

# Naprawa i wzmocnianie konstrukcji murowych z wykorzystaniem systemu MAPE-ANTIQUE na przykładzie renowacji Zespołu Klasztornego Ojców Jezuitów w Starej Wsi

Dr inż. Maciej Gruszczyński, Politechnika Krakowska,  
inż. Jerzy Siwek, Mapei Polska Sp. z o.o.

## 1. Wprowadzenie

Przedmiotem artykułu jest prezentacja nowoczesnego systemu tynków renowacyjnych MAPE-ANTIQUE. System ten jest bezcementowy, a jego unikalność oparta jest na wykorzystaniu jako spoiwa naturalnej pucolany, która jest materiałem całkowicie ekologicznym, a jednocześnie pozwala na uzyskanie tynków i zapraw o strukturze tożsamej z materiałami używanymi w minionych epokach, a które były oparte na bazie wapna jako spoiwa. Składniki systemu naprawczego MAPE-ANTIQUE oraz zasady ich aplikacji przedstawiono na przykładzie ich stosowania przy renowacji pochodzącego z XVII w. Zespołu Klasztornego Ojców Jezuitów w Starej Wsi (rys. 1).

## 2. Niszczące oddziaływanie wilgoci i soli rozpuszczalnych na konstrukcje murowe

Konstrukcje murowe obiektów zabytkowych wykonane są najczęściej z kamienia i cegły. Podstawowymi spoiwami były glina, wapno, gips, a w późniejszym czasie cement. Porowata struktura tych materiałów przy braku izolacji przeciwwodnych i nieprawidłowym odprowadzeniu wód opadowych prowadzi do zawilgocenia murów. Zawilgocenie ścian obiektu skutkuje zniszczeniem powłok malarskich, destrukcją (zmur-



**Rys. 1.** Widok Kościoła i Zespołu Klasztornego Ojców Jezuitów w Starej Wsi – stan przed renowacją

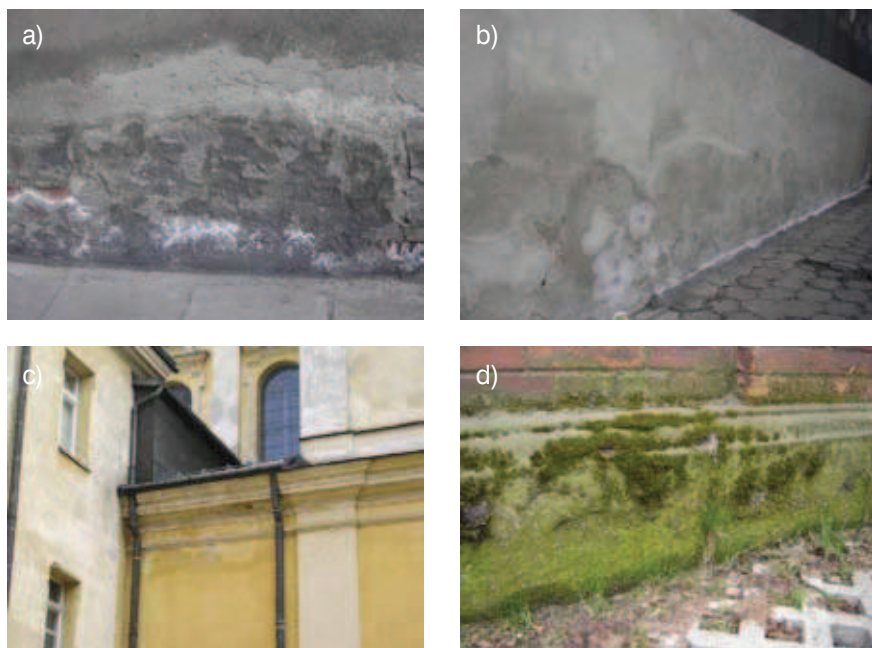
zeniem) tynków i sprzyja rozwojowi grzybów, pleśni (rys. 2 a÷d). Z uwagi na występujący w murach transport kapilarny wody, najbardziej zawilgocone są partie w okolicach przyziemia, natomiast ich wyższe partie charakteryzują się mniejszym stopniem wilgotności. Z tego też względu obserwuje się ruch wody 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. Wysokość podciągania kapilarnego  $h$  przedstawia się wzorem:

$$h = \frac{2 \times T \times \cos \theta}{r \times \rho \times g}$$

gdzie:

$T$  – napięcie powierzchniowe wody,  
 $\theta$  – kąt zwilżenia,  
 $r$  – promień porów kapilarnych,  
 $\rho$  – gęstość wody,  
 $g$  – przyspieszenie ziemskie.  
Z analizy powyższej zależności (1) wynika, że wielkości  $T$ ,  $g$ ,  $\rho$  są stałe



**Rys. 2.** Destrukcja tynków będąca skutkiem zawilgocenia na skutek kapilarnego podciągania wody w murze i krystalizacji soli (a, b) oraz będąca następstwem nieszczelności rynien i rur spustowych (c, d)

i niezależne. Ograniczenie wysokości podciągania kapilarnego  $h$  można osiągnąć jedynie przez zmianę przekroju kapilar  $r$  lub zwiększenie kąta zwilżenia  $\theta$ , na skutek hydrofobizacji zarówno struktury, jak i powierzchni muru (wytworzenie menisku wypukłego).

Intensywność zjawiska podciągania kapilarnego jest pochodną równo-

wagi 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 [1].

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.

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 częściowych popełnianych błędów podczas renowacji budynków (rys. 3).

Sole rozpuszczalne w wodzie trans-

portowane są przez system porów kapilarnych do strefy odparowania na powierzchni muru, gdzie krystalizują się w warstwach przypowierzchniowych lub na samej powierzchni ściany.

Krystalizujące się 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 ciśnienie, 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.

### 3. Metody walki z zawilgoceniem i zasoleniem murów

Z zawilgoceniem konstrukcji zabytkowych walczy się na wiele sposobów, z których podstawowe to:

- drenaż opaskowy,
- wytworzenie przy ścianie fundamentowej wentylowanej pustki, która pozwala na odparowanie wilgoci,



**Rys. 3.** Przykład podniesienia wysokości zawilgocenia muru na skutek wykonania szczelnej powłoki malarskiej





**Rys. 4.** Iniekcja preparatu krzemianującego i hydrofobizującego w konstrukcję murową



- „podbijanie” ścian fundamentowych z odtworzeniem izolacji poziomej – najczęściej z wykorzystaniem płyt z blachy nierdzewnej,
- metoda elektroosmozy,
- metoda elektrochemiczna,
- wytworzenie hydrofobowej blokadę poziomej.

Ostatnia z przedstawionych metod polega na wytworzeniu warstwy izolacji poziomej przez wprowadzenie do otworów wywierconych na całej długości muru odpowiednich preparatów blokujących przepływ cząstek wody w pionie i poziomie. Blokada hydrofobowa jest metodą szczególnie polecaną do osuszania budynków zabytkowych, ponieważ wymaga małej ingerencji w konstrukcję ścian (rys. 4).

Jednakże w przypadku iniekcji murów decydującą rolę dla powodzenia prawidłowego działania izolacji, ma prawidłowe dobranie rodzaju zastosowanego preparatu do konkretnego typu konstrukcji. Przed rozpoczęciem robót niezbędne jest wykonanie odwiertów próbnych i odkrywek celem ustalenia rodzaju i wytrzymałości materiałów konstrukcji ściany, poziomu jego wilgotności, stopnia zasolenia i ewentualnej obecności pustek w konstrukcji. Wszystkie te dane niezbędne są do prawidłowego planowania renowacji budynków zabytkowych, w tym doboru właściwego preparatu iniekcyjnego.

#### 4. Tynki renowacyjne – zasada działania i oferta systemu MAPE-ANTIQUÉ

Tynki w obiektach zabytkowych pełnią wiele funkcji, z których najważniejsze to zapewnienie ochrony



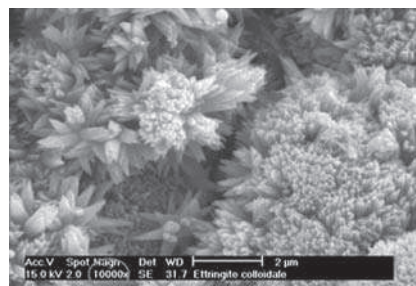
**Rys. 5.** Destrakcja muru ceglanego na skutek zastosowania szczelnego tynku cementowego

konstrukcji murowych przed destrukcyjnym oddziaływaniem środowiska oraz zapewnienie estetycznego wyglądu obiektu.

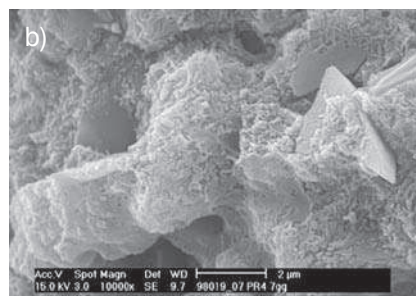
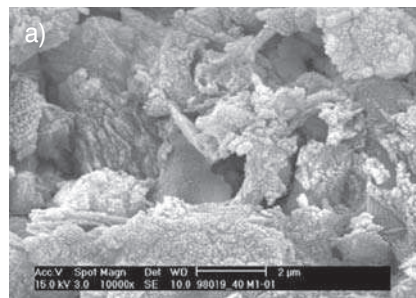
Stosowanie przy renowacji zabytkowych konstrukcji murowych o wysokim poziomie zasolenia i wilgotności, współczesnych tynków cementowych i cementowo-wapiennych jest niedopuszczalne. Tynki te charakteryzują się wysoką wytrzymałością, szczelnością i wysokim oporem dyfuzyjnym. Ich nałożenie na słabe podłoże muru powoduje jego destrukcję (rys. 5) i dodatkowo powoduje zwiększenie zawilgocenia konstrukcji. Ponadto tego typu tynki są trudne do usunięcia z konstrukcji i w trakcie tego zabiegu dochodzi do uszkodzenia

warstw cegły, co skutkuje koniecznością prowadzenia zabiegów rekonstrukcyjnych.

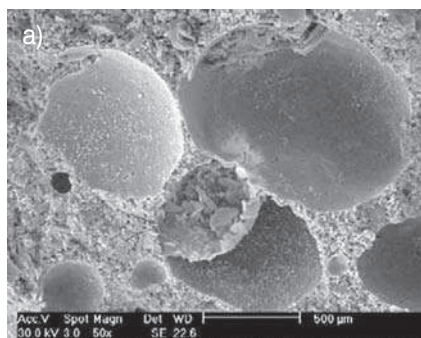
Dlatego też do renowacji obiektów zabytkowych zaleca się wykorzystywanie tynków renowacyjnych, które charakteryzują się niską wytrzymałością, dużą porowatością i paroprzepuszczalnością. Jako spoiwo wykorzystywane jest wapno i pulcolana naturalna lub sztuczna. Nowatorstwo tynków renowacyjnych MAPE-ANTIQUÉ polega na wykorzystaniu w ich recepturze ekologicznej pulcolany o bardzo wysokiej reaktywności i jasnej barwie, która znacząco ułatwia barwienie tynków w masie.



**Rys. 6.** Kryształy etryngitu, powodujące zwiększenie objętości, a w efekcie niszczenie zaprawy



**Rys. 7.** Fotografia ESEM „zaprawy historycznej” (a) i zaprawy MAPE-ANTIQUÉ (b) po 8 dniach dojrzewania. W obu przypadkach widoczna stabilna, całkowicie skarbonatyzowana, amorficzna powierzchnia



**Rys. 8.** Makropory w tynku MAPE-ANTIQUE (a). Krystalizacja soli wewnątrz porów (b)

Zastosowanie w tynkach renowacyjnych linii MAPE-ANTIQUE naturalnej pucolany powoduje, że reakcja pomiędzy wodą, wodorotlenkiem wapniowym  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , dwutlenkiem krzemu  $\text{SiO}_2$  i tlenkiem glinu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 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.

Stosowana przez firmę MAPEI ekologiczna pucolana charakteryzuje się wysoką reaktywnością, dużą powierzchnią właściwą i wysoką zawartością amorficznego krzemu. Skutkuje to dużą szybkością przebiegu reakcji pucolanowej, w odróżnieniu od tradycyjnych zapraw na bazie wapna i cementu. Zaprawy MAPE-ANTIQUE już po około 2÷3 dniach pozbawione są wolnego wapna, a więc nie ma ryzyka ich uszkodzenia przez niszczące czynniki chemiczne, np. reakcja wolnego wapna i faz C-S-H i C-A-H z siarczanami, która powoduje powstawanie etryngitu i taumazytu, co skutkuje pęknięciami i łuszczeniem tynków na skutek wzrostu ich objętości (rys. 6).

Dzięki zastosowaniu specyficznego rodzaju pucolany zaprawy MAPE-ANTIQUE charakteryzują się wysoką porowatością, a dzięki wysokiej jej reaktywności w ciągu kilku dni uzyskują strukturę morfologiczną tożsamą z „zaprawami historycznymi” (rys. 7).

Zaprawy linii MAPE-ANTIQUE tym wyróżniają się od innych podobnych, dostępnych na rynku, że są całkowicie kompatybilne nie tylko pod względem chemicznym, ale także i fizycznym (wytrzymałość i cechy sprężyste) z „materiałami historycznymi”, dzięki czemu wyeliminowane zostało niebezpieczeństwo korozji chemicznej na skutek reakcji wolnego wapna z agresywnymi czynnikami, takimi jak siarczany, chlorki i azotany.

Ponadto zaprawy wykonane na bazie naturalnej pucolany firmy MAPEI charakteryzują się tożsamą strukturą wewnętrzną co zaprawy historyczne (rys. 7), jednakże dzięki wysokiej reaktywności spoiwa, jest ona uzyskiwana w bardzo krótkim czasie kilkudziesięciu godzin.

Zaprawy MAPE-ANTIQUE charakteryzują się bardzo korzystnymi właściwościami reologicznymi. Ich urabialność porównywalna jest z najlepszymi systemami na bazie uwodnionego wapna, a niezwykle jasny kolor ułatwia barwienie materiału w masie.

Tynki renowacyjne MAPE-ANTIQUE charakteryzują się makroporową budową (rys. 8), która zapewnia szybkie odparowanie wilgoci zawartej w murze, zapewniając jego szybkie wysychanie, bez ryzyka powstawania wykwitów.

### 5. Podstawowe elementy systemu MAPE-ANTIQUE wykorzystane przy renowacji Zespołu Klasztornego Ojców Jezuitów w Starej Wsi

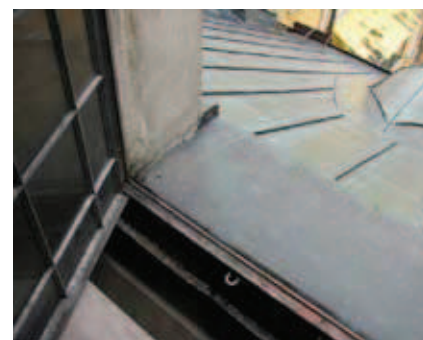
Niezaprzeczalne zalety systemu MAPE-ANTIQUE spowodowały, że został on wykorzystany do renowacji, pochodzącego z roku 1698 kościoła wraz z budynkami klasztornymi w Starej Wsi, należącymi do Ojców

Jezuitów. Prace renowacyjne realizowane są ze środków Unii Europejskiej pochodzących z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007–2013.

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

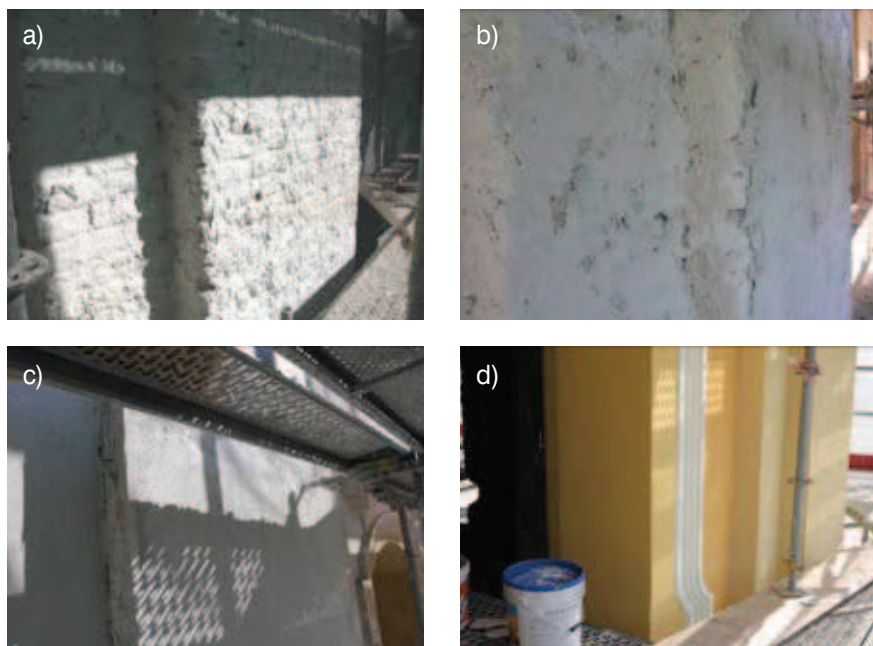
Prace, przy których wykorzystano materiały MAPE-ANTIQUE, obejmowały całkowitą wymianę tynków zewnętrznych w całym obiekcie wraz z odtworzeniem poziomej izolacji przeciwwodnej przez zastosowanie iniekcji krzemianującej. Ponadto, równocześnie prowadzono prace obejmujące całkowitą wymianę stolarki drzwiowej i okiennej oraz obróbkę blacharskich, które znajdowały się w stanie całkowitej destrukcji (rys. 9).

Konstrukcja kościoła znajdowała się w złym stanie technicznym. Elemen-



**Rys. 9.** Widok stanu stolarki okiennej, obróbkę blacharskich przed renowacją obiektu





**Rys. 10.** Układ kolejnych warstw tynku renowacyjnego na wieży kościoła o. Jezuitów w Starej Wsi: a) tynk podkładowy MAPE-ANTIQUÉ RINZAFFO, b) tynk renowacyjny MAPE-ANTIQUÉ MC, c) szpachla MAPE-ANTIQUÉ FC, d) hydrofobowy, cienkowarstwowy, barwiony w masie silikonowy tynk nawierzchniowy SILANCOLOR TONACHINO

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

- tynk podkładowy – którego zadaniem jest zapewnienie przyczepności kolejnych warstw – wykorzystano tynk MAPE-ANTIQUÉ RINZAFFO;
- tynk renowacyjny – tynk o dużej porowatości, a tym samym o dużej zdolności do magazynowania soli – wykorzystano zaprawę tynkarską MAPE-ANTIQUÉ MC;
- szpachla – drobnoziarnisty tynk wyrównujący powierzchnię – zastosowano tynk MAPE-ANTIQUÉ FC;
- warstwa ochronna (dekoracyjna) – hydrofobowa, cienkowarstwowa masa tynkarska o wysokiej paroprzepuszczalności i trwałości barwy – zastosowano tynk silikonowy SILANCOLOR TONACHINO.

Kolejne etapy wykonania warstw tynku renowacyjnego na wieży kościoła przedstawiono na rysunkach 10 a÷d.

Ze szczególną starannością odtworzano kolorystykę obiektu. Celem było uzyskanie barwy elewacji obiektu, którą ustalono na podstawie analizy pierwotnego koloru tynku (rys. 11).

Dostępne wzorniki kolorów, ze względu na małą powierzchnię nie pozwalają na precyzyjny dobór właściwego odcienia (rys. 11), dlatego wykonano pola próbne, na podstawie obserwacji których dobrano precyzyjnie odpowiednie kolory masy tynkarskiej (rys. 12).

Jako zewnętrzną warstwę tynku zastosowano masę SILANCOLOR TONACHINO opartą na bazie żywicy silikonowej, ponieważ łączy w sobie



**Rys. 11.** Wstępny dobór koloru masy tynkarskiej SILANCOLOR TONACHINO, na podstawie pierwotnej kolorystyki elewacji obiektu



**Rys. 12.** Pola próbne wykonane celem precyzyjnego doboru odcienia masy tynkarskiej

ty murowe były zawilgocone na skutek podciągania kapilarnego i niewłaściwego funkcjonowania rynien i rur spustowych.

Działania naprawcze rozpoczęto od usunięcia warstw tynku i uzupełnienia uszkodzonych elementów murowych oraz spoin między cegłami. Wykorzystano w tym celu zaprawę MAPE-ANTIQUÉ STRUTTURALE NHL, która charakteryzuje się odpowiednimi właściwościami reologicznymi i wytrzymałością na ściskanie  $\approx 15$  MPa, mimo znacznej porowatości.

Jednocześnie z powyższymi pracami wykonano odtworzenie izola-

cji poziomej metodą krzemianującej iniekcji blokującej. Zastosowano tu preparat MAPESTOP PL. Otwory po usunięciu pakerów wypełniono materiałem MAPE-ANTIQUÉ I.



**Rys. 13.** Wejście do kościoła Ojców Jezuitów w Starej Wsi przed renowacją (zdjęcie po lewej stronie) i po renowacji (zdjęcie po prawej stronie)





**Rys. 14.** Wieże kościoła Ojców Jezuitów w Starej Wsi po renowacji z wykorzystaniem systemu MAPE-ANTIQUE

zalety tradycyjnych wypraw mineralnych (wysoka przepuszczalność) i powłok syntetycznych, mocno związanych z podłożem (jednolity od-

cień barwy, doskonała przyczepność do podłoża, odporność na działanie promieniowania UV). Jednocześnie zastosowana masa tynkarska tworzy warstwę hydrofobową, przez co utrudniona jest penetracja wody i zawilgocenie elewacji. Na rysunku 13 pokazano widok wejścia do kościoła o. Jezuitów w Starej Wsi przed i po renowacji, a na rysunku 14 pokazano widok odrestaurowanych, z wykorzystaniem systemu MAPE-ANTIQUE, wież kościoła.

## 6. Podsumowanie

Naprawa obiektów zabytkowych, uszkodzonych w wyniku działania wilgoci i zasolenia nastęrcza wiele problemów. 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.

Zabiegiem poprzedzającym zastosowanie systemowych tynków renowacyjnych musi być osuszenie konstrukcji przez odtworzenie ciągłych izolacji poziomych i pionowych. Dopiero po tych zabiegach można przystąpić do naprawy elewacji.

System renowacji zabytków MAPE-ANTIQUE firmy MAPEI oferuje pełną gamę produktów, których jakość została potwierdzona i zweryfikowana podczas ich aplikacji w wielu obiektach zabytkowych, także w Polsce.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Janowski Z., Płuska I., Tynk i zaprawa – technologie i naprawy, cz. I i II. Renowacje i Zabytki nr 4/2007 i 1/2008
- [2] Pogan K., Renowacja murów tynkami beżcementowymi – system MAPE-ANTIQUE. Chemia Budowlana 9/2009
- [3] Materiały informacyjne i karty techniczne produktów MAPEI

Producent markowych konferencji oraz autorskich produktów dla środowiska architektoniczno-budowlanego.

degustacja na [www.infoinvest.pl](http://www.infoinvest.pl)  
tel. 22 532 14 00

**Info Invest**  
Współpraca z inwestycjami

**Info Invest**  
Pracownia Eventów