne, w dobrym stanie zachowania. Miejsce pobrania powinno być dokładnie oznaczone,

(2) w pierwszym etapie badań należy ustalić typowy dla danego elementu architektonicznego typ zaprawy przez pobranie przynajmniej kilku próbek z różnych miejsc analizowanego elementu i stwierdzenie, że są one rzeczywi-

³ H. Jabłczyńska-Jędrzejewska, Dawne zaprawy budowlane, „Kwartalnik Architektury i Urbanistyki“, III, 1958, nr 1, s. 85—94.

⁴ Obecnie prowadzone są wstępne badania zapraw średniowiecznych z Francji, ZSRR i Czechosłowacji oraz zapraw starożytnych; H. Jędrzejewska, Wstępne badania zapraw budowlanych z Mirmeki, przyczynek do sprawozdań z polskich wykopalisk na Krymie w: K. Michałowski, Mirmeki, 1958, s. 131—138.

⁵ Składniki hydrauliczne zawierają aktywną krzemionkę oraz tlenki żelaza i glinu, które mogą reagować z tlenkiem wapnia i tworzyć rozmaite złożone krzemiany i glinokrzemiany, których własności zależą zarówno od składników jak i sposobu przygotowania zaprawy. Najpospolitsze dodatki hydrauliczne to kruszona cegła, składniki pochodzenia wulkanicznego, ziemia okrzemkowa. Woda powoduje słabą hydrolizę tych krzemianów i reakcję zasadową, co jest niekiedy mylnie uważane za dowód obecności nieskarbonizowanego wapna (por. Jung, op. cit.). W zaprawach z Polski nie znaleziono śladów wolnego wapna.

⁶ Por. przypis 3.

ście jednakowe w granicach wahań technologicznych. *Pojedyncze próbki nie mogą być traktowane jako typowe,*

(3) porównywanie różnych elementów architektonicznych może być prowadzone tylko na podstawie zapraw typowych, określonych według zasad opisanych w p. (2),

(4) poza analizą zapraw, również i charakterystyka budynku i jego poszczególnych elementów, zarówno z historycznego jak i architektonicznego punktu widzenia, musi być mo-

żliwie dokładnie opracowana. Dopiero wtedy bowiem staje się możliwe wiązanie różnych gatunków zapraw z zagadnieniami architektury i historii.

Należy pamiętać przy tych wszystkich badaniach, że opisana metoda jest metodą nową, dopiero sprawdzającą swoje możliwości, i opartą na bardzo uproszczonych założeniach. Z tego też powodu wnioski i interpretacje muszą być tu bardzo ostrożne, i koniecznie potwierdzone przez rezultaty badań w innych dyscyplinach.

ZAPRAWY W POLSCE

Pierwsze wyniki badania zapraw w Polsce ogłoszone były w jednej z prac poprzednich⁷. Wyniki szczegółowe z poszczególnych obiektów (Wiślica i Kielecczyzna, Wawel, Kraków, Gniezno i inne) ogłoszone będą w sprawozdaniach odpowiednich zespołów po ukończeniu całości prac badawczych.

Wszystkie te badania potwierdzają zarówno użyteczność samej metody porównawczej, jak i zależności chronologiczne opisane w pracy poprzedniej⁸. Równocześnie przynoszą one szereg nowych szczegółów i uzupełnień, z których najważniejsze jest stwierdzenie użycia zaprawy gipsowej w pewnych obiektach z okresów wczesnych (X—XII w.). Historia i technologia tych zapraw są obecnie szczegółowo badane.

Ogólnie biorąc, jako spoiwo zapraw w Polsce występuje najczęściej wapno, w nielicznych przypadkach gips. Jako dodatki hydrauliczne używane były najczęściej: glina, kruszona cegła, sproszkowany materiał skalny, sproszkowana ruda żelaza (żużel?), przypuszczalnie ziemia okrzemkowa. Jako wypełniacz spotykany jest najczęściej piasek, i w nielicznych przypadkach wapieni. Dokładniejsze dane o rodzaju użytych składników, ich roli w ogólnym składzie zaprawy, oraz technikach przygotowywania zapraw (łącznie z laboratoryjnymi próbami

odtworzenia pewnych typów zapraw) nie wchodzi już w zakres analizy porównawczej i będą podane w oddzielnej pracy.

Zależności istniejące dla zapraw nie powtarzają się w technikach malarstwa ściennego, aczkolwiek i tu badanie wyprawy i gruntów za pomocą analizy porównawczej przynosi wiele pożytecznych informacji i pomaga w ustaleniu kolejności i współzależności nawarstwień i ewentualnie, technik używanych w poszczególnych warstwach.

Dla uniknięcia subiektywnej oceny zapraw w czasie analizy porównawczej, próbki są przesyłane do laboratorium bez dokładnych metryczek, a jedynie opatrzone kolejnymi numerami. Dopiero po ukończeniu badań laboratoryjnych następuje konfrontacja uzyskanych wyników z wynikami badań architektonicznych i archeologicznych. W olbrzymiej większości przypadków wyniki te całkowicie się potwierdzają. W razie istnienia różnic prowadzone są dalsze badania dla wyjaśnienia przyczyny rozbieżności. Analiza porównawcza okazała się specjalnie użyteczna w badaniach archeologicznych, gdzie zależności między odkrytymi fragmentami budowli mogą być ustalone na podstawie badania zapraw jeszcze przed ukończeniem wykopów.

CZEŚĆ DOŚWIADCZALNA

Oznaczenie wartości trzech liczb podstawowych odbywa się przez rozpuszczenie zaprawy w kwasie solnym w specjalnym przyrządzie dla mierzenia objętości wydzielonego dwutlenku węgla (ryc. 1). W tym celu należy wybrać dobrze zachowany *kawałek* zaprawy (próbki

sproszkowane nie nadają się do oznaczeń porównawczych), możliwie dobrze reprezentujący przeciętne własności całej próbki. Ciężar wybranego do oznaczeń kawałka wynosić powinien średnio 0,4 do 0,8 g. Należy go najpierw pokruszyć, następnie wszystkie cząstki staran-

⁷ Por. przypis 3.

⁸ Por. przypis 3.

nie zsypać do małego porcelanowego tygielka, uprzednio wytarowanego. Tak przygotowaną próbkę pozostawia się na 24 godz. w temperaturze pokojowej, dla przeschnięcia, a następnie waży, zalewa ok. 3 ml. wody i wstawia w odpowiednie zagłębienie korka do aparatu pomiarowego. Następnie pipetkę w aparacie pomiarowym napełnia się ok. 3 ml. stężonego kwasu solnego, i zamyka aparat przez wstawienie górnej części A do miseczki z rtęcią i zaciśnięcie uchwytu (łapy).

Po wyrównaniu poziomów wody w biurecie i naczyniu poziomowym (przez opuszczenie go), i odczytaniu początkowego poziomu wody w biurecie należy rozpocząć powolne wkraplanie kwasu solnego do tygielka. Zbyt szybkie wkraplanie kwasu powoduje bardzo burzliwy przebieg reakcji i wyrzucenie zawartości tygielka na zewnątrz. Wydzielający się dwutlenek węgla powoduje obniżanie się poziomu wody w biurecie, aż do chwili ustania reakcji. Po wyrównaniu poziomów wody w biurecie i naczyniu poziomowym odczytujemy poziom końcowy. Różnica obu poziomów daje bezpośrednio objętość wydzielonego dwutlenku węgla.

Po otwarciu aparatu wyjmujemy tygielk, mieszamy jego zawartość szklaną pałeczką i szybko zlewamy roztwór w kwasie solnym wraz z wszystkimi lekkimi osadami i zawiesinami do suchej próbki (nie należy rozcieńczać). Piasek kilkakrotnie przemywamy wodą przez dekantację, a następnie wkładamy do tygielka złożony na połowę pasek bibuły i zostawiamy w temperaturze pokojowej do wyschnięcia (ryc. 2). Pasek bibuły znacznie przyspiesza suszenie piasku. Następnie ważymy.

Objętość wydzielonego dwutlenku węgla zostaje przeliczona na odpowiednią objętość w

0°C i pod ciśnieniem 760 mm Hg; następnie na podstawie reakcji chemicznej:



zostaje obliczona ilość węglanu wapnia, odpowiadająca wydzielonemu dwutlenkowi węgla, najlepiej od razu wyrażona w procentach wagowych w stosunku do całej próbki. W takich samych procentach zostaje wyrażona ilość piasku. Po dodaniu tych dwóch wartości i odjęciu ich od 100 otrzymany zostaje % składników zaprawy, które rozpuściły się w kwasie bez wydzielienia dwutlenku węgla⁹.

Uwagi: (1) dla przyspieszenia suszenia próbek i piasku można zastosować promienniki podczerwone, w łagodny sposób, aby zbyt nie spieć próbek,

(2) nie uwzględnianie ewentualnej obecności węglanu magnezu, a przeliczanie wyłącznie na węglan wapnia, powoduje niewątpliwie pewną nieścisłość w oznaczeniach, co w późniejszych, bardziej dokładnych oznaczeniach zostaje wyrównane,

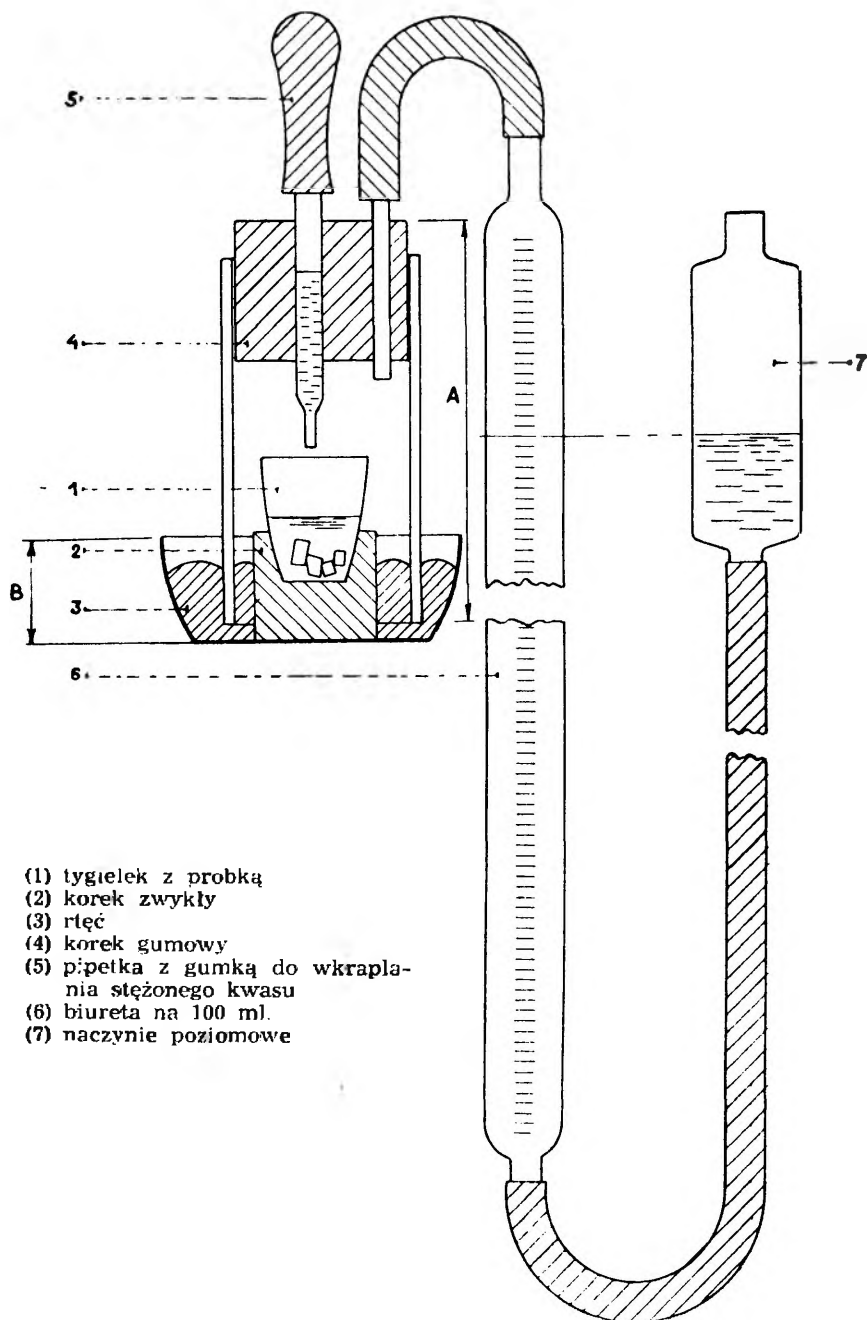
(3) dodatkowe obserwacje, szczególnie dotyczące zewnętrznego wyglądu zaprawy, rodzaju piasku, oraz osadów w roztworze kwasu solnego pomagają w bardziej szczegółowej klasyfikacji podobnych zapraw,

(4) analizy przeprowadzać najwygodniej w seriach po dwadzieścia tygielków. Wtedy zbadanie jednej próbki zajmuje przeciętnie 30 min. Z jednej zaprawy należy wykonać przynajmniej dwa równoległe oznaczenia.

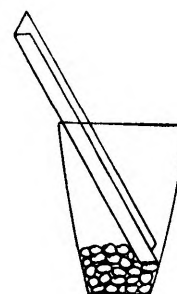
doc. dr H. Jędrzejewska
Muzeum Narodowe w Warszawie
Laboratorium Badawcze przy
Dziale Sztuki Starożytnej

⁹ Składniki rozpuszczalne w kwasie bez wydzielienia dwutlenku węgla to niekoniecznie gliniary i krzemiany. Może to być również gips, nieskarbonizowane wapno lub nawet składniki rozpuszczalne w

wodzie. Również ilość wydzielonego dwutlenku węgla zależy nie tylko od skarbonizowanego wapna, ale również i od obecności innych węglanów (np. pył marmurowy, wapień jako wypełniacz itp.).



Ryc. 1. Aparat do mierzenia obję-
 tości dwutlenku węgla



Ryc. 2. Tygielak z piaskiem i złożo-
 nym paskiem bibuły.