

Wyzwania związane z termomodernizacją budynków historycznych

Nie tylko czas jest główną przyczyną starzenia się obiektów historycznych, lecz także lekceważenie procesów fizykalnych zachodzących w ich przegrodach. Błędnie wykonana termomodernizacja zabytkowego budynku może nierzadko przyspieszyć jego degradację. Dlatego tak ważne jest wykonanie przed planowaną modernizacją analizy procesów wymiany ciepła oraz wilgoci zachodzących w docieplanej przegrodzie.

Rozkład temperatury oraz migracja wilgoci we wnętrzu przegród budowlanych są czynnikami decydującymi o ich przydatności eksploatacyjnej oraz trwałości. Wilgoć gromadząca się w porach materiałów budowlanych zmniejsza ich właściwości ciepłochronne i jednocześnie trwałość. Obowiązujące w wielu krajach przepisy wymagają całkowitego wyeliminowania prawdopodobieństwa wystąpienia kondensacji wilgoci na wewnętrznych powierzchniach takich przegród oraz zabezpieczenia pomieszczeń przed pojawieniem się i rozwojem szkodliwych dla zdrowia ludzkiego grzybów pleśniowych [6]. Nakazują również, aby w przegrodach budynków nie wystąpiło narastające w kolejnych latach eksploatacji zawilgocenie spowodowane wewnętrzną kondensacją pary wodnej.

Dosyć często praktykowane w ostatnim okresie technologie dociepleń ścian zewnętrznych od środka znacznie poprawiają ich parametry ciepłochronne i jednocześnie polepszają mikroklimat pomieszczeń. Jednak nieumiejętne stosowanie może wręcz doprowadzić do odwrotnych skutków niż oczekiwane, z dużym prawdopodobieństwem uszkodzenia wbudowanych w przegrody materiałów o niskiej odporności na korozję biologiczną. Powyższe problemy dotyczą zarówno budynków nowo wznoszonych, jak i wybudowanych w starszych technologiach, lecz szczególnie będą one dotyczyć cennych obiektów historycznych. W artykule przedstawimy wyzwania związane z termomodernizacją budynków zabytkowych na przykładzie dwóch realizacji, dla których zastosowano nowoczesne techniki dociepleń.

Przebieg procesów fizykalnych w zewnętrznych przegrodach budynków poddawanych termomodernizacji – analiza przypadku

Obiekty zabytkowe powinny jak najdłużej zachowywać swój autentyczny charakter. Dotyczy to szczególnie ich wartościowych

elewacji frontowych [2]. Często zdarza się, że są one poddawane termomodernizacji wyłącznie ze względów użytkowych – w celu ich adaptacji do innej funkcji niż pełniły pierwotnie. Taka zmiana sposobu użytkowania wiąże się z dodatkowym oddziaływaniem na ich przegrody temperatury i wilgoci wytwarzanej we wnętrzu obiektów. W celu ograniczenia strat ciepła właściciele takich budynków stosują mieszane techniki dociepleń, pomimo tego że przepisy z zakresu energooszczędności jeszcze tego nie wymagają w stosunku do obiektów zabytkowych. Praktycznie niedopuszczalna jest termomodernizacja od zewnątrz cennych fasad frontowych podlegających ochronie konserwatorskiej [2], stąd nie poprawia się ich parametrów cieplnych lub izoluje jedną z technik dociepleń wewnętrznych. Pozostałe elewacje, nieprzedstawiające większej wartości historycznej, ociepla się zazwyczaj tradycyjnie, od zewnątrz. Problematyczne wówczas stają się naroża takich budynków – miejsce styku dwóch różnych technologii dociepleń.

Każda termomodernizacja budynku wymaga przeprowadzenia analiz ciepłno-wilgotnościowych przegród budynków w nowych warunkach eksploatacji. Ma to szczególne znaczenie w obiektach historycznych i zabytkowych [1][3]. Ograniczenie strat ciepła i jednoczesna eliminacja mostków cieplnych jest bardzo ważnym elementem w procesie eksploatacji budynków, lecz nie może to odbywać się „za wszelką cenę” lub w nieświadomości.

Ocieplanie przegród od środka może poprawić mikroklimat pomieszczeń, lecz nie zawsze okaże się to dla nich korzystne [4]. Pierwotne warstwy przegród, będąc w stanie intensywnego zawilgocenia, mogą w okresach zimowych znaleźć się w całości w strefie oddziaływania ujemnych temperatur przy jednoczesnym nawet 20-krotnym obniżeniu ich zdolności do akumulowania i oddawania ciepła. Obniżenie poziomu bezwładności cieplnej może doprowadzić do zaburzenia gospodarki cieplnej wewnątrz pomieszczeń, gdzie

jedna ze ścian będzie izolowana od wewnątrz, a pozostałe od zewnątrz. Pojawia się tu jeszcze problem wystąpienia liniowych mostków cieplnych na styku ściany ocieplonej „od wewnątrz” ze ścianami poprzecznymi, np. działowymi.

W dalszej części artykułu poddano analizie budynek w Opolu wybudowany w 1830 r., który został poddany ponownej termomodernizacji (Fot. 1).

Przegrody tego obiektu zostały w 1998 roku docieplone od wewnątrz warstwą wełny mineralnej grubości 6 cm i wykończone płytami gipsowymi grub. 9,5 mm. Termoizolacja była utrzymywana w pionie za pomocą drewnianych łat i folii (Fot. 2). Drewniane łaty o rozstawie 60 cm utworzyły gęstą sieć liniowych mostków cieplnych o współczynniku przewodzenia ciepła λ ok. 4-krotnie wyższym w stosunku do podstawowej warstwy ocieplenia, jaką stanowiły płyty wełny mineralnej.

W 2018 roku budynek poddano rewitalizacji i modernizacji połączonej z termomodernizacją, w ramach której wymieniono również istniejącą wewnętrzną izolację cieplną. Pierwszą czynnością było odsłonięcie istniejących warstw ocieplenia poprzez zdemontowanie gipsowych okładzin (suchy tynk) i folii, która je chroniła przed wilgocią pochodzącą z powietrza wewnętrznego (Fot. 2). Usunięcie okładzin uwidocznilo liczne ogniska zagrzybień w kolorze ciemnobrunatnym i czarnym. Grzyby znalazły tu wilgotne środowisko sprzyjające ich rozwojowi (Fot. 2). Warstwa ocieplająca, którą była tu higroskopijna i nasiąkliwa wełna mineralna, trwale gromadziła w swej strukturze niezwiązaną chemicznie wodę. Przyczyniło się to do rozwoju korozji biologicznej, która na przestrzeni 20 lat eksploatacji nie zdążyła wyrządzić większych szkód prawie 190-letnim murom budynku. Jednak ze względu na stopień zawilgocenia termoizolacja nie mogła stanowić penowartościowej warstwy ciepłochronnej.

Do poprawienia termoizolacyjności ścian zewnętrznych zastosowano technologię firmy Xella Polska polegającą na dociepleniu ich od wewnątrz. Podstawową warstwę ocieplającą stanowiły mineralne płyty izolacyjne Multipor o grubości 10 cm i gęstości 115 kg/m^3 , współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,043 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, współczynniku oporu dyfuzyjnego $\mu = 3$ i sorpcji ≤ 6 (Fot. 3). Zastosowany materiał jest odporny na ogień oraz korozję biologiczną, a także nie wymaga stosowania dodatkowej konstrukcji mocującej. Płyty te ściśle dopasowano do siebie i zamocowano do ścian za pomocą zaprawy lekkiej Multipor, co utworzyło jednorodną strukturę

Fot. 3. Nowa warstwa ocieplenia wewnętrznego wykonana z płyt Multipor o grubości 10 cm



Fot. 1. Widok zabytkowego budynku galerii sztuki w Opolu. Elewacja południowa

docieplenia i pozwoliło na wyeliminowanie mostków cieplnych.

Przed montażem nowej izolacji przeprowadzono zaawansowane obliczenia cieplne i wilgotnościowe, które potwierdziły możliwość zastosowania technologii Multipor bez szkody dla budynku i jego przegród. Właściciel budynku wymagał utrzymywania w pomieszczeniach stałej temperatury $t_i = 18^\circ\text{C}$ oraz wilgotności powietrza wewnętrznego $\phi \approx 45\%$ (Fot. 4d).

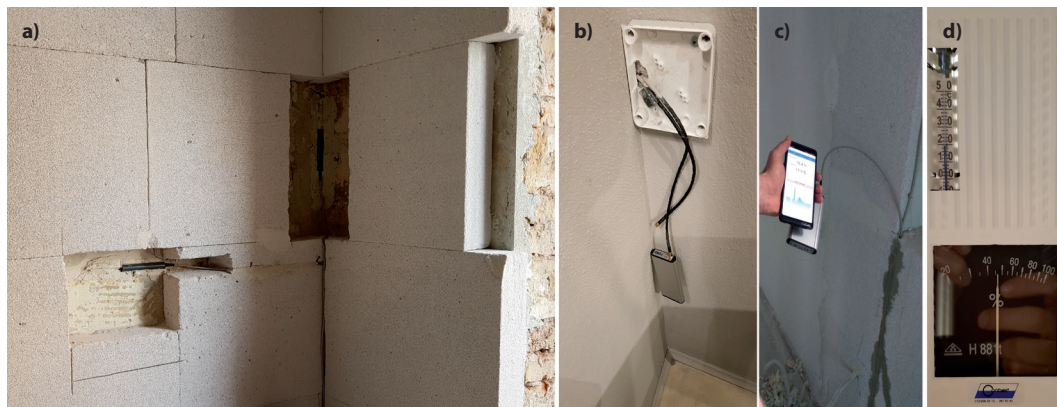
Jeszcze przed montażem płyt Multipor w warstwę zaprawy pomiędzy płytami mineralnymi a podłożem ceglany wprowadzono cztery sondy kontrolne (Fot. 4a,b) monitorujące poziom zawilgocenia tej warstwy oraz jej temperaturę. Lokalizację sond pokazano na Rys. 1.

Poniżej zamieszczono wyniki badań przeprowadzonych w okresie od maja 2018 r. do marca 2019 r. (Fot. 4c i Rys. 2). Wyniki

Fot. 2. Demontaż 20-letniego ocieplenia (2018 r.)



Fot. 4. Monitoring temperatury i wilgoci w warstwie klejowej: a) lokalizacja sond w płn.-zach. narożniku budynku, b) urządzenie pomiarowe, c) odczyt wyników pomiaru, d) wymagane i utrzymywane warunki klimatu wewnętrznego



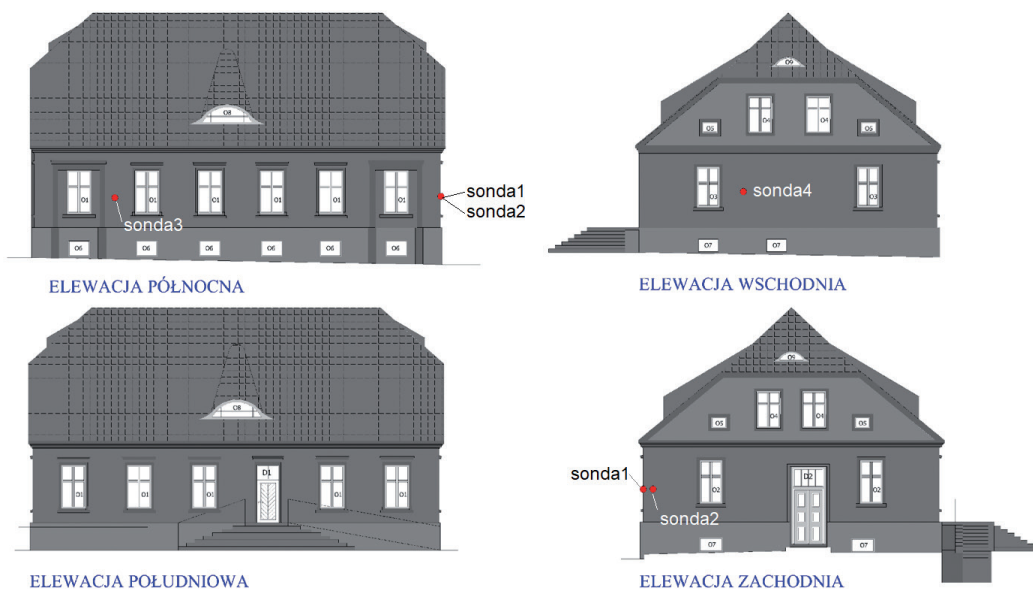
obserwacji wstępnie potwierdziły prawidłowość doboru nowej termoizolacji, pokazując wysychanie warstwy ocieplenia Multipor w fazie początkowej (w okresie od maja do czerwca 2018 r.), zawierającą jeszcze wilgoć technologiczną. W październiku 2018 r. nastąpił wzrost poziomu zawilgocenia spowodowany kondensacją międzywarstwową i utrzymywał się do marca 2019 r.

Na jednej ze ścian wyniki pomiarów znacznie różniły się od odczytów z sond umieszczonych na trzech pozostałych przegrodach. Wykonawca robót w tym przypadku nie zastosował się do założeń i wymagań projektowych, które narzucały użycie wyłącznie materiałów przypisanych do danej technologii. Jedną ze ścian ocieplono, używając do przyklejenia płyt mineralnych Multipor niesystemowej zaprawy, używanej do tradycyjnych, zewnętrznych robót dociepleniowych przy użyciu styropianu. Charakteryzuje się ona znacznie wyższym oporem dyfuzyjnym i wyższym współczynnikiem przewodzenia ciepła λ . Na Rys. 2 oznaczono ją kolorem brązowym. Wykres rozkładu wilgoci w ścianach wyraźnie pokazuje, że zawartość wody w tej warstwie jest o 50% wyższa w stosunku do właściwej zaprawy lekkiej Multipor, użytej na pozostałych ścianach.

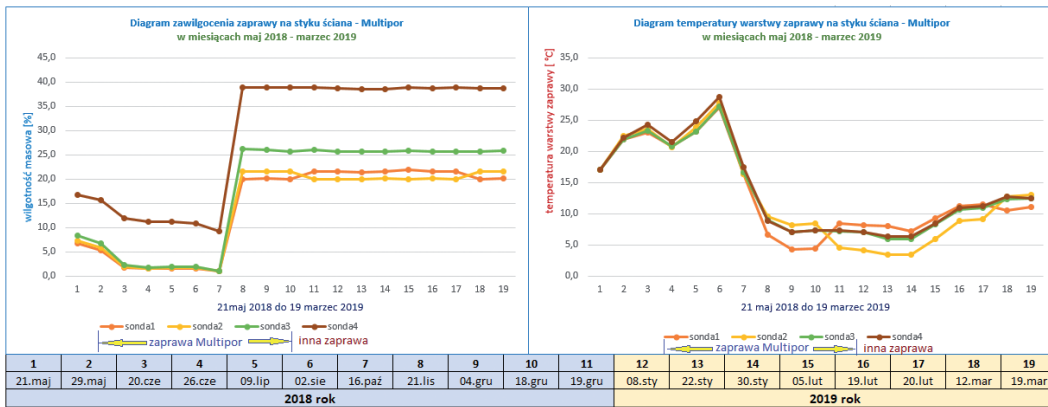
Wskazania temperatury we wszystkich badanych miejscach były zbliżone (Rys. 2).

Monitoring tych dwóch parametrów, wilgoci i temperatury, jest kontynuowany, co pozwoli na wypracowanie wniosków dotyczących skuteczności lub szkodliwości wykonywania dociepleń przegród m.in. obiektów zabytkowych od wewnątrz. Przy każdej termomodernizacji powinno się uwzględniać obecne przeznaczenie tych obiektów w porównaniu do pierwotnego, a tym samym wynikającą z tego różnicę w warunkach eksploatacji. Niejednokrotnie będą to dla tych obiektów warunki znacznie gorsze od pierwotnych, ze znacznie wyższym obciążeniem klimatem wewnętrznym, temperaturą i parą wodną.

Zdjęcia termowizyjne wykonane w okresie niskich temperatur otoczenia (ok. -10°C) wykazały ciągłość i skuteczność nowej termoizolacji w porównaniu z okresem przed modernizacją obiektu (Fot. 5). W miejscach wbudowanych konstrukcji betonowych (koniec ubiegłego wieku), charakteryzujących się wysokim współczynnikiem przewodzenia ciepła λ , utworzyły się liniowe mostki cieplne (Fot. 5c). Ich likwidacja byłaby możliwa poprzez obwodowe docieplenie o długości ustalonej na podstawie wyników obliczeń cieplnych.



Rys. 1. Lokalizacja sond pomiarowych pokazana od strony elewacji budynku



Rys. 2. Wyniki pomiarów wilgoci i temperatury w warstwie klejowej, w okresie od maja 2018 do marca 2019 r.

Podsumowanie

Bardzo istotnym problemem zewnętrznych przegród budowlanych jest gromadząca się w nich wilgoć, będąca wynikiem kondensacji pary wodnej, sorpcji, opadów atmosferycznych, podciągania kapilarnego itp. Stosowanie ocieplenia po wewnętrznych stronach przegród budowlanych lub w układach mieszanych będzie wiązało się z ryzykiem oddziaływania niskich temperatur w całości ich pierwotnych przekrojach, aż do miejsc lokalizacji termoizolacji. O ile po pewnym czasie (może to być proces wieloletni) wzrost wilgoci w przegrodzie zostanie zahamowany i ustabilizuje się na stałym poziomie, będziemy mogli powiedzieć o właściwie dobranej metodzie oraz materiałach. W innym przypadku taki stan może doprowadzić do ich pełnej degradacji. Dobrze zaprojektowana przegroda może gromadzić w sobie pewną ilość wilgoci, lecz powinna charakteryzować się zdolnością pozbywania się jej nadmiaru w miesiącach umożliwiających jej wyparowywanie, tj. od kwietnia do września. W obiektach historycznych i zabytkowych jest to szczególnie ważne ze względu na ich unikalność i stale malejącą liczbę.

Niniejszy artykuł nawiązuje do bardzo często niezauważanych i pomijanych aspektów związanych z eksploatacją ogrzewanych obiektów budowlanych po przeprowadzeniu ich termomodernizacji oraz porównywania skutków tych zabiegów w stosunku do ich stanu wyjściowego. Dotyczy to procesów wymiany ciepła oraz wilgoci w zewnętrznych przegrodach, szczególnie tych, w których wbudowane zostały materiały budowlane podatne na korozję biologiczną (cegła, drewno) [1][6]. Procesy te mogą zostać zintensyfikowane poprzez niewłaściwe

zaprojektowanie i wykonanie prac mających na celu poprawę ich walorów użytkowych, w tym wewnętrznego mikroklimatu.

To nie „czas” jest przyczyną starzenia się obiektów budowlanych, lecz lekceważenie procesów fizykalnych zachodzących w ich przegrodach, błędnie podejmowane decyzje przez osoby odpowiedzialne za te obiekty lub całkowity ich brak.

dr hab. inż. Dariusz Bajno

prof. nadzw. UTP Zakład Mechaniki i Konstrukcji Budowli, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Bibliografia

- [1] Bajno D., Bednarz Ł., *Analiza skuteczności docieplenia ścian zewnętrznych od środka*, Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa, Praca zbiorowa pod redakcją Wojciecha Skowrońskiego, Wrocław 2014 r., s. 5–13.
- [2] Bajno D., *Rewitalizacja konstrukcji budowlanych w obiektach zabytkowych*, UT-P Bydgoszcz 2013 r.
- [3] Bajno D., *Termomodernizacja budynku o ozdobnych, ceglanych elewacjach*, „Renowacje i Zabytki” 2/2015, str. 162–166.
- [4] Bajno D., *Wybrane aspekty cieplno-wilgotnościowe związane z dostosowywaniem budynków zabytkowych do eksploatacji w nowych warunkach*, 61 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Łąkowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB „Bydgoszcz – Krynica” 20–25 września 2015 r.
- [5] Krajewski A., Witomski P., *Ochrona drewna, surowca i materiału*, SGGW, Warszawa 2005.
- [6] Rozporządzenie Ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. (z późn. zm.) w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Fot. 5. Obraz termowizyjny płn.-wsch. narożnika budynku: a) przed wymianą termoizolacji, b) po przeprowadzeniu termomodernizacji – zachowana ciągłość ocieplenia Multipor, c) liniowy (obwodowy) mostek cieplny w miejscu oparcia żelbetowego podciągu

