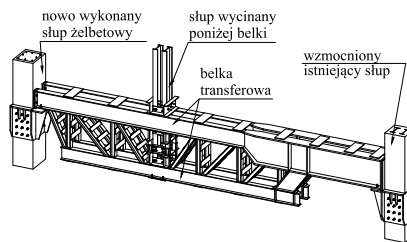


**Fot. 2. Stężenia słupów w miejscach rozbiórki stropów**  
*Photo 2. Bracings of posts where was demolished floor slab*

niejące). Prace rozpoczynano od wykonania konstrukcji transferowej (fotografia 3, rysunek 6) pod stropem nad kondygnacją 5. Następnie w obrębie konstrukcji transferowej zastosowano dodatkowe gałęzie stalowe i umieszczając między nimi podnośnik hydrauliczny, wycięto fragment oryginalnego słupa. Wykonano połączenia śrubowe słupa z belką transferową i rozpoczęto przekazywanie obciążenia na konstrukcję transferową oraz słupy, stopniowo opuszczając podnośnik. Opuszczanie podnośników prowadzono pod ciągłym monitoringiem geodezyjnym



**Fot. 3. Konstrukcja transferowa: rama portalowa**  
*Photo 3. Transfer structure: portal frame*



**Rys. 6. Konstrukcja transferowa – belka portalowa**  
*Fig. 6. Transfer structure – portal beam*

(odkształcenia konstrukcji względem reperów na słupach). Po całkowitym przekazaniu obciążenia na element transferowy wycinano pozostałą część słupa – sukcesywnie od góry aż do fundamentu. W miejscach, w których usuwano słup, wykonywano dodatkowe belki stalowe mocowane do sąsiednich słupów.

### Podsumowanie

Przedstawiony w artykule przypadek potwierdza trudną specyfikę prac związanych z przebudową obiektów zabytkowych, ich częściową rozbiórką, modernizacją, czy rozbudową. Kolejność prowadzenia prac jest ściśle związana z zapewnieniem stateczności obiektu oraz bezpieczeństwem osób pracujących. W trakcie robót budowlanych ciągle mamy do czynienia z dynamiczną zmianą sytuacji, nowymi warunkami związanymi ze stanem technicznym odkrywanych elementów konstrukcyjnych. Sprawne podejmowanie decyzji wymaga bardzo dużego doświadczenia zawodowego przez osoby nadzorujące prace oraz projektantów konstrukcji.

*Wszystkie fotografie – J. Dudkiewicz  
 Przyjęto do druku: 02.09.2015 r.*

*mgr inż. Monika Dybowska-Józefiak<sup>1)\*</sup>  
 dr inż. Krzysztof Pawłowski<sup>1)</sup>*

# Renowacja ścian zewnętrznych budynków ocieplonych od wewnątrz – wybrane aspekty fizyczne

## *Renovation of the exterior walls of buildings insulated on the inside – some aspects physical*

DOI: 10.15199/33.2015.11.41

(Oryginalny artykuł naukowy)

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono analizę parametrów fizycznych złączy przegród zewnętrznych poddanych renowacji z zastosowaniem ocieplenia od wewnątrz. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz sformułowano wytyczne dotyczące konstruowania struktury materiałowej złączy przegród zewnętrznych ocieplonych od wewnątrz z uwzględnieniem wymagań cieplno-wilgotnościowych wg Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z 2013 r. [1].

**Słowa kluczowe:** materiały izolacyjne, ocieplenie od wewnątrz, opór cieplny komponentu.

**Abstract.** The article presents an analysis of physical parameters of connectors envelope undergoing renovation with the use of warming from the inside. On the basis of calculations and analyzes formulated guidelines for constructing the structure of the material connectors insulated building envelope from inside, taking into account temperature and humidity requirements according to WT – 2013.

**Keywords:** insulation materials, insulation from the inside, thermal resistance component.

Kolejność położenia poszczególnych warstw nie ma wpływu na izolacyjność termiczną przegrody, gdyż wynika ona jedy-

nie z sumy oporów cieplnych użytych materiałów. O ile jest to możliwe, izolację termiczną wykonuje się po stronie zewnętrznej przegrody. Istnieje jednak grupa budynków, które z różnych względów i warunkowań nie mogą lub nie powinny być ocieplone od zewnątrz. Możemy do nich zaliczyć następujące obiekty:

- **zabytkowe**, a więc wpisane do rejestru zabytków lub objęte ochroną konserwatorską;

- **o wartości architektonicznej**, mające ciekawy charakter elewacji lub oryginalny wygląd;

- **o ograniczonym prawie własności**, np. w przypadku gdy część ścian zewnętrz-

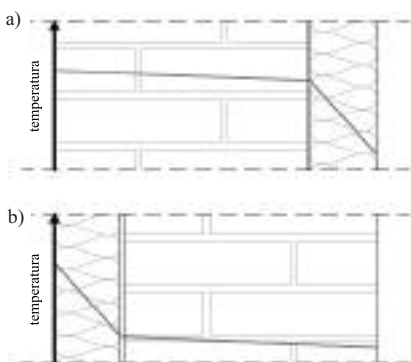
<sup>1)</sup> Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

<sup>\*</sup> Autor do korespondencji:  
 e-mail: monikadybowska@op.pl

nych znajduje się dokładnie na granicy działki;

• **użytkowane czasowo**, ogrzewanie czasowe w nieregularnych okresach.

Jako rozwiązanie alternatywne poprawy stanu ochrony cieplnej ścian zewnętrznych w tego rodzaju obiektach pozostaje wykonanie izolacji cieplnej od strony wewnętrznej. Wiąże się ono jednak ze zjawiskiem wnikania pary wodnej w strukturę przegrody i jej kondensacji. Na skutek niskiej temperatury otoczenia spada znacznie temperatura wewnątrz przegrody, powodując kondensację na styku warstwy konstrukcyjnej i izolacji cieplnej (rysunek 1).



Rys. 1. Rozkład temperatury w przegrodzie z izolacją termiczną: a) po stronie zewnętrznej; b) po stronie wewnętrznej

[Opracowanie – Autorzy]

Fig. 1. Temperature distribution in the thermally insulated partition: a) on the outside; b) the inner side

## Ochrona cieplna i metody obliczeń

Zgodnie z warunkami technicznymi budynku i jego instalacje powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby charakteryzowały się odpowiednią wartością współczynnika przenikania ciepła U lub wskaźnika EP [1]. W przypadku budynków przebudowywanych, rozporządzenie dopuszcza zwiększenie wartości granicznych o nie więcej niż 15% w porównaniu z budynkiem nowym.

Z punktu widzenia ochrony cieplnej budynków kolejność warstw w przegrodzie nie ma znaczenia – wynika to z metodologii obliczania współczynnika przenikania ciepła U przegród, określonej w normie PN-EN ISO 6946 [2]. Materiały izolacyjne charakteryzują się dobrą izolacyjnością termiczną oraz bardzo małą gęstością. Te właściwości powodują, że warstwa ocieplenia po zewnętrznej stronie zdecydowanie spowalnia proces nagrzewania lub oziębiania muru oraz przyczynia się do akumulacji w nim

większej ilości ciepła pochodzącego z wnętrza budynku. Warstwa izolacji termicznej po wewnętrznej stronie przegrody oddziela konstrukcję muru od ciepła znajdującego się w pomieszczeniach. Ogranicza to ilość zakumulowanego ciepła, która będzie oddawana z powrotem do wnętrza budynku. Zaletą ocieplenia od wewnątrz jest jednak zmniejszenie ilości energii koniecznej do ogrzania pomieszczeń do żądanej temperatury oraz skrócenie czasu nagrzewania.

Metody szacunkowe bazują na metodzie Glasera przedstawionej w normie PN-EN ISO 13788:2003 [3], która budzi wiele wątpliwości dotyczących jakości uzyskiwanych wyników obliczeń i sposobu ich interpretacji (rysunek 2). Metody symulacyjne wykorzystują zaawansowane programy komputerowe do symulacji zjawisk cieplno-wilgotnościowych.

## Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe

W przypadku ocieplenia ścian od strony wewnętrznej mamy do wyboru ocieplenia:

- zapobiegające wystąpieniu kondensacji;
- minimalizujące wystąpienie kondensacji;
- dopuszczające wystąpienie kondensacji z udowodnieniem, że powstający w niekorzystnym okresie kondensat odparuje w ciągu roku obliczeniowego.

W teorii pierwsze rozwiązanie blokuje dostęp pary wodnej i nie dopuszcza do jej wykroplenia wewnątrz przegrody na styku izolacji i muru. Jest to korzystne, ponieważ z definicji eliminuje się ryzyko długotrwałego zalegania wilgoci pochodzącej z kondensacji pary wodnej w przegrodzie. Do rozwiązań tego typu należy

### Metoda Glasera

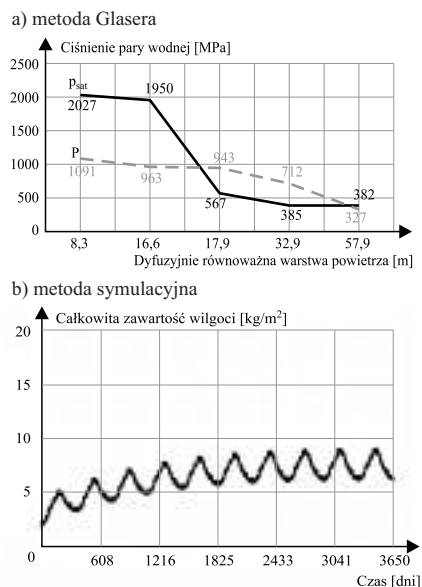
|        |   |
|--------|---|
| Zalety | <ul style="list-style-type: none"> <li>• prosta metodologia;</li> <li>• możliwość wykonania obliczeń we własnym zakresie;</li> <li>• małe wymagania odnośnie do danych wejściowych (klimat zewnętrznych właściwości materiałów).</li> </ul>   |
| Wady   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• możliwość jedynie oszacowania zachowania się przegrody;</li> <li>• analiza tylko w krótkim okresie użytkowania;</li> <li>• nie obejmuje wielu zjawisk fizycznych zachodzących w przegrodzie;</li> <li>• klasyfikacja wilgotności oparta na danych z krajów Europy Zachodniej.</li> </ul> |
| Wyniki | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ocena jakościowa przegrody;</li> <li>• miesięczny rozkład wilgotności w okresie 1 roku.</li> </ul>   |

Rys. 2. Metody oceny kondensacji wewnątrzwarstwowej

Fig. 2. Assessment methods condensation intralaininar

[Opracowanie – Autorzy]

popularne ocieplenie wełną mineralną z warstwą folii paroszczelnej. Tego typu ocieplenie wymaga jednak precyzyjnego montażu oraz może okazać się nietrwałe ze względu na nieuszczelnienie powłoki paroszczelnej. Przykład obliczeń przyrostu zawilgocenia ściany ceglanej grubości 38 cm ocieplonej od wewnątrz wełną mineralną grubości 10 cm bez paroizolacji pokazano na rysunku 3. Obliczenia własne wykonane w warunkach stycznia w programie WUFI-PRO 5.0 potwierdzają zalecenia literaturowe dotyczące większości przypadków zastosowania termoizolacji od wewnątrz.



Rys. 3. Przykład ściany ceglanej docieplonej od strony wewnętrznej: a) rozkład ciśnienia rzeczywistego pary wodnej i pary nasyconej w przegrodzie; b) przyrost zawilgocenia

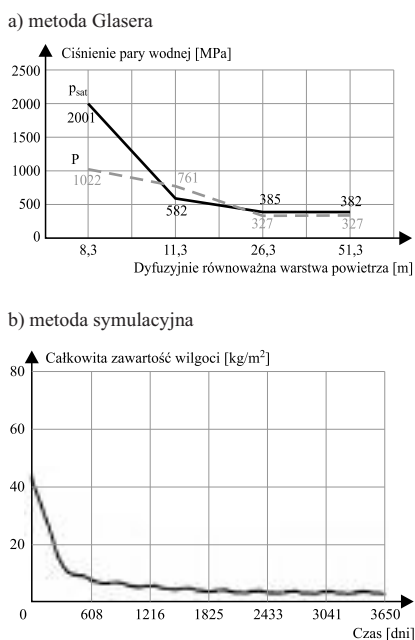
[Opracowanie – Autorzy]

Fig. 3. An example of a brick wall, insulated from the inside: a) the distribution of the actual pressure of water vapor and the saturated vapor penetration; b) increase in moisture

### Metody symulacyjne

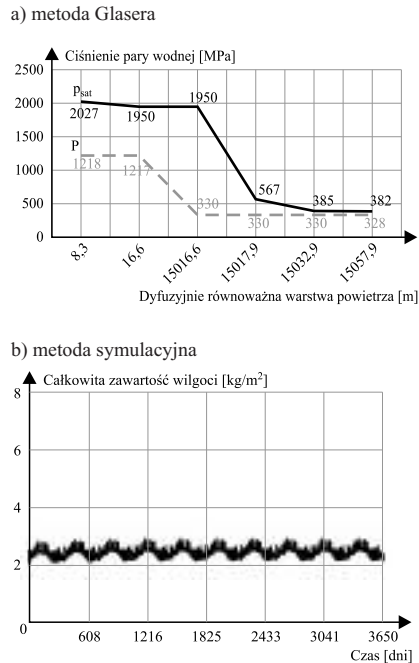
|        |  |
|--------|--|
| Zalety | <ul style="list-style-type: none"> <li>• analiza niestacjonarna;</li> <li>• godzinowy krok czasowy;</li> <li>• uwzględnienie dodatkowych czynników (opady, promieniowanie słoneczne, wiatr, ustawienie względem słońca);</li> <li>• precyzyjne odwzorowanie właściwości materiałów;</li> <li>• możliwość analizy dla kilkunastu lat.</li> </ul>                  |
| Wady   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• skomplikowany proces analizy;</li> <li>• konieczność posiadania niezbędnych danych wejściowych;</li> <li>• wysoka cena;</li> <li>• brak przygotowania merytorycznego projektantów;</li> <li>• bariera językowa;</li> <li>• bazy danych klimatycznych i materiałowych dla krajów, w których zostały wykonane.</li> </ul> |
| Wyniki | <ul style="list-style-type: none"> <li>• rozkład wilgotności przegrody w długim okresie obliczeniowym;</li> <li>• ilość pary wodnej wykrapającej się wewnątrz przegrody w jednym roku obliczeniowym;</li> <li>• ryzyko rozwoju pleśni na powierzchni wewnętrznej;</li> <li>• ocena sprawności systemu wentylacji (pod kątem kondensacji pary wodnej).</li> </ul> |

Drugim typem ocieplenia są systemy otwarte dyfuzyjnie, które z założenia dopuszczają kondensację pary wodnej wewnątrz przegrody. Warunkiem ich poprawnego działania jest jednak utrzymanie odpowiedniego klimatu wewnątrz pomieszczeń, przede wszystkim wilgotności powietrza. Duże znaczenie ma w tym przypadku system wentylacji, który pośrednio wpływa na zawartość wilgoci wykrapalającej się w przegrodzie (rysunek 4). Materiałami stanowiącymi podstawę tego typu ociepleń są silikatowe płyty, tzw. klimatyczne, oraz mineralne płyty izolacyjne na bazie lekkiej odmiany betonu komórkowego [4] – rysunek 4. Oba materiały, obok dużej paroprzepuszczalności, charakteryzują się również zdolnością do podciągania kapilarnego wody. W przypadku występowania zawilgocecia przegrody na styku izolacji i muru materiały te odciągają wilgoć w kierunku powierzchni wewnętrznej, chroniąc przed punktowym narastaniem zawilgocecia (rysunek 5). Zasada pracy tego typu ociepleń polega na sezonowym pochłanianiu i oddawaniu pary wodnej z i do pomieszczenia.



**Rys. 4. Przykład ściany ceglanej docieplonej od strony wewnętrznej płytą Multipor: a) rozkład ciśnienia rzeczywistego pary wodnej i pary nasyconej w przegrodzie; b) przyrost zawilgocecia**

[Opracowanie – Autorzy]  
 Fig. 4. An example of a brick wall, insulated from the inside plate Multipor: a) the actual pressure distribution of steam and saturated steam in a partition; b) increase in moisture



**Rys. 5. Przykład ściany ceglanej docieplonej od strony wewnętrznej z paroizolacją  $s_d = 1500$  m: a) rozkład ciśnienia rzeczywistego pary wodnej i pary nasyconej w przegrodzie; b) przyrost zawilgocecia**

[Opracowanie – Autorzy]  
 Fig. 5. An example of a brick wall, insulated from the inside with a vapor barrier  $s_d = 1500$  m: a) the actual pressure distribution of steam and saturated steam in a partition; b) increase in moisture

## Wnioski

Wykorzystując metodę Glasera, można określić ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej. We wszystkich rozpatrywanych przypadkach dojdzie do kondensacji pary wodnej (wykresy przecinają się), co oznacza, że ilość kondensatu w przegrodzie się zwiększy. Sytuacja taka ma często miejsce w kolejnych miesiącach zimowych.

Systemy z paroizolacją od strony wnętrza najlepiej sprawdzają się w obiektach o dużej wilgotności. Ze względu na to, że uniemożliwiają dyfuzję pary wodnej, budynki z taką izolacją muszą mieć efektywną instalację wentylacyjną.

Czynnikiem, który może znacznie zaburzyć wyniki uzyskane w przyjętej metodzie obliczeń, jest stan wilgotnościowy przegrody przed dociepleniem. Przed przystąpieniem do obliczeń należy więc dokładnie go określić. Drugim elementem mającym duży wpływ na poprawność wyniku jest założony (przewidywalny) sposób eksploatacji pomieszczenia przez użytkownika. Czynnikiem ten należy uznać

za podstawowy, determinujący poziom zawilgocecia przegrody podczas jej eksploatacji.

## Podsumowanie

Sposób ocieplenia ściany budynku od strony wnętrza zależy od kilku czynników: sposobu eksploatacji pomieszczenia; rodzaju materiału ściany; rodzaju materiału użytego do docieplenia; technologii zamocowania dodatkowej termoizolacji. Bardzo ważne jest uwzględnienie paroprzepuszczalności. Docieplenie od strony wewnętrznej stwarza dla projektanta duże wyzwanie. Konieczna jest wiedza na temat cech technicznych nowych materiałów termoizolacyjnych i technologii ich montażu oraz właściwości przegród budowlanych wznoszonych w latach minionych, w tym przede wszystkim przegród w budynkach o znaczeniu historycznym. Projektanci pracujący nad możliwością ocieplenia ścian zewnętrznych od wewnątrz powinni prawidłowo oszacować konsekwencje zmiany warunków termicznych przegrody. Należy przy tym uwzględnić również możliwość zmiany sposobu użytkowania obiektu. Wszystkie wymienione czynniki i opisane zjawiska sprawiają, że projektowanie warstw wewnętrznych izolacji termicznej jest dużo bardziej skomplikowane niż projektowanie izolacji zewnętrznych. Z drugiej strony coraz bardziej rozwinięte narzędzia analityczne wraz z odpowiednią wiedzą z dziedziny fizyki budowli umożliwiają prawidłową ocenę możliwości ocieplenia budynków od wewnątrz.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 13 sierpnia 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2008 r. nr 201, poz. 1238 ze zm.).
- [2] PN-EN ISO 6946:2008. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [3] PN-EN ISO 13788:2003, Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania.
- [4] Orlik-Kozdoń B., Steidl T., Metodyka projektowania izolacji cieplnych od wewnątrz, Izolacje, nr 6, 2014, str. 24 – 30.

Przyjęto do druku: 29.09.2015 r.