

# Analiza modernizacji budynku w konstrukcji muru pruskiego

Dr inż. Barbara Ksit, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, inż. Magdalena Jeziorańska, MTS Invest Sp. z o.o., inż. Grzegorz Brylewski, Wegner Sp. z o.o. Sp.k.

## 1. Wprowadzenie

Początki ryglówki sięgają już czasów średniowiecza. Tego typu konstrukcja została zainicjowana na terenach Niemiec i Francji. W czasach Odrodzenia, czyli na przełomie XV i XVI wieku, możemy zaobserwować znaczny rozwój ścian w konstrukcji szkieletowej. Pierwsze budynki w tym układzie stawiano na wkopanych w grunt palach, bez żadnego wzmocnienia, co skutkowało niestabilnością konstrukcji i stwarzało problemy przy znacznych obciążeniach dachowych. Z biegiem czasu dokonano ulepszeń konstrukcji i wprowadzono układ słupowo-krzyżulcowy, wsparty na kamiennych fundamentach, chroniący przed nadmiernym zawilgoceciem i degradacją drewna. Sam szkielet również uległ rozwojowi. Dodano zastrzały, czyli belki ukośne oraz rozpory, co miało korzystny wpływ na statykę ściany. W przyziemiu zastosowano nową technologię pozwalającą na usytuowanie słupów na podłużnych belkach, których zadaniem było równomierne przekazywanie obciążeń na fundament. Wiek XVII przyniósł dalszy rozwój fachówki. Coraz częściej fasady budynków ozdabiano ornamentami rzeźbiarskimi. Konstrukcje muru pruskiego cieszyły się zastosowaniem w budownictwie gospodarczym, sakralnym, a także miejskim w postaci malowniczych kamienic w Europie. Na terenach dawnego zaboru pruskiego znajduje się wiele przykładów zabudowy szkieletowej, zwłaszcza na Kaszubach, Pomorzu, Warmii i Mazurach, Kujawach oraz na Śląsku, Lubelszczyźnie i w Wielkopolsce [4].

Przedmiotem opracowania jest projekt modernizacji budynku w konstrukcji muru pruskiego z funkcją restauratorską.

Obiekt zlokalizowany jest przy ulicy Dąbrowskiego 42 w Poznaniu. Budynek został wzniesiony około 1870 roku, wpisany do rejestru zabytków w latach 90. XX w. Pierwotnie służył jako budynek mieszkalny, obecnie znajduje się tam akademika kulinarna oraz restauracja. Budynek jest w pełni uzbrojony. Kubatura obiektu wynosi 2507,14 m<sup>3</sup>, powierzchnia użytkowa wraz z poddaszem to 562,5 m<sup>2</sup>. Kamienica została wzniesiona w konstrukcji szkieletowej z wypełnieniem z cegły pełnej, ściany otynkowane obustronnie. Dach wykonany został w konstrukcji płatwiowo-kleszczowej, kryty papą. Natomiast stropy i podsufitka są w całości drewniane. W części frontowej znajduje się również w całości wykonany w drewnianej konstrukcji ganek [5]. W tego typu modernizacjach ważny jest odpowiedni dobór rozwiązań, które w jak najmniejszym stopniu przyczynią się do zmiany wartości historycznej obiektu i wpłyną na przywrócenie jak najlepszego stanu technicznego obiektu.

## 2. Przebieg prac modernizacyjnych

Przed dokonaniem naprawy należy dokładnie określić czynniki powstawania uszkodzeń w murach, które powinno się wyeliminować lub przynajmniej zminimalizować. Jeśli rysy i spękania powstają na skutek zmian w poziomie posadowienia, powinno się przeprowadzić badania takie jak: sondowanie, wykopy badawcze, nawiercenia itp. i jeśli to konieczne, wzmocnić fundamenty lub podłoże gruntowe. Uszkodzenia powstałe z przyczyn termicznych, np. złej izolacji termicznej dachu, należy niezwłocznie wyeliminować. Konieczne jest docieplenie ścian po uprzedniej naprawie,

**Rys. 1.** Elewacja frontowa przed remontem [2]



**Rys. 2.** Kamienica  
po remoncie – elewacja  
frontowa i tylnia  
(fot. autora)



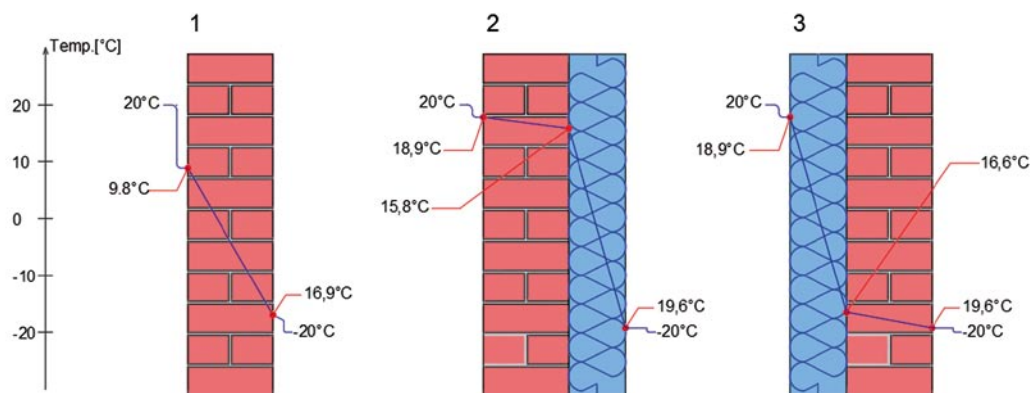
gdy w wyniku odkształceń ściany lub różnicy odkształceń termicznych w płaszczyźnie ściany dochodzi do uszkodzenia. Kiedy mamy do czynienia z przeciążeniem obiektu, które również negatywnie oddziałuje, konieczne jest odciążenie konstrukcji. Może się ono odbywać przez podparcie stropów, jeśli mamy do czynienia z przeciążeniem spowodowanym ciężarem własnym, np. nadbudową, kolejno po wykonanej naprawie konieczne będzie wzmocnienie ścian murowanych. Pierwszym krokiem w analizowanej modernizacji było usunięcie XX-wiecznych zapraw zewnętrznych i demontaż wnętrza. W ten sposób można było oszacować stan zachowania elementów konstrukcji nośnej. Stan belek oscylował od całkowicie zniszczonych do zachowanych w idealnym stanie. Konstrukcja została wykonana z drewna sosnowego, nieżywicowanego, regularnie usłojonego. Drewno zostało zaatakowane przez grzyby mające destrukcyjny wpływ na stan elementów. Ponadto wykryto obecność grzybów domowych w części wschodniej na podwalinach. Brak było śladów obecności owadów drewnożernych. Wskutek korozji biologicznej najbardziej ucierpiały podwalina na styku z podmurówką murowaną i słupy pionowe, obie pozycje w świetle pierwszej kondygnacji nadziemnej. Konserwator wyraził zgodę na całkowitą wymianę drewna konstrukcyjnego. Jednocześnie nakazał wyjątkową pieczołowitość wykonania dla elewacji zewnętrznego wystroju. Przed przystąpieniem do prac modernizacyjnych konstrukcja budynku została zabezpieczona poprzez zamontowanie ramy wsporczej, wykonanej jako konstrukcja stalowa wewnątrz budynku. W celu dokładnego sprawdzenia stanu technicznego elementów drewnianych konstrukcji nośnej zdemontowano i zmagazynowano wypełnienie z cegły. Ganek we frontowej części obiektu o konstrukcji drewnianej również wymagał podjęcia prac konserwatorskich. Zaobserwowano zniszczenia takie jak: pęknięcia, ubytki itp. oraz zmiany mykologiczne i siedliska owadów. Obecność wilgoci wpłynęła destrukcyjnie zwłaszcza na elementy pionowe (słupy), co skutkowało osiadaniem konstrukcji i rozluźnieniem połączeń cieślińskich. Zauważono również ubytki w ażurowym detalu, w postaci części lub całych elementów. Ganek wielokrotnie przemalowywano przy użyciu farby olejnej i emulsyjnej. Po przeprowadzeniu inwentaryzacji w postaci rysunkowej

fotograficznej podjęto decyzję o pracach konserwatorskich i naprawczych, w których uwzględniono elementy wymagające wymiany bądź naprawy oraz wykonanie dezynfekcji oraz dezynsekcji. W miejscach brakujących części zdobień lub zniszczonych powinny być dokładnie odtworzone. Drobne uszkodzenia i ubytki należało naprawić dzięki zastosowaniu szpachlowania, flekowania i kitowania. Ponadto całą konstrukcję należało zaimpregnować. Przed ponownym montażem ganku konieczne było wykonanie napraw w obrębie fundamentu ganku. Po zamontowaniu ganku polecono odtworzyć jego zadaszenie. Na zakończenie pozostało odtworzenie pierwotnej kolorystki elewacji [2]. Elementy nośne poddano przeglądowi pod kątem ewentualnych napraw bądź wymian, zaczynając od dolnych partii ścian. Dalej nastąpiło ponowne wyprofilowanie z przemurowaniem części ścian oraz wykonanie nadproży okien dla piwnicy. W celu uzyskania pierwotnego wymiaru belek stropowych elementy te zostały uniesione z wykorzystaniem podnośników mechanicznych. Elementy ściennie zostały zabezpieczone bakterioodporno i ppoż. Ponownie wypełniono ściany oczyszczoną i zabezpieczoną chemicznie cegłą. Otynkowano i pomalowano elewacje zgodnie z wytycznymi miejskiego konserwatora zabytków. Na zakończenie odtworzono oryginalną stolarkę okienną, znajdującą się od frontowej strony i wykonano nową od strony podwórza. Ganek został objęty oddzielnym opracowaniem. Został w całości zdemontowany i przewieziony do pracowni w celu oczyszczenia. Po oględzinach elementów podzielono je w zależności od stopnia zniszczenia na takie, które należało wymienić w całości i zdadne do ponownego użytku lub drobnej naprawy. Nowy ganek został zamontowany na nowym cokole. Całkowitej wymianie podlegały schody i zadaszenie ze względu na bezpieczeństwo użytkownika. Na koniec wszystko zostało pomalowane i polakierowane [6].

### 3. Docieplenie budynków zabytkowych

Docieplanie budynków od wewnątrz jest kompromisem pomiędzy zachowaniem dziedzictwa historycznego a zapewnieniem prawidłowej termoizolacji. Dotyczy to różnych obiektów – szczególnie takich, w których obecna funkcja użytkowa różni się od pierwotnej. W nowoczesnym

**Rys. 3.** Rozkład temperatury w przegrodzie: bez docieplenia (1), docieplenie od strony zewnętrznej (2), docieplenie od strony wewnętrznej (3) [3]



budownictwie również znajduje swoje zastosowanie. Wszystko to dzięki rozwojowi technologii metod docieplania i zabezpieczania budynków przed wilgocią. O trwałości izolacji wewnętrznej decyduje prawidłowe zabezpieczenie budynku przed wilgocią i zapewnienie wymiany powietrza.

Na etapie projektowania należy wziąć pod uwagę kilka czynników. Wśród nich oczywiste jest zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną modernizowanego budynku. Innym istotnym aspektem jest oddziaływanie użytych materiałów na człowieka oraz ryzyko wystąpienia zagrożeń mykologicznych. W prawidłowo zaprojektowanej przegrodzie opór cieplny wzrasta w kierunku zewnętrznym przy jednoczesnym obniżaniu się oporu dyfuzyjnego, w wyniku czego projektowana przegroda nie będzie narażona na zawilgocenie. Rozkład temperatury jest zależny od tego, z której strony zastosujemy izolację. Rozkład temperatur w przegrodzie z cegły pełnej o grubości 25 cm dla różnych wariantów izolacji przedstawiono na rysunku 3.

Dzięki materiałom dostępnym na rynku izolowanie przegród od wewnątrz daje rezultaty zbliżone jak przy zastosowaniu izolacji zewnętrznej. Wśród zalet można wymienić zmniejszenie ilości energii cieplnej potrzebnej do ogrzania budynku, równomierne straty ciepła w wydzielonych lokalach, zmniejszenie lub eliminację zmian mykologicznych oraz kondensacji pary wodnej, łatwość wykonania i niezależność od warunków atmosferycznych, niższe koszty wykonania, szybsze nagrzewanie pomieszczeń, możliwość pracy etapowej. Wadami docieplenia od wewnątrz są: zmniejszenie powierzchni użytkowej pomieszczeń, dłuższy proces wysychania wody opadowej w ścianach zewnętrznych, całodobowe ogrzewanie, trudność wykonania prac w lokalach zamieszkałych.

Podczas wyboru odpowiedniego materiału termoizolacyjnego należy zwrócić uwagę na spełnienie wymagań odnośnie współczynnika przenikania ciepła, współczynnika temperaturowego oraz wskaźnika  $EP$  przy zmienności warunków atmosferycznych. Poza wyżej wymienionymi czynnikami warto uwzględnić możliwość uszkodzenia w trakcie eksploatacji. Należy pamiętać o stosowaniu certyfikowanych materiałów [3].

#### 4. Analiza obliczeń cieplno-wilgotnościowych

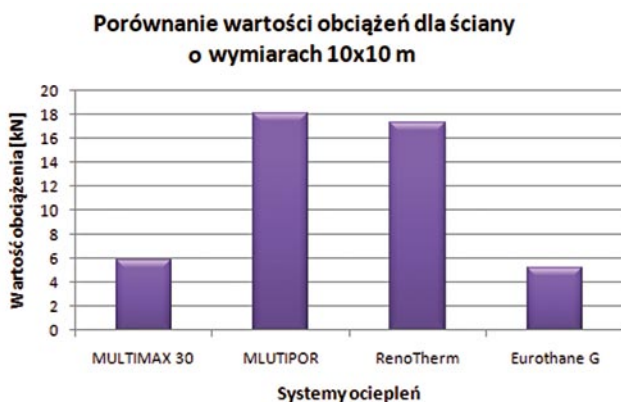
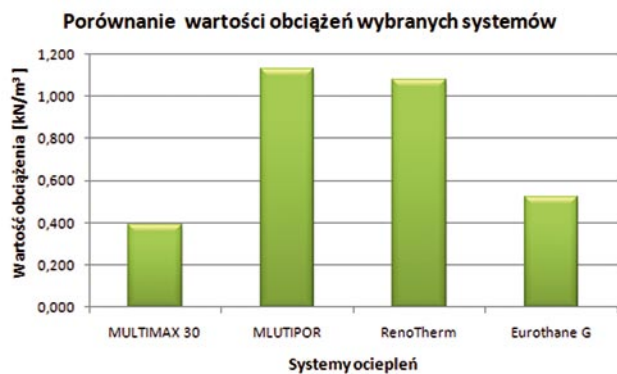
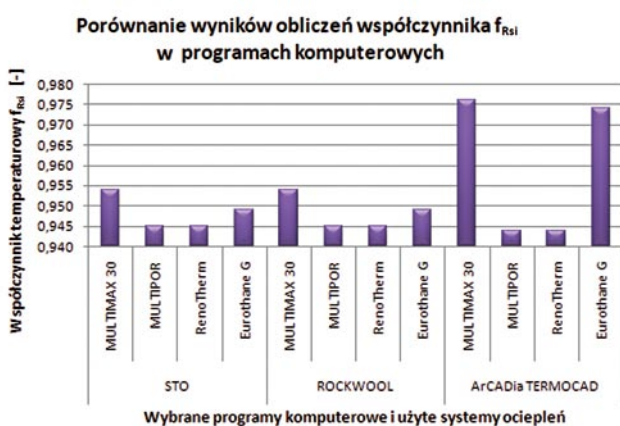
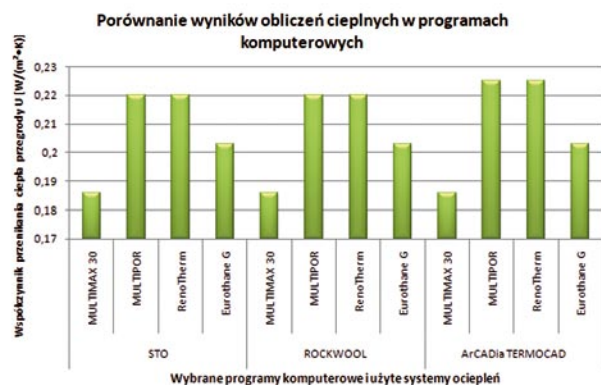
W przypadku zabytków wszelkie renowacje budynku przeprowadza się w oparciu o wytyczne konserwatorskie. Termoizolacja w takich obiektach jest realizowana przeważnie od wewnątrz z uwagi na zachowanie pierwotnych walorów estetycznych. Stosując systemy dyfuzyjnie otwarte, nie ma konieczności instalacji wentylacji mechanicznej w docieplanych pomieszczeniach. Natomiast w przypadku systemów dyfuzyjnie zamkniętych jest to warunek konieczny, aby wilgoć mogła być odprowadzana z przegrody. Analizując wyniki obliczeń termowilgotnościowych dla wszystkich systemów, należy zaznaczyć, że warto wyposażyć pomieszczenia docieplane od wewnątrz w wentylację mechaniczną zarówno dla systemów dyfuzyjnie otwartych, jak i zamkniętych. Zjawisko przepływu ciepła pary wodnej i wody kapilarnej można opisać za pomocą parametrów, takich jak:

- opór cieplny wewnętrznej warstwy docieplenia  $R_{Tinsul}$
- opór dyfuzyjny  $\mu$ ,
- kąt zwilżania materiału przez wodę  $\gamma$  (gdy jest on równy  $0^\circ$  – zwilżenie bardzo dobre; gdy jest równy  $90^\circ$  – zwilżenie nie występuje) [3].

Nowoczesne metody ocieplenia ścian od wewnątrz generalnie muszą zmierzyć się z dwoma wyzwaniem: zmniejszeniem współczynnika  $U$  (co jest stosunkowo prostym zabiegiem), przy jednoczesnym niedopuszczeniu do możliwości wykroplenia się wody z wewnątrz przegrody. Istniejące sposoby dociepleń ścian wewnętrznych możemy podzielić m.in.:

- ze względu na sposób pracy izolacji na:
  - docieplenie materiałem powodującym wzrost oporu cieplnego ściany,
  - zastosowanie materiału powodującego odbicie promieniowania cieplnego,
  - zastosowanie materiału powodującego obydwaj wyżej wymienione efekty;
- ze względu na wpływ na dyfuzję pary wodnej przez przegrodę na:
  - izolacje nie wpływające na dyfuzję pary wodnej przez przegrodę – paroprzepuszczalne,
  - izolacje znacząco ograniczające dyfuzję pary wodnej przez przegrodę – paroszczelne [7].

Wyniki analiz wybranych systemów przedstawiono graficznie.



## 5. Podsumowanie

W przypadku zabytków wszelkie renowacje budynku przeprowadza się w oparciu o wytyczne konserwatorskie. Poprawa parametrów termicznych przegród budowlanych w takich obiektach jest realizowana przeważnie od wewnątrz z uwagi na zachowanie pierwotnych walorów estetycznych. Na podstawie analiz przeprowadzonych w programach: STO, ROCKWOOL stwierdzono, że otrzymano zbliżone wyniki dla: współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę  $U$ , współczynnika temperaturowego  $f_{Rsi}$  oraz możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej badanych systemów dociepleń od wewnątrz. Największe różnice zaobserwowano w programie ArcADia TERMOCAD w stosunku do pozostałych, szczególnie w przypadku obliczeń dotyczących przegrody w systemie Eurothane G. Program ten jednak potrafi wskazać możliwość wystąpienia zmian mykologicznych w przegrodzie, czego brak w kalkulatorach STO i ROCKWOOL. Wszystkie programy wskazywały podobne okresy wystąpienia kondensacji pary wodnej, wskazując na okres późnej jesieni i zimy. Z punktu widzenia konstruktora samo docieplenie nie wpływa rażąco na wartość obciążenia całej konstrukcji. Systemy MULTIPOR i RenoTherm osiągają największe wartości obciążeń, mimo to ich wpływ na całkowite obciążenie muru wynosi zaledwie ok. 10%. Do obliczeń w projektach izolacji od wewnątrz wskazane jest użycie programu WUFI. Jednak wiele projektantów wykonuje obliczenia w innych programach rekomendowanych przez producentów materiałów termoizolacyjnych. Należy tu zaznaczyć, że biorąc pod uwagę wiek oraz stan techniczny budynków historycznych w celu wykonania termorenowacji od środka, konieczne jest każdorazowo wykonanie wnikliwej analizy w celu wybrania optymalnej metody termorenowacji. Modelowanie w programie WUFI wymaga szerokiej wiedzy budowlanej (brak jest wielu danych materiałowych w informacjach deklarowanych przez producentów) i jest czasochłonne, jednak otrzymane rezultaty są pomocne w tworzeniu zabezpieczeń budynków od wewnątrz [7].

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Brylewski G., Jeziorańska M., Analiza modernizacji budynku w konstrukcji muru pruskiego, praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Poznań, 2020, promotor: dr inż. B. Ksit
- [2] www.fotopoznan.blogspot.com (data dostępu: 15.11.2019 r.)
- [3] Wójcik R., Docieplenie budynków od wewnątrz, Medium Grupa, Warszawa, 2017
- [4] Kopkowicz F., Ciesielstwo Polskie, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2009
- [5] Karta ewidencyjna zabytku nieruchomego wpisanego do rejestru zabytków, nr ewidencyjny A465 – dla kamienicy znajdującej się pod adresem Dąbrowskiego 42 z dnia 2.06.2001
- [6] Dota W., Rewitalizacja kamienicy przy ulicy Dąbrowskiego 42 w Poznaniu Dokumentacja konserwatorska powykonalawca, Poznań, 2006–2008
- [7] Ksit B., Gaczek M., Analytical meanders of selected systems for thermorenovation of historical buildings E3S Web of Conferences 49, 00062 (2018) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184900062> Solina 2018