

Jiří Šrámek, Monika Králová

**Technologia konserwacji
romańskiego fryzu w Trzebiczy**

Ochrona Zabytków 39/4 (155), 295-301

1986

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.

JIŘI ŠRÁMEK, MONIKA KRÁLOVÁ

TECHNOLOGIA KONSERWACJI ROMAŃSKIEGO FRYZU W TRZEBICZY

Bazylika Św. Prokopa w Trzebieczy należy do najznakomitszych zabytków budownictwa późnoromańskiego w Europie¹. Dawny kościół zakonu benedyktynów stał się z czasem częścią renesansowego zespołu zamkowego. Z biegiem lat wiele elementów wystroju zewnętrznego zastąpiono kopiami. Do wyjątków należy fryz z piaskowca obiegający północną elewację kaplicy.

Arkadowy fryz wsparty jest na dwóch pilastrach, których głowice zwieńczone są dwiema rzeźbionymi półpostaciami. Prawa wyobraża mężczyznę w książęcym nakryciu głowy. Ma on podłużną twarz z wystającymi kośćmi policzkowymi oraz wąsy. W głowicy tego pilastra wkomponowane są trzy płaskorzeźby przedstawiające głowy ludzkie oraz liście akantu. Rzeźba półpostaci na drugim pilastrze jest mniejsza, przedstawia ukoronowaną kobietę z długimi włosami, otuloną w swobodnie spływającą szatę podtrzymywaną lewą ręką. Prawą rękę z podniesionymi dwoma palcami kobieta opiera na lewym ramieniu. Na głowicy umieszczone zostały regularnie wokół stylizowanych liści postacie czterech orantów w prostych togach. Cały fryz łącznie z rzeźbami datowany jest na połowę XIII w. Jak widać na fotografii 2 i 3, kamień, z którego wykonano fryz, był na początku lat osiemdziesiątych naszego stulecia już bardzo zwiertzały. W niektórych miejscach warstwy wierzchnie odpadły, a cała powierzchnia uległa degradacji. Przed przystąpieniem do właściwej konserwacji należało najpierw określić petrograficznie rodzaj kamienia oraz wyodrębnić uzupełnienia pochodzące z poprzednich zabiegów konserwatorskich.

Do wszelkich analiz można było wykorzystać jedynie kilka niewielkich fragmentów, o powierzchniach nie przekraczających 5–8 cm², które same odpadły i nie nadawały się już do prac konserwatorskich.

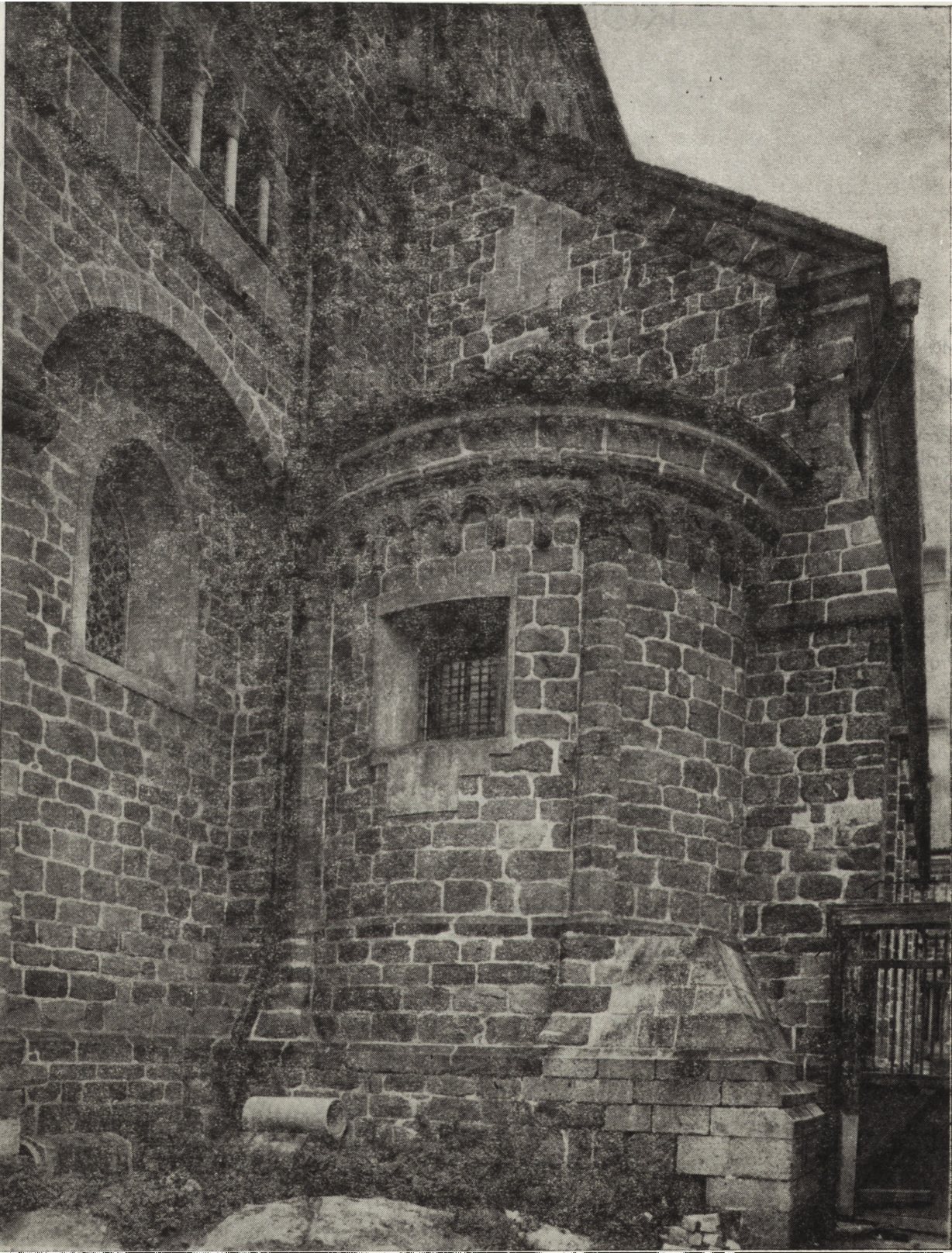
Materiał, z którego zrobiony jest fryz, to typowy piaskowiec kredowy, słabo i nieregularnie zabarwiony zielonym glaukonitem². Obok ziarenek kwarcu i grudek glaukonitu pojawiają się pojedyncze drobinki jasnej kredy i białawe ziarenka rozłożonych skaleni. Kamień ma jasnobezowy, zielonkawy kolor z licznymi rdzawymi plamami dochodzącymi do 1 cm². W piaskowcu znajduje się też niewielka ilość innych węglanów. Podobne osady pojawiają się najbliżej w okolicy Switaw i w wąskim pasie tzw. Długiej Granicy w Żelaznych Górach, a zatem kamień musiał być transportowany do Trzebieczy z odległości 50–70 km.

Podczas bliższych badań, a zwłaszcza mikroskopowej analizy stratygraficznej poprzecznej, ustalono, że w zasadzie cały fryz był w czasie ostatnich działań konserwatorskich uzupełniony sztucznym kamieniem ochronnym o grubości do 1 cm, a następnie cała powierzchnia została natarta rzadką „kaszka” z tego materiału. Sztuczny piaskowiec scala cement i wapno, a prawdopodobnie także polimery krzemoorganiczne. Zabarwienie sztucznego kamienia ochronnego było nie naturalne i nie korespondowało z barwą piaskowca. Najgrubsze plomby odpadły całkowicie, gdzie indziej cienkie warstwy sztucznego piaskowca odstawały od podłoża, co sprzyjało powstawaniu zacieków od deszczu. W tych miejscach naturalny kamień był bardzo zniszczony; wraz z odpadającymi uzupełnieniami spadały także zwiertzałe fragmenty powierzchniowej warstwy oryginalnych reliefów. Już wówczas było wiadomo, że fryz znajduje się w stanie erozji i korozji atmosferycznej. Wyniki prac konserwatorskich prowadzonych w latach sześćdziesiątych, kiedy to w sposób zasadniczy obniżono naturalną przepuszczalność kamienia umożliwiającą parowanie wody okazały się niekorzystne.

Po ustaleniu stanu faktycznego zdecydowano się na mechaniczne usunięcie z całej powierzchni fryzu przede wszystkim wszelkich sztucznych uzupełnień. Prace wykonano bardzo pieczołowicie – po długotrwałym nasycaniu powierzchni wodą destylowaną usuwano skalpelami uzupełnienia. Nie można się było jednak ustrzec pewnych uszkodzeń fragmentów oryginalnych reliefu. Po zakończeniu oczyszczania stwierdzono, że zwłaszcza część wschodnia jest nieźle zachowana i czytelna. Część północna, wystawiona na działanie deszczu, była znacznie bardziej zniszczona, zatarciu uległy zdobienia i żłobkowanie, a reliefy w poszczególnych arkadach stały się prawie niewidoczne. Również krawędzie gzymsu były częściowo starte i w niektórych miejscach nieczytelne. Odstąpienie powierzchni pozwoliło na zastosowanie roztworów konsolidujących – średnioziarnisty piaskowiec umożliwił penetrację nawet na kilka centymetrów w głąb. Elementy trzech zdobień, pokrytych warstwą sztucznego kamie-

¹ A. Merhautova, D. Třeštk, *Romanské umění v Čechách a na Moravě*. Praha 1984.

² J. Šrámek, *Petrografický popis hornin z baziliky sv. Prokopa – Třebíč. Zpráva katedry petrologie na přírodovědeckému fakulte UK* 1984.



1. Bazylika Św. Prokopa w Trzebiczy (Czechy), północna elewacja kaplicy – w górnej części arkadowy fryz
 1. St Prokop's Basilica at Trzebicza (Czechoslovakia); north elevation of the chapel; in the upper part – an arcade frieze

nia, które odpadły wraz z częściami oryginalnego podłoża, zbadano laboratoryjnie. Przeprowadzono pomiary porozymetryczne poszczególnych części oryginalnych łącznie ze sztucznymi. Dokonano też analizy chemicznej, mikroskopowego określenia stratygrafii warstw i stopnia nasiąkliwości.

Rezultaty badań porozymetrycznych³ przedstawiają wykresy. Stwierdzono, że uzupełnienia były nieodpowied-

nie, ponieważ sztuczny kamień odznaczał się stosunkowo licznymi porami o średnicy mniejszej niż w naturalnym piaskowcu, co wpływało niekorzystnie na proces dyfuzji gazów i par w kamieniu. Wystarcza-

³ S. Modrý, *Porometrická analýza přírodních kamenů*. Zpráva HS 327/84 ČVUT, Stavební ústav, 1984.

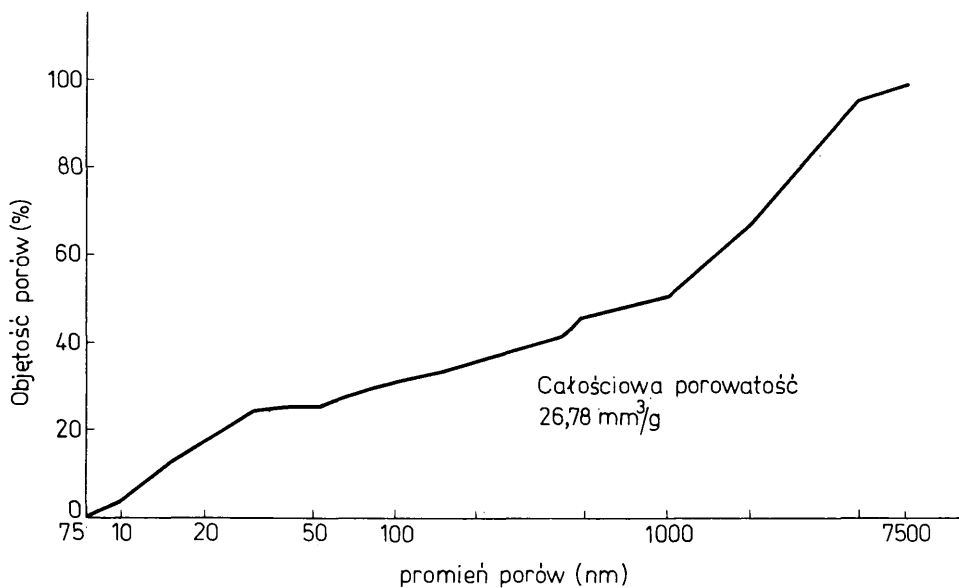
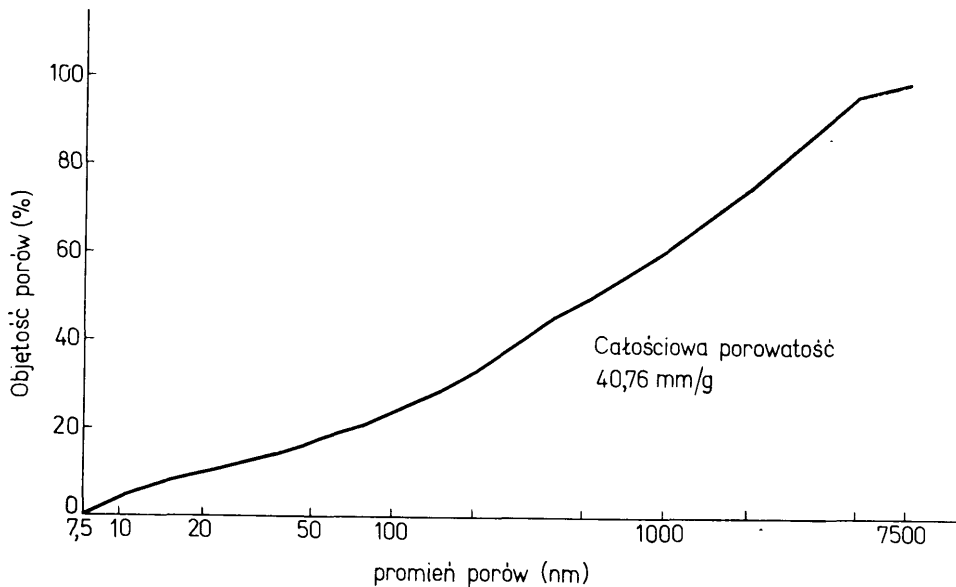
jąca liczba danych porozymetrycznych pozwoliła na podjęcie próby wskazania wielkości realnych ciśnień krystalizacji, mogących powstać w danym układzie porów. Dane o ciśnieniach krystalizacji i hydratacji soli w kamieniu są przedstawione w literaturze przedmiotu bez ścisłego związku ze stężeniem roztworów, wielkością i kształtem porów, w których tworzy się kryształ. Powstają w ten sposób nieuzasadnione wyobrażenia o niebezpieczeństwie krystalizacji soli, bowiem obliczone teoretycznie i na podstawie badań laboratoryjnych ciśnienia krystalizacji zazwyczaj przewyższają wszelką trwałość kamienia. Z tego punktu widzenia nawet pojedyncza krystalizacja w porach kamienia mogłaby

spowodować zerwanie jego struktury. W ogóle ciśnienie krystalizacji może powstać tylko z roztworów przesyconych, co najmniej jedno-, dwukrotnie, albowiem takie roztwory mają mniejszą objętość niż wytworzony kryształ. W wypadku większości soli rozpuszczalnych w wodzie powstają także ciśnienia maksymalne na płaszczyznach krystalograficznych /1,11/ oraz /1,10/ i tylko przy porach o określonych kształtach, zwłaszcza elipsoidalnych. Wartości ciśnień krystalizacji przedstawione na wykresie są teoretyczne, a poza tym odnoszą się do porów walcowatych z ogromnymi przesyconieniami, nieraz dziesięciokrotnymi. Są to warunki szczególne i w praktyce mogą się pojawić



2. Fragmenty fryzu, stan przed konserwacją

2. Details of the frieze; condition before conservation



wyjątkowo. Nowsze badania oparte na pracy D. H. Everetta mówią, że rzeczywiste ciśnienia krystalizacji określane są przede wszystkim przez wielkość i kształt porów, niezależnie od rodzaju soli, które krystalizują. Analogicznie do wzrostu kryształów lodu w czasie zamrażania wody, w systemie porowatym należy założyć, że kryształ soli powstający w porze o większej średnicy ma mniejszy potencjał chemiczny niż ten sam kryształ rosnący w porze o mniejszej średnicy. Matematycznie można to wyrazić za pomocą równań 1 i 2

$$\mu^s(\text{cap}) = \mu^s(\text{bulk}) + V_M \delta dA/dV \quad (1)$$

gdzie: dA/dV – powierzchnia właściwa
 σ – napięcie powierzchniowe
 V_M – objętość cząsteczkowa

$\mu(\text{cap})$ – potencjał chemiczny porów o mniejszej średnicy
 $\mu(\text{bulk})$ – potencjał chemiczny porów o większej średnicy

$$\mu^s(\text{cap}) = \mu^s(\text{bulk}) + \frac{2V_M \delta}{r} \quad (2)$$

gdzie: r – promień porów

dla większości soli rozpuszczalnych, takich jak NaCl, Na₂CO₃, MgCl₂, Na₂SO₄ $\sigma = 80$ dyn/cm, które wskazują, że wzrost kryształu w porze o większej średnicy jest energetycznie korzystniejszy⁴. Krystalizacja będzie przebiegać tak długo, jak por o większej średnicy na skutek bezpośredniego sąsiedztwa z porami o mniejszej średnicy będzie zasilany roztworem krystalizującym (przesyconym). Dopiero na skutek zwiększenia ciśnienia w porze o większej średnicy nastąpi wyrównanie potencjałów chemicznych z potencjałami porów o mniejszej średnicy, w których nastąpi także krystalizacja.

⁴ R. Sneath, *Steinkonservierung 1979–1983 Bericht für die Stiftung Valswagenerwerk*. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege. München 1982, s. 65–78.

$$\mu^s(\text{cap}) - \mu^s(\text{bulk}) = V_M \Delta p \quad (3)$$

Z wyżej przedstawionych równań i znanego wzoru dla ciśnienia krystalizacji:

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r} \quad (4)$$

wynika z kolei wzór dla ciśnienia dyferencyjnego pomiędzy dwoma typami porów:

$$\Delta p = 2\sigma \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \quad (5)$$

gdzie: r – promień porów o mniejszej średnicy
 R – promień porów o większej średnicy.

Z powyższych równań wynika, że ciśnienia krystalizacji jednostajnie wzrastają w kierunku porów o mniejszej średnicy, a wtedy kiedy nie są znane promienie niektórych porów, krzywe ciśnień są przerywane. Obliczenie ma charakter ogólny i określa typ kamienia, a uzyskane wartości oznaczają rzeczywiste ciśnienia krystalizacji, które mogą powstać w porze o promieniu R , sąsiadującym z porą o mniejszym promieniu r .

Obliczenie wartości ciśnień krystalizacji dla poszczególnych próbek graficznie przedstawia wykres.

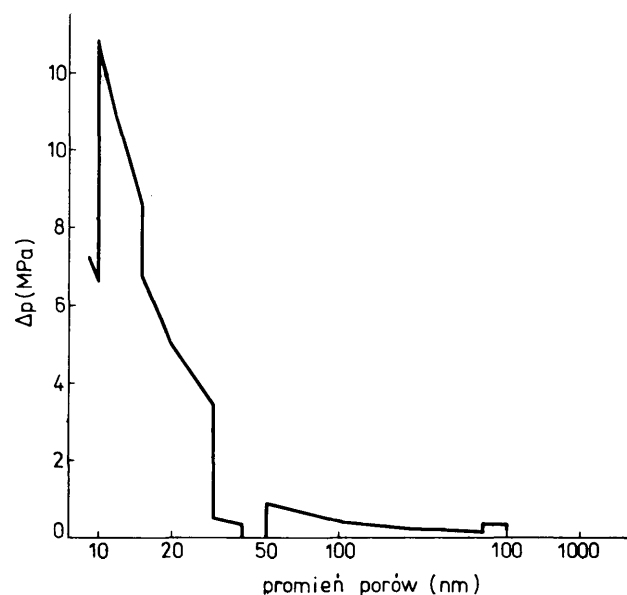
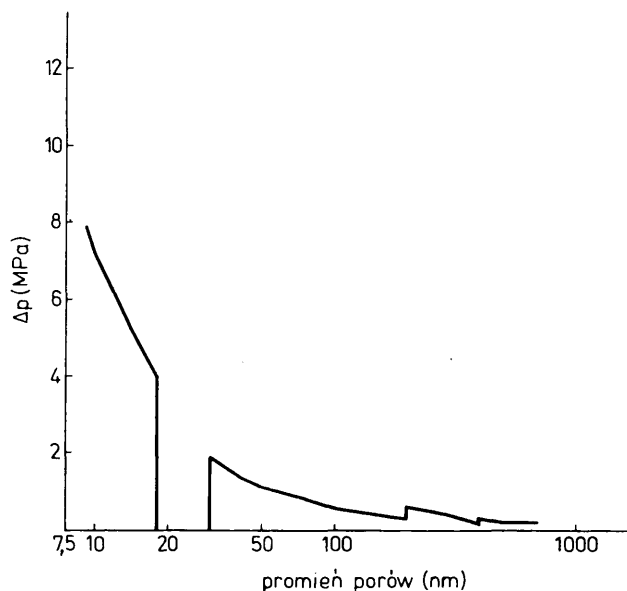
Jak stwierdzono podczas pomiarów porozymetrycznych, przy korozji kamienia zwiększa się objętość porów o mniejszej średnicy, stanowiących „zbiornik” roztworów dla porów o większej średnicy, przez co zwiększa się możliwość powstania maksymalnych ciśnień krystalizacji. W wypadku kiedy znaczna część porów ma bardzo małą średnicę, ciśnienia krystalizacji mogą osiągać nawet 13 MPa.

Tabela 1. Pomiar odporności próbek piaskowca z bazyliki Św. Prokopa w Trzebieczy

Nr próbki	Maksymalna siła P (N)	Płaszczyzna przekroju narusz. mm ²		Łącznie	Odporność na zgniatanie MPa
		górna	dolna		
1	37,5	127	129	128	0,293
2	39,2	96	106	101	0,388
3	49,3	110	115	113	0,436
4	345,0	128	134	131	2,633
5	325,0	206	212	209	1,555
6	128,5	184	186	185	0,695
Średnio					1,000

Interesujące były efekty konfrontacji obliczonych wartości ze zmierzonymi wytrzymałościami próbek piaskowca z fryzu. Tabela 1 wskazuje, że odporność na zgniatanie w badanych próbkach wahała się od około 0,3 do 2,6 MPa (przeciętna odporność na zgniatanie średnioziarnistych piasków wynosi 1,5 MPa). Nie należy tych wyników traktować jako ostateczne, albowiem próby przeprowadzono na małych próbkach (1 cm²), jednak zasadniczo są one zbliżone z analiza-

mi chemicznymi przedstawionymi w tabeli 2, z których wynika z kolei, że zniszczona część piaskowca, pozbawiona wapiennego spoiwa, może odznaczać się zmniejszoną odpornością. Porównanie obliczonych teoretycznie maksymalnych ciśnień w piaskowcu ze zmierzonymi wartościami odporności na zgniatanie zostało przeprowadzone na podstawie zmierzonej dystrybucji porów odpowiednio do wielkości i całkowitej objętości porów w próbkach. Przy zmierzonej gęstości zdrowego kamienia ok. 2,5 g/m³ wynika, że maksymalnym ciśnieniom na powierzchnię, którą zajmują pory o mniejszej średnicy, wahającym się między 8–12 MPa, odpowiadałoby ciśnienie na powierzchnię 1 cm² jedynie 0,07 MPa, w wypadku kamienia skorodowanego na poziomie około 0,1 MPa.

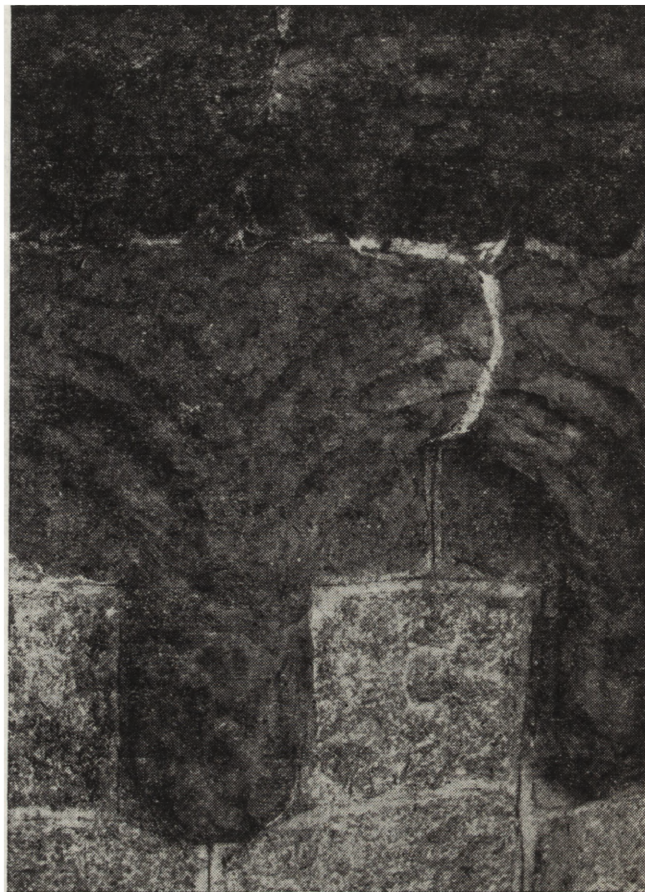


4. Wartości ciśnień krystalizacji w zależności od promieni porów

4. Values of crystallization pressures depending on the radius of pores



5. Fragmenty fryzu, stan po konserwacji



5. Details of the frieze; condition after conservation

Rezultaty te wykazują znaczną zbieżność ze zmierzoną rzeczywistą odpornością na zgniatanie, są bowiem w zasadzie tego samego rzędu. Wartości te odnoszące się do odporności na zgniatanie dotyczą jeszcze nie rozłożonego piaskowca.

Przez powstanie mikropełnięć w okolicy porów o małej średnicy i przez obniżenie ogólnej wytrzymałości kamienia wskutek utraty spoiwa w wyniku reakcji korozyjnych, maksymalne ciśnienia krystalizacji zaczynają już działać na całych powierzchniach. Odnosi się to do odpadających powierzchniowych warstw fryzu o różnej grubości. Właściwa konsolidacja odsłoniętej zwierztałej powierzchni piaskowca i konserwatorskie zabezpieczenie całego fryzu zostało przeprowadzone przy

zastosowaniu roztworów na bazie związków krzemorganicznych. Związki te, stosowane przy wzmacnianiu kamienia, produkowane były w CSRS pod nazwą „Silgel”, dziś „Lukofob”. Ich zalety są powszechnie znane i związki te znajdują zastosowanie w pracach konserwatorskich przy obiektach z najróżniejszych rodzajów kamienia. Ich odporność na wpływ chemiczne czy promieniowanie słoneczne w porównaniu z polimerami węglowodorowymi jest większa i wynika w sposób oczywisty z energii wiązań. W wiązaniu Si – O energia wynosi 26 kJ/mol, w wiązaniu C – C jedynie 20 kJ/mol. Specjalny sposób stosowania oraz ilości koniecznego siloksanu na jednostkę powierzchni kamienia zostały określone na podstawie pomiarów

Tabela 2. Wyniki chemicznych analiz piaskowca

Próbka	Straty spowodowane wyżarzaniem	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₄ ²⁻
Oryginalny zdrowy kamień	1,25	95,60	1,61	0,71	0,67	0,00
Plomby sztuczny kamień	1,57	93,51	2,03	0,81	0,87	0,00
Zwierztały kamień	3,42	88,81	4,23	1,18	1,41	ślady

Tabela 3. Próby odpornościowe na próbkach standardowych średnioziarnistego piaskowca

Stopień obciążenia kN–kN	Napięcie MPa	Moduł Younga (sprężystość) MPa	Poiss. nr
0,5–1,0	0,297	28485	7,24 · 10 ⁻³
1,0–0,5	0,297	64119	2,18 · 10 ⁻²
0,5–1,5	0,594	26849	1,13 · 10 ⁻³
1,5–0,5	0,594	45044	3,79 · 10 ⁻³
0,5–2,0	0,892	24767	4,91 · 10 ⁻³
2,0–0,5	0,892	36331	1,02 · 10 ⁻³
0,5–2,5	1,189	19701	6,20 · 10 ⁻³
2,5–0,5	1,189	28047	3,56 · 10 ⁻³
0,5–2,5	przerwany przy nieostrożnym przekroczeniu 2,5 kN		

Próby piaskowca 21.01.1985 r.

nasiąkliwości piaskowca. Ustalono, że nasiąkliwość wynosi 5,9% i zgodnie z tym wskaźnikiem zastosowano siloksany niehydrofobowe w ilości 3–5 P/m² przy penetracji wgląd co najmniej do 2 cm. Impregnacja przeprowadzana była trzykrotnie, w odniesieniu do najbardziej zwietrzałych reliefów nawet pięciokrotnie, przy czym stężenia siloksanów wahały się między 5–15% w roztworze etanolu i acetonu 1:1.

Siloksany do zapoczątkowania reakcji, w czasie której powstaje produkt podobny do naturalnego kwarcu, potrzebują wody. Wodę należy dodawać do roztworu bezpośrednio przed zastosowaniem albo też wykorzystać względną wilgotność powietrza. W każdym bądź razie ilość wody wchodzącej do reakcji kondensacji jest bardzo ważna, bowiem określa – prócz innych – również fizyczne własności produktu końcowego (oligomeru). Okazuje się, że przy dużych stężeniach wody produkty są twarde i łamliwe, natomiast przy niewielkich stężeniach wody powstają produkty elastyczne. Zjawisko to zależy od nadmiaru grup alkoksylowych, które przy niewielkich stężeniach wody zostają nieodwracalnie wbudowane do powstałego produktu. W reakcjach o znacznej ilości wody, zwłaszcza opadowej,

wszystkie grupy alkoksylowe reagują; powstaje wówczas trwały usieciowiony oligomer. Oba skrajne przypadki nie są pożądane przy stosowaniu siloksanów jako środków do konserwacji kamienia. Okazuje się⁵, że najodpowiedniejszym środowiskiem jest swobodna kondensacja siloksanów przy 50% względnej wilgotności powietrza i temperaturze około 20°C. Takie warunki zewnętrzne są niezwykle trudne do utrzymania, jednakże w tym konkretnym wypadku nasycenie siloksanem odbywało się bez dodawania wody. Wykorzystano jedynie podwyższoną względną wilgotność powietrza, która w tym okresie wahała się między 60 a 70%. Wyniki działań konserwatorskich są uwidocznione na fotografii 8 i 9, które niestety, z uwagi na to, że nie udało się wykonać zdjęć z odpowiedniej odległości, przedstawiają jedynie scalenia powierzchniowe i zalepienia powstałych szpar. Zaledwie po miesiącu już przy dotknięciu było widoczne, że pierwotnie zwietrzała powierzchnia skonsolidowała się, plomby na bazie epoksydów jako spoiw całkowicie stwardniały. Ponieważ planowane jest zrobienie daszku nad fryzem, chroniącego przed bezpośrednim kontaktem z wodą deszczową, nie przeprowadzono hydrofobizacji powierzchni. Wszelkie działania zabezpieczające miały być prowadzone jedynie w celu powstrzymania dalszej degradacji fryzu. Dlatego też rodzaje stosowanych środków i ich ilości były brane jedynie w najmniejszych stężeniach, tak aby zachowana została pierwotna substancja zabytku.

przekład M. Gumkowska

⁵ J. Hošek, J. Šrámek, *Surface consolidation of sculptures made of gaisze*. Proceeding of the 3rd International Congress on the Deterioration and Preservation of Stones, Venezia 1979 s. 333–337; E. Charola G. E. Wheeler, G. C. Freund, *The influence of relative humidity in the polymerization of methyltrimethoxysilane*. Proceeding of the IIC Conference Adhesives and Consolidants, Paris 1984 s. 177–181.

THE CONSERVATION OF A ROMANESQUE FRIEZE AT TRZEBICZA

The article deals with the problem of technology of the conservation of a Romanesque frieze running through an upper girth of the north elevation of St Prokop's basilica at Trzebiec (in the Socialist Republic of Czechoslovakia). The frieze was built of sandstone tinged with green glauconite. The first step in the conservation was cleansing the frieze of all additions from previous conservation work. Proper consolidation of the bare weathered surface of the sandstone and protection of the entire frieze was done by using solutions based on organic silicon compounds. These compounds, manufactured in Czechoslovakia under

the brand name of LUKOFIB, are resistant to chemical effects and solar radiation. Specific technology of the penetration of the product used for a stone surface unit was determined on the basis of measurements of absorptivity of the sandstone surface. Impregnation was applied three times, while the most weathered parts of the relief were impregnated even five times.

Already a month after the completion of conservation work, a positive result of the treatment was to be seen – originally weather-beaten surface of the frieze got consolidated and epoxides-based fillings got fully hardened.

ANDRZEJ HUNICZ

KONSERWATORSKI WARSZTAT ODNOWY LUBLINA

W dniu 12 kwietnia 1986 r. w salach Muzeum Okręgowego w Lublinie zebrał się na swoje pierwsze posiedzenie Społeczny Komitet Odnowy Zabytków Lublina pod przewodnictwem prof. Bogdana Suchodołskiego. Dokonano oceny dotychczasowych prac i nakreślono program zamierzeń na najbliższe lata. Rozpoczęły działalność komisje zajmujące się sprawami organizacyjnymi i finansowymi. Zaproszeni goście zapoznali się ponadto z wynikami badań architektonicznych w gmachu Trybunału Koronnego, a także zwiedzili wystawę „Konserwatorski warsztat odnowy dawnego Lu-

blina” przygotowaną przez PP Pracownię Konserwacji Zabytków. Wcześniej, w końcu maja i w czerwcu 1985 r., wystawa ta prezentowana była w Galerii PKZ w Warszawie.

Scenariusz uwzględniał tezę, że w programie rewaloryzacji muszą być zachowane właściwe proporcje między pracami badawczymi i projektowymi a robotami wykonawczymi. Stąd też planse i fotogramy ukazywały nie tylko dzieje Starego Miasta, stan obecny i wizję przyszłości, ale także prezentowały kolejność działań konserwatorskich i osiągnięte wyniki, zwłaszcza w za-