

Renowacja zabytkowych budynków z zawilgoconymi murami – analiza przypadku

dr hab. inż. Wacław Brachaczek, prof. uczelni, Wydział Inżynierii Materiałowej, Budownictwa i Środowiska, Katedra Budownictwa, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała

1. Wprowadzenie

Głównymi problemami, z jakimi borykają się wykonawcy w renowacji obiektów zabytkowych, jest naprawa zniszczeń spowodowana oddziaływaniem wilgoci i soli. W zależności od przyczyn zawilgoconia oraz skutków, które spowodował nadmiar wilgoci, a także warunków, w jakich odbędzie się osuszanie, dobierany jest odpowiedni sprzęt i metody, aby przeprowadzone działania mogły zakończyć się sukcesem [1]. Zabezpieczone przed dostępem wody ściany o znacznych grubościach mogą w warunkach naturalnych wysychać przez wiele lat. Jeżeli nie zostaną w odpowiedni sposób przeprowadzone zabiegi osuszające, wilgotny mur zawierający sole w dalszym ciągu będzie ulegał niszczeniu i degradacji [2]. O ile technologie przeprowadzenia zabiegów renowacyjnych są znane i powszechnie stosowane, o tyle nie ma jednej uniwersalnej metody, którą można zastosować do większości historycznych budynków. Zdarza się, że jedna metoda stosowana na różne budynki przynosi odmienne rezultaty [3]. W celu przeprowadzenia osuszania niezbędnym jest wcześniejsze opracowanie projektu wykonawczego. Zdarza się, że zbyt gwałtowne usuwanie wilgoci z murów powoduje uszkodzenie substancji murów, przez co tracą one swoją wytrzymałość wskutek oddziaływania sił kapilarnych w porach [2].

2. Analiza przypadku – omówienie problemu badawczego

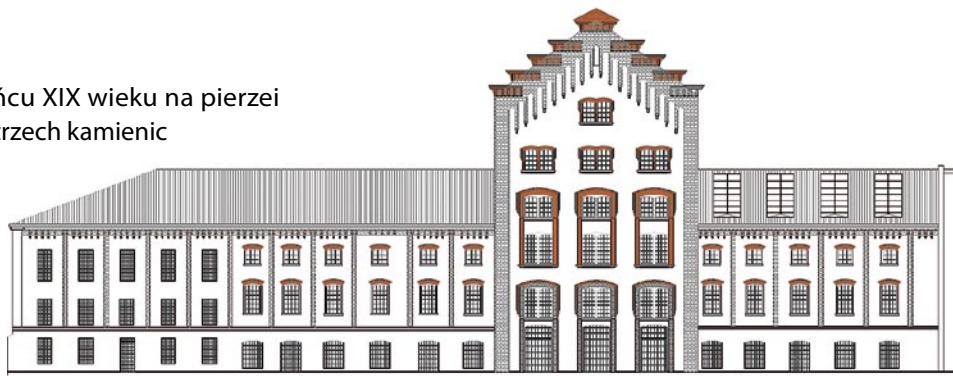
Na przykładzie Fabryki Likierów w Bielsku-Białej przedstawiono wybrane aspekty związane ze zdiagnozowaniem i opracowaniem projektu renowacji budynku z zawilgoconymi i zasolonymi murami.

2.1. Opis obiektu

Obiekt wzniesiony został w końcu XIX wieku na pierzei ul. 11 Listopada. Stanowi zespół trzech kamienic

o formach pałacowych z kamienicą środkową jako dominantą zespołu. Głównym nurtem architektonicznym dominującym końcem XIX wieku w Bielsku-Białej był historyzm i w takim stylu został zaprojektowany ten obiekt. Według *Bielitz-Bialaer Anzeiger* nr 1489 z 22.01.1906 roku architektami, którzy mieli wpływ na projekt budynku byli znani architekci Karol Korn i Emanuel Rost, którzy przyczynili się także do obecnego wielkomiejskiego wizerunku centrum miasta Bielska-Białej. Historia budynku sięga lat osiemdziesiątych XIX wieku. Była to jedna z pierwszych gorzelni w Galicji. Budowę rozpoczęto w 1849 roku przy trakcie „Cesarskim” łączącym Lwów z Wiedniem. Założycielem fabryki był Jakub Gross, po śmierci którego w 1901 roku kierowanie firmą przejął jego syn Arnold. Wówczas rafineria była w stanie przetworzyć do 40 tysięcy hektolitrowo spirytusu. Trunki wytwarzane w Bielsku-Białej podbijały lokalne rynki, a także całej Galicji, Śląska i Moraw, a likiery zyskały uznanie nawet we Francji.

Budowla ma wytworne płaskie elewacje, zwieńczone linią silnie cieniującego wydatnego gzymsu (rys. 1). Boczne kamienice, stanowiące skrzydła południowe i północne budynku, są trójkondygnacyjne. Kamienica stanowiąca dominantę jest czterokondygnacyjna. Posadzka pomieszczeń na parterze usytuowana jest poniżej terenu. Południowe skrzydło jest częściowo podpiwniczone. Elewacja parteru jest płaską ścianą i nie jest oddzielona od gruntu wyraźnym cokółem. Piętro od parteru oddzielone jest fryzem. Fundament budynku jest wykonany z cegły osadzonej na kamiennej stopie fundamentowej. Wytworna płaska elewacja pierwszej i drugiej kondygnacji zdobiona jest ostrą linią ceglanych bonii. Dach budynku częściowo pokryty jest dachówką, zaś



Rys. 1. Wschodnia elewacja budynku Fabryki Grossa w Bielsku-Białej

Rys. 2. Widok stropów w pomieszczeniach skrzydła lewego: a) południowego na parterze, b) południowego na piętrze



zadaszenie północnej części wykonane jest z blachy. Okna budynku są prostokątne zakończone odcinkiem łuku w górnej części. Przed zaciekaniami okna zabezpieczone są opaską. Górna część opaski wraz z częścią nadokienną jest powiększona, stanowiąca naczółek. Ściany wyróżniają się delikatną regularną ornamentacją. Więźba dachowa głównego budynku jest stalowa, zaś pozostała część dachu ma więźbę drewnianą. Południowe skrzydło budynku jest częściowo podpiwniczone.

Konstrukcja stropów była zróżnicowana, biorąc pod uwagę fakt, że budynek był kilkakrotnie przebudowywany. W budynku głównym oraz na parterach skrzydeł lewego i prawego znajduje się żebrowy strop żelbetowy. Składa się on z płyt i podciągów żelbetowych. Konstrukcja poza kształtkami zbrojenia jest nie do odróżnienia od współcześnie wykonywanych stropów żelbetowych typu płyta – podciąg (rys. 2a). Na piętrze znajduje się dobrze zachowany strop betonowy sklepiony na dźwigarach stalowych. Belki nośne stalowe dwuteowe kotwione są w ścianach nośnych, pomiędzy nimi wykonane jest sklepienie betonowe łukowe (rys. 2b).

2.2. Metodyka przeprowadzenia badań

Badania diagnostyczne murów obejmowały oględziny elewacji jak też ustalenie poziomu zawilgocenia oraz nasycenia solami ścian elewacji zewnętrznych, ścian wewnątrz i ścian piwnic. Badanie zawilgocenia murów przeprowadzono metodą inwazyjną przy użyciu wilgotnościomierzy Protimeter Surveymaster oraz Trotec T3000. Poziom koncentracji szkodliwych soli przeprowadzony został na próbkach tynków, cegieł i zapraw pobranych

Rys. 3. Degradacja muru w pomieszczeniach piwnicznych spowodowana nadmierną wilgocią (po lewej), na powierzchni muru widoczne wykwity solne (po prawej)



ze środkowej części murów z każdej strony budynku z wykorzystaniem wiertarki wolnoobrotowej. Miejsca poboru próbek ustalono na podstawie oględzin elewacji. W szczególności przebadano docinki murów, które uległy degradacji w największym stopniu. Analizowano koncentrację: chlorków, siarczanów i azotanów. Badania przeprowadzono zgodnie z wytycznymi instrukcji WTA 2-9-04/D [4].

2.3. Wyniki i ich omówienie

Badania wilgotnościowe wykazały, że wilgotność masowa ścian zewnętrznych była wysoka. Na wszystkich murach można było zaobserwować wyraźną tendencję do spadku poziomu wilgotności wraz z wysokością wykonywanego pomiaru. Wskazywało to na kapilarne podciąganie wilgoci w murze i było efektem uszkodzonej izolacji poziomej lub jej braku. Wilgoć była podciągana z gruntu przez stare cegły i zaprawę systemem naczyń włosowatych. Zwiększenie wilgotności w dolnej części muru, do ok. 50 cm powyżej poziomu gruntu, mogło pochodzić od wód opadowych i z rozbrzdgów. Największe zniszczenia zaobserwowano w dolnej części cokołowej budynku oraz wszędzie tam, gdzie obróbki blacharskie uległy znacznemu zniszczeniu i przestały już pełnić swoją funkcję. Analizując wyniki obciążenia solami

Rys. 4. Widok zniszczeń wskutek oddziaływania wilgoci i soli, murów południowego skrzydła Manufaktury Grossa



murów, stwierdzono obecność jonów chlorkowych, siarczanowych i azotanowych w ilościach odpowiadających średniemu obciążeniu (zgodnie z WTA 2-9-04/D). Największe stężenie azotanów odnotowano dla ściany frontowej wschodniej, bezpośrednio przylegającej do ulicy. Tu również odnotowano największe stężenie chlorów i siarczanów.

W pomieszczeniach piwnicznych poziom zawilgocenia był stały, niezależny od wysokości pomiaru. Wilgotność wagowa zawarta była w przedziale między 16 a 22%. Wilgotność masowa posadzki wynosiła około 20–22,0%. Tynki i cegły uległy znacznej degradacji, na ścianach widoczne były wykrystalizowane sole w postaci eflorencji (wykwitów) – rysunek 3.

Parter w budynku głównym i w skrzydłach znajduje się około 0,5–0,7 m poniżej poziomu przyległego terenu. Pomiar wilgotności dokonane w tym obszarze (od posadzki do poziomu gruntu) dały wartość 22% masowych. Powyżej poziomu terenu wilgotność spadała wraz z wysokością. Ściany suche, o wilgotności ok. 3% masowych rozpoczynały się od wysokości 1 m ponad terenem. Wskutek oddziaływania wilgoci i soli znaczna część tynków uległa odspojeniu (rys. 4).

Zarówno w budynku głównym, jak i w skrzydłach ściany zewnętrzne i wewnętrzne wykazywały niewielkie zawilgocenie.

Największą wilgotność można było zaobserwować w ich dolnej części, tj. do wysokości 10–15 cm od podłogi i wynosiła ona 4–5% masowych. Można przypuszczać, że pochodziła ona z wód opadowych spływających z wyższych kondygnacji budynku. Ze względu na nieszczelny dach największe zawilgocenie odnotowano w przypadku ścian znajdujących się na najwyższej kondygnacji. W miejscach widocznych zacieków wilgotność wynosiła 15–16% masowych. W pozostałych miejscach mieściła się między 5 a 10% masowych.

Na ścianach klatki schodowej widoczne były zacieki, wysolenia i zagrzybenia. Większość pomiarów na ścianach klatki schodowej wykazała zawilgocenie na poziomie 22% masowych. Można przypuszczać, że woda opadowa przedostająca się do budynku przez uszkodzony dach i nieszczelne obróbki blacharskie przedostawała się na kolejne niższe kondygnacje tą właśnie drogą (rys. 5).

3. Technologia przeprowadzania robót renowacyjnych oraz materiały

Pierwszy zakres prac remontowych obejmował naprawę dachu połączoną z wymianą połaci dachowych. W dalszej

Rys. 5. Widok zniszczeń na klatce schodowej budynku głównego wskutek oddziaływania wód opadowych przedostających się przez uszkodzony dach i nieszczelne obróbki blacharskie do budynku



kolejności przeprowadzono wymianę stolarki okiennej, wykonanie obróbek blacharskich wraz z systemem odprowadzania wód opadowych. Fundamenty od strony zewnętrznej w znacznej części zostały odkopane i wzmocnione. Od zewnątrz teren został obniżony do poziomu podłóg na parterze budynku. Do wzmocnienia części podziemnej budowli zastosowano beton monolityczny. Z uwagi na niewidoczność wzmocnionego elementu czy ustroju było to najmniej kontrowersyjne działanie techniczne z punktu widzenia konserwacji zabytków. Beton monolityczny ze zbrojeniem obecnie jest głównym rozwiązaniem, który może być zastosowany do wzmocnień i modernizacji podziemnych części budowli zabytkowych [5]. Na wzmocnionej powierzchni fundamentów została wykonana pionowa izolacja przeciwwodna. Wokół budynku ułożono drewniane dreny odwadniające. W celu zabezpieczenia budynku przed szkodliwym działaniem wody pochodzącej z gruntu wskutek podciągania kapilarnego przewidziano odtworzenie poziomej bariery przeciwwilgociowej metodą iniekcji grawitacyjnej. Ze względu na specyfikę tej metody, na wszystkich ścianach, przepona pozioma została wykonana nad poziomem gruntu, poza ewentualnym oddziaływaniem wody pod ciśnieniem. Zróżnicowany charakter fundamentów, w większości wykonany z kamienia lub cegły oraz występujące w nim pustki lub szczeliny sprawiły, iż przewidziano tu iniekcję grawitacyjną z zastosowaniem iniektu krzemianowego w postaci pasty o wysokiej konsystencji Renowator 190 spełniający wymagania instrukcji WTA 4-4-04/D firmy SEMPRE Farby. Iniekt w postaci pasty są nowatorskim rozwiązaniem dedykowanym do murów o zróżnicowanej mikrostrukturze. Zaletą tego rozwiązania jest łatwe rozprowadzenie iniektu na całej grubości muru, nawet w przypadku murów z pustkami czy szczelinami. Możliwość takiej nie zapewniają stosowane w dotychczasowej praktyce metody grawitacyjne i niskociśnieniowe z iniektami w postaci ciekłej. Produkt ten zawiera związki polikrzemianów, które dobrze rozprowadzają się w materiałach budowlanych. Tworzą szczelną barierę przeciwwilgociową w wyniku zmiany napięcia powierzchniowego porów. W celu wyeliminowania wpływu rozbryzgowanej wody opadowej oraz pochodzącej z roztopów na wilgotność murów, warstwa cokołowa ścian, na wysokości do 50 cm, została pokryta pionową zaprawą uszczelniającą wykonaną z jednokomponentowej zaprawy izolacyjnej na bazie cementu Renowator 300.

Ze względu na znaczną destrukcję tynków konieczne było ich skucie na całej powierzchni elewacji do warstwy cegły. Większość murów była w dobrym stanie technicznym, jednak były one mocno zawilgocone i zasolone. Stan cegieł był bardzo zróżnicowany, zaobserwowano tu zarówno cegły w dobrym stanie, jak też osłabione i kruche. Zaprawa, z której wykonane były spoiny w znacznej części, była zmurszała i krucha. Zastosowanie do renowacji tradycyjnych tynków cementowo-wapiennych czy cementowych

byłoby rozwiązaniem doraźnym. Odpowiednie do tego celu są tylko tynki renowacyjne, składające się z obrutki renowacyjnej, tynku renowacyjnego podkładowego i tynku renowacyjnego hydrofobowego ze specjalnie zaprojektowanym systemem porów. Jako ostatnią warstwę przewidziano farbę silikatową Renowator 960 o dużej dyfuzyjności pary wodnej. W celu uniknięcia pojawienia się rys i pęknięć powstałych wskutek niedopasowania wytrzymałości tynku do podłoża wykonano dodatkowe badania wytrzymałości na ściskanie i zginanie oraz sorpcyjności zgodnie z PN-EN 12390-3, PN-EN 12390-5 oraz PN-EN 1015-18. W tym celu pobrano po 6 próbek cegły z każdej strony budynku. Do renowacji zastosowano tynki renowacyjne zawierające modyfikatory polimerowe, które obniżają skurcz podczas wysychania, poprawiają ich elastyczność, przyczepność do podłoża oraz retencję wody. Tynki dopasowano w taki sposób, aby wytrzymałość na ściskanie pierwszej warstwy była niższa od podłoża, a współczynnik adsorpcji wody był wyższy. Taki sposób postępowania gwarantuje, że tynk nie będzie niszczył substancji murów, a wyższa wartość współczynnika adsorpcji umożliwi transport wilgoci do porowatej mikrostruktury tynków wraz z zalegającymi w murach solami. Pory w tynku renowacyjnym mają zróżnicowany kształt pozwalający na zmagazynowanie znacznej ilości soli. Specjalnie zaprojektowana mikrostruktura tynków sprawia, że są one odporne na oddziaływanie wykrystalizowujących w nich soli. W odróżnieniu od tynku podkładowego tynk hydrofobowy, stanowiący kolejną warstwę, charakteryzuje niska wartość współczynnika adsorpcji wody. Taki układ zapobiega przedostawianiu się wilgoci na powierzchnię i zapobiega tworzeniu eflorencji. Uśrednione właściwości fizyczne murów i tynków i zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości fizyczne murów i składników systemu tynków renowacyjnych

Właściwości	Mury	Tynk podkładowy	Tynk hydrofobowy
Współczynnik absorpcji $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$	16,4	24	1,95
Wytrzymałość na ściskanie MPa	5,25	4,4	3,4
Wytrzymałość na rozciąganie MPa	1,3	1,7	1,2

Założenie tynków poprzedzały roboty przygotowawcze polegające na wymianie zwiertzałych cegieł, usunięciu kruchych i zwiertzałych spoin na głębokość 2 cm i uzupełnieniu ich drobnodziarnistym renowacyjnym tynkiem podkładowym. Grubości poszczególnych warstw tynkarskich ustalono w oparciu o wyniki stopnia zasolenia murów zgodnie z wytycznymi instrukcji WTA 2-9-04 [4]. Wynosiły one:

obrzutka renowacyjna 5 mm, tynk podkładowy 10 mm, tynk hydrofobowy 15 mm.

4. Osuszanie murów

Osuszanie było ostatnim etapem robót renowacyjnych. Mogło być przeprowadzone skutecznie dopiero po usunięciu wszystkich źródeł zawilgocenia zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych, np. wilgoci kondensacyjnej, higroskopijnej związanej z nadmiernym zasoleniem murów, wycieków z różnego rodzaju instalacji. Zastosowanie tynków renowacyjnych może znacznie przyspieszyć wysychanie murów, jednak ze względu na znaczne zasolenie i zawilgocenie naturalne wysychanie przebiegałoby przez szereg miesięcy, a nawet lat. Zawarta w murach wilgoć wraz z solami mogłyby dalej niszczyć strukturę murów i niekorzystnie wpływać na ich stateczność. Dlatego przed założeniem tynków renowacyjnych mury takie powinny zostać wysuszone przynajmniej do poziomu 6% masowych. Przy wyborze odpowiedniej metody osuszania obok stopnia zasolenia i zawilgocenia kierowano się kubaturą pomieszczeń, możliwością ich wydzielenia, brano też pod uwagę panującą w okresie suszenia warunki pogodowe.

Osuszanie poprzez nagrzewanie i wentylację jest ściśle uzależnione od pogody i pory roku. Metoda ta jest skuteczna jedynie wtedy, gdy istnieje duża różnica pomiędzy temperaturą wewnątrz pomieszczenia a temperaturą zewnętrzną. Zastosowanie tej metody dla Manufaktury Grossa byłoby utrudnione ze względu na duże kubatury pomieszczeń. Ponadto skutkowałoby znacznym wydatkiem energetycznym w celu podgrzania powietrza w tych pomieszczeniach, mogłaby się pojawić trudność ich skutecznego przewietrzania. W efekcie, w tym konkretnym przypadku, metoda ta byłaby mało efektywna i nieopłacalna.

Podobne utrudnienia byłyby w przypadku zastosowania osuszaczy kondensacyjnych czy adsorpcyjnych. Jeśli osuszanie prowadzone byłoby w okresie letnim, temperatura w pomieszczeniu osuszonym byłaby zbliżona do temperatury odparowania czynnika chłodniczego w parowniku osuszacza. Wtedy zjawisko kondensacji byłoby minimalne lub w ogóle niemożliwe.

Metody magnetokinetyczne byłyby przydatne tylko do usunięcia wilgoci z murów zagłębionych w gruncie [6]. Pomijając fakt, że skuteczność tych metod nadal jest tematem dyskusji, to i tak nie byłyby one skuteczne do osuszenia murów kondygnacji nadziemnych.

Najbardziej efektywnym systemem osuszenia przegród budowlanych w Manufakturze wydaje się być osuszanie mikrofalowe, wspomagane termowentylacją. Przemawia za tym fakt, że: osuszanie ścian i fundamentów za pomocą mikrofal można prowadzić na wybranym fragmencie muru. Ponadto mikrofałe niszczą wszystkie bakterie i pleśń w murze. Dzięki temu nie trzeba stosować żadnych dodatkowych preparatów grzybobójczych. Ponadto mikrofałe usuwają odór

pleśni; metodę tę można prowadzić niezależnie od pory roku. Przy lokalnym zawilgoceniu pomieszczenia osuszanie mikrofalami wspomagane może być przez termowentylatory zainstalowane przy promiennikach mikrofal. Najczęściej suszenie murów wykonuje się, instalując większą liczbę generatorów mikrofal ustawionych w określonych odległościach względem siebie albo stosując jeden generator, który przesuwają się wzdłuż przegrody.

Można by rozważyć również osuszanie mikrofalowe wspomagane osuszaniem sorpcyjnym. Przy dużej kubaturze pomieszczeń wymagałoby to stosowania namiotu foliowego, aby osuszanie prowadzić tylko w najbliższym obszarze zawilgoconej powierzchni [1].

5. Podsumowanie

Zabytkowe obiekty są niezwykle cennym świadectwem naszej kultury i do ich renowacji należy podchodzić bardzo indywidualnie. Skuteczna renowacja musi być poprzedzona szeregiem badań, mających na celu określenie stopnia oraz źródła zawilgocenia i zasolenia. Zaproponowane w opracowaniu rozwiązania materiałowe polegające na odtworzeniu bariery przeciwwilgociowej na drodze iniekcji grawitacyjnej oraz zastosowanie tynków renowacyjnych są optymalne dla analizowanego obiektu.

Osuszanie obiektów zabytkowych jest problemem skomplikowanym, ponieważ wymaga wiedzy z różnych dyscyplin, takich jak fizyka budowli, geotechnika, konserwacja etc. Nie istnieje proste przełożenie funkcjonujących na rynku metod na wybór metody odpowiedniej do danego obiektu.

Skuteczność poszczególnych metod osuszania zależy od wielu czynników, z których najważniejsze to: warunki i okres eksploatacji, konstrukcja budowli, materiały, z których wykonane są mury, stopień zasolenia i zawilgocenia. Dla obiektów z pomieszczeniami o dużej kubaturze do usuwania wilgoci z fragmentów murów skuteczne są metody mikrofalowe.

Konserwator czy architekt powinien dysponować wiedzą na temat różnych dostępnych technologii. Dobre efekty można uzyskać wówczas, jeżeli istnieje ścisła współpraca na każdym etapie robót pomiędzy: projektantem (ekspertem, rzeczoznawcą budowlanym), wykonawcą i producentem.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Adamowski J., Matkowski Z., Ocena skuteczności metod osuszania budynków. *Materiały Budowlane* 3/2015, str. 28–31
- [2] Brachaczek W., Kształtowanie właściwości współczesnych tynków renowacyjnych, *Ceramika*, tom 125, 2018
- [3] Kaliszuk-Wietecha A., Osuszanie zawilgoconych elementów budynków. *Materiały Budowlane* 5/2019, str. 24–26
- [4] WTA Merkblatt 2-9-04/D:2005-10
- [5] Janowski Z., Beton monolityczny w renowacji obiektów zabytkowych, *Czasopismo Techniczne Budownictwo* 108.3-B, 2011, str. 93–112
- [6] Jurkiewicz R., Elektroniczne osuszanie murów. 30 lat doświadczeń w Polsce, *Journal of Heritage Conservation*, 50/2017, str. 109–114