

Zastosowanie zapraw bezcementowych w pracach prowadzonych w obiektach zabytkowych

Materiałami konstrukcyjnymi, służącymi do wznoszenia obiektów murowanych, od zamierzonych czasów były kamień i cegły. Jako spoiwo wykorzystywano wówczas glinę, wapno, gips, a w późniejszym czasie również cement. Porowata struktura tych materiałów oraz częsty brak izolacji przeciwwodnych, a także nieprawidłowe odprowadzenie wód opadowych skutkuje zawilgoceniem murów.

Jest to główna przyczyna złuszczenia powłok malarskich, destrukcji tynków, co również determinuje rozwój grzybów i pleśni. Z uwagi na występujący w murach transport kapilarny wody najbardziej zawilgocone są partie w okolicach przyziemia, natomiast wyższe charakteryzują się mniejszym stopniem wilgotności. Z tego też względu obserwuje się ruch wody na skutek różnicy potencjałów między fundamentem, który stanowi biegun ujemny, a biegunem dodatnim, który stanowią wyższe, suche partie muru. Cząsteczki wody posiadają ładunek ujemny, co powoduje ich przepływ ku górze, w celu wyrównania potencjału, co z kolei skutkuje przepływem wody ku górze i wzrostem zawilgocenia wyższych partii muru (*Gruszczyński M., Siwek J., 2011*).

Intensywność zjawiska podciągania kapilarnego jest pochodną równowagi pomiędzy wydajnością pochłaniania wody przez mur a efektywnością parowania dyfuzyjnego. Reakcją na każde odparowanie wody z konstrukcji ściany jest jej ruch z gruntu, powodujący uzupełnienie jej ilości w murze (*Janowski Z., Pluska I., 2007*), (*Janowski Z., Pluska I., 2008*). Woda, która znajduje się w murze, do wysokości przyziemia, przemieszcza się w nim pionowo w całym przekroju. Natomiast powyżej poziomu gruntu jej ruch odbywa się w stronę powierzchni muru, gdzie następuje odparowanie. Największy poziom zawilgocenia z reguły obserwuje się w wewnętrznych warstwach muru, z których to odparowanie wilgoci jest utrudnione. Sole rozpuszczalne w wodzie transportowane są przez system porów kapilarnych do strefy odparowania na powierzchni muru, gdzie krystalizują w warstwach przypowierzchniowych lub na samej powierzchni ściany. Krystalizujące sole prowadzą do zniszczenia konstrukcji muru, jak również tynku. Powodowane jest to faktem, że podczas procesu krystalizacji sole wielokrotnie zwiększają

swoją objętość, generując na ścianki porów kapilarnych otaczającego materiału ciśnienia, powodujące destrukcję zarówno tynku, jak również materiału konstrukcyjnego muru (cegła, kamień, spoiny). Wykwity solne charakteryzują się dodatkowo wysoką higroskopijnością, przez co dochodzi do ich cyklicznej krystalizacji i rozpuszczania w zależności od wilgotności powietrza, co skutkuje szybką destrukcją tynku. Wykrystalizowane na powierzchni ściany wykwity solne znacząco redukują dyfuzję pary wodnej, co skutkuje zwiększeniem wilgotności ściany i zwiększeniem strefy zawilgocenia, ze względu na potrzebę utrzymania określonej wydajności parowania dyfuzyjnego.

Jedynym skutecznym sposobem zahamowania tych niekorzystnych procesów jest odcięcie dopływu wody transportującej rozpuszczalne sole przez wykonanie sprawnie działających izolacji pionowych i blokad poziomych. Równolegle należy ułatwić odparowanie wody, zgromadzonej w konstrukcji ściany, przez zastosowanie paroprzepuszczalnych tynków renowacyjnych, o wysokiej wartości współczynnika dyfuzji pary wodnej i posiadających zdolność do gromadzenia w swojej porowatej strukturze kryształów soli.

Wysokość podciągania kapilarnego ulega wydatnemu podniesieniu przez wykonanie szczelnej warstwy muru (kamienny cokół, zastosowanie szczelnego tynku cementowego lub akrylowego, zastosowanie powłok z farb nieprzepuszczalnych dla pary wodnej), która ogranicza lub wręcz uniemożliwia dyfuzję pary wodnej. Strefa odparowania ulega wtedy przemieszczeniu w wyższe partie muru. Jest to jeden z częściej popełnianych błędów podczas renowacji budynków.

Renowacja obiektów zabytkowych jest procesem złożonym, na który składają się: analiza stanu bieżącego, diagnostyka, dobór odpowiednich materiałów oraz opracowanie me-

toologii i technologii prac. Dla zagadnień związanych z renowacją obiektów zabytkowych opracowana została w laboratoriach naukowo-badawczych Grupy MAPEI specjalna linia produktów bezcementowych Mape-Antique, w skład której wchodzi: gotowe tynki renowacyjne (Mape-Antique Rinzafo, Mape-Antique MC, Mape-Antique CC, Mape-Antique FC), zaprawy do tynkowania i murowania (Mape-Antoque Intonacho NHL, Mape-Antique Strutturale NHL), spoiwa służące do przygotowywania specjalnych zapraw bezcementowych oraz zaczyny iniekcyjne do konsolidacji konstrukcji murowych czy tynków (Mape-Antique D), również tych pokrytych freskami (Mape-Antique F21). Warto tu wspomnieć także o systemie wzmocnienia konstrukcji murowych z zastosowaniem siatki z włókna szklanego (Mapegrid G120, Mapegrid G220), wklejanej w bezcementową zaprawę mineralną Planitop HDM Restauro (Pogan K., 2008). Produkty te nie ustępują podobnym, obecnym na rynku, natomiast oprócz charakterystyki fizyko-chemicznej i morfologicznej, zbliżonej do produktów stosowanych w czasach historycznych, wykazują wysoką fizyczną i chemiczną odporność na oddziaływanie substancji agresywnych, takich jak siarczany, chlorki czy azotany, często obecne w zawilgoconych konstrukcjach murowych. Makroporowata struktura tych produktów umożliwia odparowanie wilgoci znajdującej się w murach, zapewniając szybkie wysychanie konstrukcji narażonej na podciąganie kapilarne i równocześnie eliminując powstawanie na powierzchni wykwitów. Produkty te, ze względu na swoją fizyczną i chemiczną kompatybilność z podłożem, zalecane są do stosowania podczas prowadzenia prac renowacyjnych głównie w obiektach zabytkowych (Pogan K., 2008), (Wala D., Rosiek G., 2009).

Należy pamiętać, że produkty zawierające hydrauliczne wapno, wapno hydratyzowane czy naturalne wapno, nawet przy wystarczającej porowatości i kompatybilności wobec oryginalnie użytych materiałów nie są w pełni odporne na agresję chemiczną. Wolne wapno, zawarte w tych materiałach, może reagować z siarczanami pochodzącymi z murów i transportowanymi wraz z wilgocią, tworząc gips, a w obecności glinianów formuje kryształy ettryngitu, wysoce ekspansywnej soli, powodującej powstawanie rys i silną degradację (Kurdowski W., 2010).

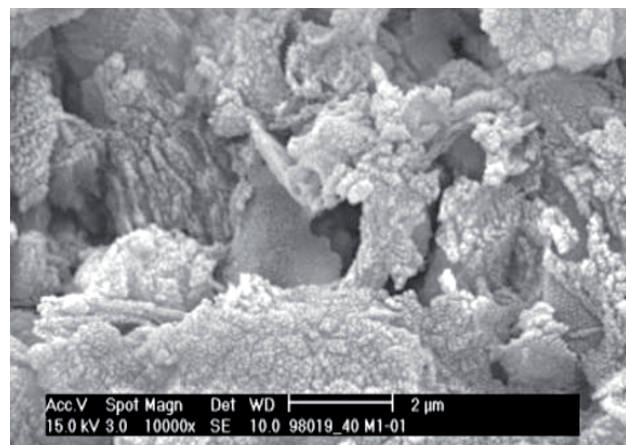
Dlatego też do renowacji obiektów zabytkowych zaleca się wykorzystywanie tynków renowacyjnych, które charakteryzują się stosunkowo niską wytrzymałością, wysoką porowatością i paroprzepuszczalnością. Jako spoiwo wykorzystywane jest tu wapno hydrauliczne i pucolana naturalna. Nowatorstwo tynków renowacyjnych Mape-Antique polega na wykorzystaniu w ich recepturze ekologicznej pucolany o bardzo wysokiej reaktywności i jasnym kolorze, co znacząco ułatwia barwienie tynków w masie i uzyskanie żądanego efektu estetycznego i dekoracyjnego.

Witruwiusz (Marcus Vitruvius Pollio – rzymski architekt i inżynier wojenny, żyjący w I w. p.n.e.) w swoim dziele *O architekturze ksiąg dziesięć* (Księga II, Rozdział VI) wspomina nie tylko o właściwych proporcjach mieszania piasku i wapna, lecz także o przygotowaniu wapna hydraulicznego z mieszanki wapna powietrznego, piasku i tufu wulkanicznego o kolorze purpurowoczerwonym. Ten ostatni tworzy się w wyniku scementowania wyrzuconego przez Wezuwiusza pyłu wulkanicznego, występującego

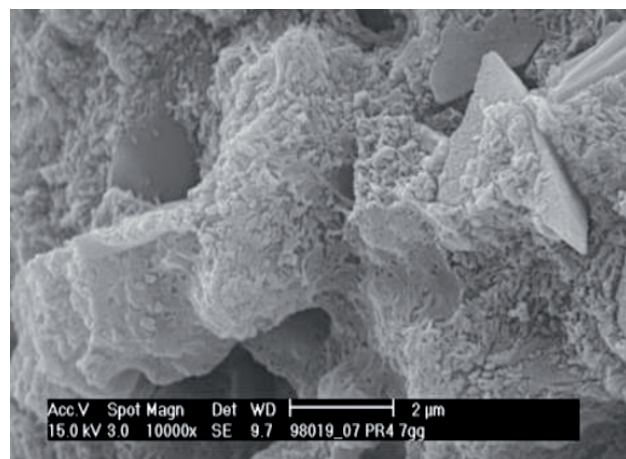
go w okolicach Neapolu, a zwłaszcza miasta Pozzuoli, od którego pochodzi nazwa pucolany (z łaciny *pulvis puteolana*): *Istnieje także pewien gatunek pyłu, który dzięki przyrodzonym właściwościom wytwarza rzeczy godne podziwu. Występuje on w okolicy Bajów i na gruntach municypiów, leżących dookoła Wezuwiusza. Proszek ten zmieszany z wapnem i łamanym kamieniem nie tylko zapewnia trwałość wszystkich budowli, lecz nawet użyty przy budowie grobli w morzu twardnieje pod wodą.* Stąd też obecne poszukiwania właściwych surowców do wytwarzania materiałów o właściwościach zbliżonych do „historycznych zapraw” (Szeląg H., Skorek A., 2009), (Wala D., Rosiek G., 2009).

Zastosowanie w tynkach renowacyjnych naturalnej pucolany powoduje, że reakcja pomiędzy wodą, wodorotlenkiem wapniowym $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dwutlenkiem krzemu SiO_2 i tlenkiem glinu Al_2O_3 , które są zawarte w formie amorficznej w pucolanie, powoduje powstanie uwodnionego krzemianu wapniowego (C-S-H) i glinianu wapniowego (C-A-H), które są odporne na działanie wody i zwiększają trwałość i wytrzymałość zaprawy.

Omawiane produkty z linii Mape-Antique nie zawierają wolnego wapna, stąd te negatywne zjawiska nie zachodzą. Dlatego też już po kilku dniach dojrzewania morfologiczna struktura produktu jest porównywalna z charakterystyczną dla „historycznych zapraw”, opartych na cemencie romańskim.



Struktura zaprawy pucolanowej, pobranej z murów Bazyliki św. Franciszka w Asyżu (na górze) oraz zaprawy Mape-Antique MC po 7 dniach dojrzewania (na dole). Zdjęcia z archiwum MAPEI SpA.





Tynk podkładowy Mape-Antique Rinzafo.



Tynk renowacyjny Mape-Antique MC.



Warstwa wygładzająca Mape-Antique FC.



Hydrofobowy, cienkowarstwowy, barwiony w masie silikonowy tynk nawierzchniowy Silancolor Tonachino.

Niezaprzeczalne zalety systemu zapraw bezcementowych spowodowały, że został on wykorzystany do renowacji pochodzącego z 1698 r. kościoła wraz z budynkami klasztornymi w Starej Wsi, należącymi do ojców jezuitów. Prace renowacyjne realizowane są ze środków Unii Europejskiej, pochodzących z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007–13.

Prace remontowe rozpoczęły się w 2010 r., a ich zakres był niezwykle szeroki. Podstawowe zabiegi obejmowały naprawę uszkodzeń konstrukcji budynku, powodowanych wieloletnią eksploatacją i nieprawidłowo prowadzonymi remontami (np. stosowanie tynków na bazie cementu, szczelnych powłok malarskich).

Prace, przy których wykorzystano materiały bezcementowe, obejmowały całkowitą wymianę tynków zewnętrznych w całym obiekcie, wraz z odtworzeniem poziomej izolacji przeciwwodnej przez zastosowanie iniekcji krzemianującej. Równocześnie prowadzono roboty obejmujące całkowitą wymianę stolarki drzwiowej i okiennej oraz obróbek blacharskich, które znajdowały się w stanie całkowitej destrukcji.

Działania naprawcze rozpoczęto od usunięcia warstw tynku i uzupełnienia uszkodzonych elementów murowych oraz spoin między cegłami. Wykorzystano tym celu zaprawę murarską, która charakteryzuje się odpowiednimi właściwościami reologicznymi i, mimo znacznej porowatości, wytrzymałością na ściskanie w klasie M15.

Równocześnie z powyższymi pracami wykonano odtworzenie izolacji poziomej metodą krzemianującej iniekcji blokującej. Otwory po usunięciu pakierów wypełniono materiałem bezcementowym, o wysokiej ciekłości.

Po uzupełnieniu i wyspoinowaniu muru odtworzono warstwy tynkarskie, typowe dla materiałów renowacyjnych, których układ jest następujący:

- tynk podkładowy Mape-Antique Rinzafo, którego zadaniem jest zapewnienie przyczepności kolejnych warstw, charakteryzujący się wysoką odpornością chemiczną,
- tynk renowacyjny Mape-Antique MC – bezcementowy tynk o wysokiej porowatości a tym samym o dużej zdolności do magazynowania soli,
- warstwa wygładzająca Mape-Antique FC – drobnoziarnista zaprawa bezcementowa do wyrównania powierzchni,
- warstwa ochronna (dekoracyjna) Silancolor Tonachino – hydrofobowa, cienkowarstwowa silikonowa masa tynkarska o wysokiej paroprzepuszczalności i trwałości barwy

Kolejnym przykładem wykorzystania właściwości zestawu materiałów bezcementowych jest XIV-wieczne Sanktuarium Maryjne w Świętej Lipce (gmina Reszel). Ze względu na trudne warunki wilgotnościowo-temperaturowe oraz specyfikę obiektu, gdzie nie sprawdziły się rozwiązania pierwotnie proponowane, zostaliśmy poproszeni o interwencję i rozwiązanie problemu. Skuteczny okazał się tynk podkładowy, dzięki któremu wyrównano właściwości podłoża (fragmenty oryginalnych zapraw, miejsca naprawiane wcześniej, obszary poddane renowacji bieżącej), uzyskano właściwą przyczepność do istniejącego (zróżnicowanego) podłoża warstwy docelowego tynku renowacyjnego, co skutkowało wykonaniem warstwy ciągłej, niewykazującej zarysowań i spękań. Kolumny znajdujące się na elewacji bazyliki wzmocniono powierzchniowo wklejając w warstwę bezcementowej, dwuskładnikowej zaprawy siatkę z alkalooodpornego włókna szklanego.

Mur otaczający krużganki poddano renowacji przy użyciu zestawu – bezcementowy tynk podkładowy, bezcementowa zaprawa murarska o wytrzymałości klasy M15 oraz drobnoziarnista zaprawa wyrównująca.

Naprawa obiektów zabytkowych, uszkodzonych w wyniku działania wilgoci i zasolenia, jest zadaniem złożonym i wymagającym wielu zabiegów technologicznych, poprzedzonych rzetelną analizą przyczyn zaistniałego stanu. Warunkiem udanej rewitalizacji jest odpowiedni dobór materiałów, gdzie kluczowym zagadnieniem jest fizyczna i chemiczna ich kompatybilność z podłożem i rodzimymi materiałami, używanymi do wznoszenia obiektów, a także staranne wykonanie prac remontowych.



Wieże kościoła o.o. Jezuitów w Starej Wsi po renowacji z wykorzystaniem systemu Mape-Antique.



Widok fragmentu muru w Sanktuarium Maryjnym w Świętej Lipce, podczas wykonywania prac renowacyjnych z zastosowaniem zapraw bezcementowych Mape-Antique. .

System renowacji zabytków, oparty o prezentowane tu wybrane możliwości zastosowania, oferuje bogate i skuteczne narzędzie dla wykonawców i inwestorów. Jakość tych rozwiązań została potwierdzona i zweryfikowana podczas ich aplikacji w wielu obiektach zabytkowych, także w Polsce. Dowodem na to jest także nagroda Renovator, przyznana podczas Europejskiej Giełdy Informacji Renowacyjnej w roku 2013.

Literatura

- Gruszczyński M., Siwek J. (2011). Naprawa i wzmocnienie konstrukcji murowych z wykorzystaniem systemu Mape-Antique na przykładzie renowacji Zespołu Klasztornego oo. Jezuitów w Starej Wsi. IX Konferencja Naukowo-Techniczna Inżynierskie Problemy Odnowy Staromiejskich Zespołów Zabytkowych REW-INŻ 2011, Kraków 1-3 czerwca 2011.
- Janowski Z., Pluska I. (2007) Tynk i zaprawa – technologie i naprawy. cz. I. Renowacje i Zabytki Nr 4/2007.
- Janowski Z., Pluska I. (2008) Tynk i zaprawa – technologie i naprawy. cz. II. Renowacje i Zabytki Nr 1/2008.
- Kurdowski W. (2010). Chemia Cementu i Betonu. Wydawnictwo Polski Cement i Wydawnictwo Naukowe PWN, Kraków-Warszawa 2010.
- Pogan K. (2008). Renowacja obiektów zabytkowych z zastosowaniem specjalistycznych produktów Mapei. Warstwy Dachy i Ściany Nr 3/2008.
- Szeląg H., Skorek A. (2009). Przeszłość i przyszłość cementu romańskiego. Wiadomości Konserwatorskie Nr 26/2009, Wrocław 2009.
- Wala D., Rosiek G. (2009). Synteza spoiw wapiennych z zastosowaniem różnych minerałów ilastych w kontekście zapraw historycznych. Wiadomości Konserwatorskie Nr 26/2009, Wrocław 2009.

*Widok Sanktuarium
Maryjnego w Świętej
Lipce podczas
prowadzonych prac
renowacyjnych*

dr inż. Krzysztof Pogan

Fotografie: MAPEI Polska Sp. z o.o.

