

## **PRZYCZYNY POWSTAWANIA ZAWILGOCENIA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH NA PRZYKŁADZIE BUDYNKU MIESZKALNEGO W WARSZAWIE**

Krzysztof Wiśniewski, Marek Dohojda

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** W artykule omówiono przyczyny występowania zawilgocenia przegród budowlanych oraz czynniki, które sprzyjają powstawaniu tego zjawiska. Przedstawiono metody badania elementów konstrukcyjnych, które narażone są na zawilgocenie. Omówiono miejsca występowania oraz wpływ mostków cieplnych na powstawanie zawilgocenia przegród zewnętrznych w budynkach.

**Słowa kluczowe:** mostek cieplny, zawilgocenie przegród

### **WSTĘP**

Wilgoć jest naturalnym elementem codziennego życia. Powstaje przy takich czynnościach, jak: pranie, kąpiel czy też gotowanie, ale także wytwarzana jest w trakcie oddychania przez organizmy żywe. Bardzo ważnym czynnikiem kształtującym warunki higieniczno-zdrowotne w domu jest wentylacja, a szczególnie odpowiednia wymiana powietrza i utrzymanie wilgotności powietrza w zakresie 50–60%. Na wentylację naturalną – inaczej określaną jako grawitacyjna – wciąż decyduje się najwięcej osób budujących domy. Główną przyczyną jest jej prostota budowy, a także wykonanie, gdyż nie wymaga specjalnego projektu. Jednak ten rodzaj wentylacji do sprawnego działania wymaga infiltracji powietrza zewnętrznego. Wprowadzenie szczelnej stolarki okiennej i drzwiowej spowodowało, że funkcjonowanie wentylacji często zawodzi, głównie za sprawą braku infiltracji do wnętrza pomieszczeń powietrza zewnętrznego. Dzięki nieszczelnej stolarce okiennej i drzwiowej zapewniony był niekontrolowany przepływ powietrza, które mogło napływać do domu i wydostawać się z niego.

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Krzysztof Wiśniewski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, e-mail: krzysztof\_wisniewski@sggw.pl

Obecnie w celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania wentylacji grawitacyjnej montuje się w stolarce okiennej nawiewniki, które pozwalają na regulację dopływającego powietrza zewnętrznego, lub wykorzystuje się możliwość rozszczelnienia stolarki okiennej (oczywiście, jeżeli taka funkcja występuje).

Jednak należy podkreślić, że w tym systemie wentylacji nie można w sposób precyzyjny dostarczyć odpowiedniej wielkości objętości powietrza wentylacyjnego, a jedynie jego wartość przybliżoną. Innym rozwiązaniem prawidłowej wymiany powietrza wewnętrznego może być zastosowanie wentylacji mechanicznej lub wentylacji hybrydowej.

Jak wcześniej wspomniano, zapewnienie prawidłowego mikroklimatu jest uzależnione od wymiany powietrza, a przede wszystkim od wielkości strumienia wentylacyjnego (nawiewu). Minimalny strumień powietrza wymienianego ze względów fizjologicznych, związany z brakiem wzrostu stężenia CO<sub>2</sub>, dla jednej osoby wynosi około 8 m<sup>3</sup> na godzinę, natomiast z uwagi na usunięcie pary wodnej i uciążliwych zapachów – 25–30 m<sup>3</sup>. Szczegółowe wymagania dotyczące wentylacji budynków zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2002] i normie PN-83/B-03430. Strumień powietrza wentylacyjnego dla budynku mieszkalnego lub mieszkania stanowi sumę strumieni powietrza usuwanych z poszczególnych pomieszczeń. Norma dopuszcza możliwość zredukowania do 60% wymaganych strumieni powietrza wentylacyjnego w okresie nocnym, tj. od godziny 22.00 do 6.00. Nawiew powietrza, a właściwie wielkość jego strumieni, powinien być zgodny z normą PN-83/B-03430, która określa jego minimalną wielkość w zależności od pomieszczenia na:

- 70 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> w kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchenkę gazową lub węglową,
- 50 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> w łazience z WC lub bez niego,
- 30 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> w wydzielonym WC,
- 15 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> w pomocniczym pomieszczeniu bez okien,
- 30 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> w pokoju mieszkalnym oddzielonym od kuchni, łazienki i WC, z więcej niż dwójgiem drzwi lub w pokoju na wyższym poziomie w wielopoziomowym domu jednorodzinnym lub mieszkaniu.

Wadliwie działająca wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna może być przyczyną powolnego zawilgocenia przegród budowlanych, szczególnie zewnętrznych. Na skutek wzrostu wilgoci w pomieszczeniu może dojść do kondensacji pary wodnej w przegrodzie. Kondensacja pary wodnej na powierzchni wewnętrznej może wystąpić, jeżeli powierzchnia przegrody ma temperaturę niższą od temperatury punktu rosy powietrza znajdującego się w okolicy przegrody. Zaistnienie takiej sytuacji zależy głównie od takich czynników, jak: temperatura powietrza utrzymywana wewnątrz pomieszczenia, wilgotność powietrza, czyli ciśnienie cząstkowe pary wodnej, ruch powietrza, budowa przegrody (głównie jej izolacyjność cieplna, rodzaj użytych materiałów termoizolacyjnych), a także od czynników zewnętrznych – głównie temperatury, wilgotności i ruchu powietrza.

Zgodnie z wymaganiami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2002] przegrody zewnętrzne w budownictwie powinny być zaprojektowane tak, aby zapewnić prawidłową izolacyjność termiczną w zależności od przeznaczenia, a także aby nie dochodziło do wykraplania się pary wodnej na powierzchni wewnętrznej przegrody.

Taka niekorzystna sytuacja może prowadzić bowiem do problemów eksploatacyjnych, w tym między innymi do zawilgocenia przegrody lub jej elementów, powstawania zagrzybienia, utraty izolacyjności cieplnej ściany, a tym samym do nasilenia zjawiska zawilgocenia, natomiast w okresie zimy do przemarzania, szczególnie w miejscach występowania mostków cieplnych, a co za tym idzie – do powolnej destrukcji powierzchni ściany.

Główną przyczyną występowania mostków cieplnych jest niedostateczna izolacyjność cieplna zewnętrznych elementów konstrukcyjnych oraz struktury przegród zewnętrznych budynku, co prowadzi do wystąpienia obniżonej temperatury wewnętrznej powierzchni przegrody. Wyróżnia się mostki cieplne liniowe i punktowe. Mostki liniowe charakteryzują się stałym przekrojem poprzecznym na pewnej długości. Jako typowe przykłady można tutaj wskazać wieńce ścian zewnętrznych, nadproża, podokienniki, słupy szkieletowych konstrukcji żelbetowych, płyty konstrukcyjnie zakotwione w konstrukcji ścian zewnętrznych, jak balkony i loggie, oraz inne elementy przebijające izolację cieplną.

Wpływ mostków cieplnych na przenikanie ciepła jest znaczący, szczególnie w odniesieniu do przegród o małej wartości współczynnika przenikania ciepła lub w przypadkach niestarannego zaprojektowania lub wykonawstwa. Do oszacowania wpływu mostków termicznych stosuje się przeważnie katalogi typowych mostków termicznych w postaci rozwiązań detali konstrukcyjnych budynku. W obliczeniach korzysta się z normy PN-EN ISO 14683:2008, w której zawarty jest katalog typowych rozwiązań złączy przegród budynku w podziale na grupy katalogowe.

Bardzo częstą przyczyną powstawania zawilgocenia przegród, szczególnie na kondygnacjach stykających się z dachami, są przecieki wody opadowej przez nieszczelności odwodnienia lub uszkodzenia pokrycia dachowego.

## **METODYKA BADAŃ**

Metodyka badań polegała na wizji lokalnej, analizie dostępnej dokumentacji technicznej budynku oraz zastosowaniu metody termowizyjnej z wykorzystaniem kamery termowizyjnej typ FLIR P-640.

W badaniach przegród zewnętrznych wykorzystano także metodę analityczną opartą na obowiązujących normach i metodyce określania współczynnika przenikalności termicznej oraz dyfuzji pary wodnej przez przegrody. Niezbędne obliczenia wykonano w programie komputerowym „Konstruktor 6.2” firmy Intersoft.

## **CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBIEKTU**

Badania przeprowadzono w obiekcie położonym w Warszawie przy ulicy Klarysewskiej. Lokal mieszkalny poddany badaniom znajduje się na ostatniej kondygnacji pod ogrzewanym poddaszem nieużytkowym. Budynek został wzniesiony w latach 1986–1987 w konstrukcji tradycyjnej unowocześnionej.

Przegrody zewnętrzne zostały wykonane jako murowane, trójwarstwowe, z izolacją termiczną. Ściana zewnętrzna w kuchni oraz w salonie o grubości 43 cm (przypuszczalny układ warstw komponentów: cegła kratówka 25 cm, styropian 2 cm, kratówka 12 cm).

Ściana zewnętrzna w pokojach sypialni o grubości 52 cm (przypuszczalny układ warstw komponentów: pustak Max 29 cm, styropian 4 cm, pustak Max 19 cm). Takie zróżnicowanie materiałowo-konstrukcyjne przegród zewnętrznych skutkuje różnymi współczynnikami przenikalności termicznej. Stropy prefabrykowane gęstożebrowe. Nadproża monolityczne żelbetowe z zewnętrznym ociepleniem o grubości 6 cm.

Wentylacja grawitacyjna obejmuje pomieszczenia kuchni, łazienki oraz WC (kratka wentylacyjna została zabudowana w trakcie prac remontowych i wymaga ponownego odkrycia).

Ścianka działowa między kuchnią i salonem oraz między sypialniami wykonana została z cegły dziurawki lub pustaków PD o grubości 6 cm. Pozostałe ścianki działowe o grubości 12 cm. Tynki we wszystkich pomieszczeniach zostały wykonane jako cementowo-wapienne.

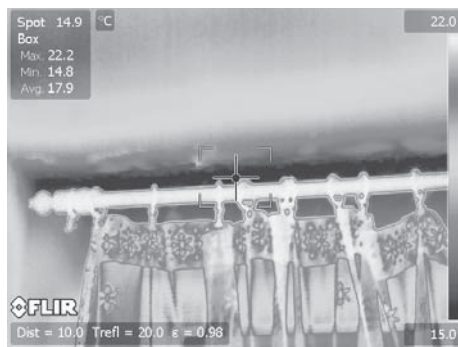
## PROCEDURA BADAŃ

Podczas przeprowadzonych badań w lokalu mieszkalnym stwierdzono wyraźne ślady występującej kondensacji wilgoci w przegrodach zewnętrznych. Występowała ona głównie w okolicy nadproży oraz w połączeniach ścian nośnych ze ścianami zewnętrznymi. Skutkiem okresowego zawilgocenia elementów konstrukcji jest występowanie zagrzybień. Badania przeprowadzone w lutym 2012 roku, przy ujemnej temperaturze zewnętrznej, ujawniły miejsca o obniżonej temperaturze oraz wykraplanie pary wodnej (rys. 1 i 2).



Rys.1. Rozkład temperatury na powierzchni nadproża w kuchni

Fig. 1. Distribution of temperature on the surface of the lintel in the kitchen



Rys. 2. Rozkład temperatury na powierzchni nadproża w kuchni

Fig. 2. Distribution of temperature on the surface of the lintel in the kitchen

Podczas wizji lokalnej w czerwcu 2012 roku stwierdzono istniejące zacieki na ścianach zewnętrznych w okolicach nadproży oraz styku z płytą stropową, czyli w miejscach występowania mostków termicznych (rys. 3). Stwierdzono również brak zabezpieczeń otworów wentylacyjnych przed ptakami w zewnętrznej obudowie kominów (rys. 4). Brak zabezpieczeń otworów wentylacyjnych umożliwia ptakom zakładanie gniazd w ich wnętrzu, a tym samym obniżenie zdolności odprowadzania powietrza wentylacyjnego z pomieszczeń mieszkalnych.



Rys. 3. Widok wilgotnej powierzchni styku nadproża i stropu oraz ściany przyległej do klatki schodowej

Fig. 3. View the contact surface of the lintel slab damp and and the wall adjacent to the staircase



Rys. 4. Widoczne ślady zawilgocenia powierzchni ściany zewnętrznej nad otworami okiennymi oraz brak osłoniętych otworów w kominach

Fig. 4. Visible traces of moisture on the surface of the external wall above the window openings and the lack of a sheltered openings in funnels

Podczas oględzin połąci dachowej stwierdzono również wadliwe wykonanie obróbek blacharskich oraz wadliwe uszczelnienie połączenia pokrycia dachowego i obróbki blacharskiej.

### **OBLICZENIA CIEPLNE NADPROŻA BEZ UWZGLĘDNIENIA WPLYWU MOSTKÓW CIEPLNYCH**

Wyznaczenie temperatury zewnętrznej:

- numer strefy klimatycznej: 3,
- temperatura obliczeniowa powietrza na zewnątrz budynku w trakcie badań:  $T_e = -15^{\circ}\text{C}$ .

Wyznaczenie temperatury wewnętrznej:

- pomieszczenie wewnętrzne: pomieszczenia mieszkalne,
- temperatura obliczeniowa powietrza w pomieszczeniu:  $T_i = 20^\circ\text{C}$ .

Współczynnik przenikania ciepła:

- opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegrody:  
na powierzchni wewnętrznej

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

na powierzchni zewnętrznej

$$R_{se} = 0,040 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

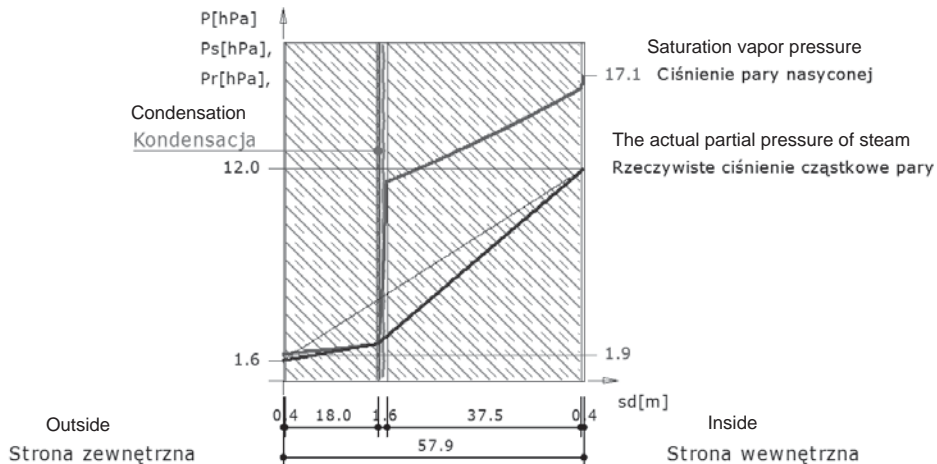
opór całkowity

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 0,130 + 0,018 + 0,071 + 0,500 + 0,147 + 0,018 + 0,040 = 0,924 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

- współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę

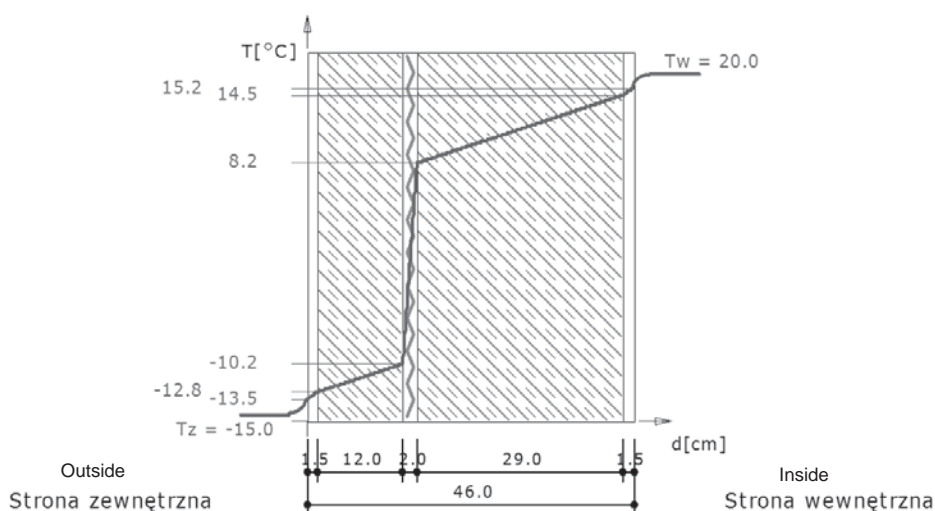
$$U = \frac{1}{R} = 1,082 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Podstawą przyczynową zawilgocenia ścian jest bardzo duży współczynnik przewodności termicznej nadproża, który nie spełnia obecnie wymaganych wartości na poziomie  $U \leq 0,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , a biorąc pod uwagę obliczoną temperaturę punktu rosy, widać, że również i ta wartość została przekroczona na powierzchni przegrody, a tym bardziej tuż pod jej powierzchnią (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Wykres rozkładu ciśnienia na grubości przegrody (wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza)

Fig. 5. The pressure distribution on the septum thickness chart (the graph is made by keeping the scale for equivalent air layer thickness)



Rys. 6. Wykres rozkładu temperatury na grubości przegrody (wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw)

Fig. 6. Distribution of temperature on thickness chart dividers (the graph performed while maintaining the thickness of the scale layer)

Temperatura powierzchni wewnętrznej wynosi:  $t_{\text{pow}} = 15,08^{\circ}\text{C}$

Temperatura punktu rosy wynosi:  $t_s = 14,36^{\circ}\text{C}$

Sprawdzenie warunku wykroplenia pary wodnej na wewnętrznej stronie ściany:

$$t_s + 1 = 15,36 \geq t_{\text{pow}} = 15,08$$

Na podstawie warunku możliwości wykroplenia pary wodnej na wewnętrznej powierzchni ściany stwierdzono, że w przypadku badanej ściany wystąpi wykroplenie pary wodnej na jej wewnętrznej powierzchni.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej i analizy zebranego materiału badawczego można stwierdzić, że istnieje wiele przyczyn wystąpienia kondensacji pary wodnej w nierzadkich miejscach badanego obiektu. Podstawową przyczyną zawilgocenia ścian jest bardzo duży współczynnik przewodności termicznej nadproża, który nie spełnia obecnie wymaganych wartości na poziomie  $U \leq 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Z kolei biorąc pod uwagę obliczoną temperaturę punktu rosy, widać, że również ta wartość została przekroczona zarówno na powierzchni przegrody, jak i tuż pod jej powierzchnią.

Potwierdzeniem obliczeń jest temperatura szacunkowa na powierzchni nadproża zarejestrowana za pomocą kamery termowizyjnej. Kumulacja i wykraplanie pary wodnej wewnątrz przegrody w okresie obniżonej temperatury zewnętrznej prowadzi do zwiększenia

szania współczynnika przewodzenia ciepła, a tym samym do stałego pogarszania się izolacyjności termicznej.

Kolejnym czynnikiem przyczyniającym się do wystąpienia zawilgocenia przegród jest okresowo duża wilgotność w badanych pomieszczeniach, szczególnie w pomieszczeniu kuchennym, co w połączeniu z wadliwie działającą wentylacją grawitacyjną może powodować zawilgocenie przegrody i wykraplanie pary wodnej na powierzchni przegrody. Wentylowanie pomieszczenia poprzez uchYLENIE okna w okresie obniżonej temperatury powoduje wprawdzie odprowadzenie części wilgoci z pomieszczenia, ale również przyczynia się do obniżenia temperatury w jego wnętrzu, a tym samym może być czynnikiem wpływającym na osiągnięcie na powierzchni przegrody temperatury punktu rosy. Brak jednego otworu wentylacyjnego w WC może również wpływać na niepełne odprowadzenie wilgoci i zużytego powietrza z pomieszczeń mieszkalnych. Efektem tego jest zwiększanie się wilgotności w mieszkaniu.

Stwierdzone wady i usterki w pokryciu dachowym, a także jego niedostateczne izolowanie termiczne, szczególnie w strefie występowania mostków cieplnych, w połączeniu z podwyższoną wilgotnością pomieszczeń prowadzi do wystąpienia zawilgocenia oraz rozwoju pleśni i grzybów na badanych przegrodach.

## WNIOSKI

1. W celu zapobieżenia dalszego rozwoju zawilgocenia należy sprawdzić działanie wentylacji grawitacyjnej i przeprowadzić jej ewentualne udrożnienie.

2. W pierwszej kolejności należy ocieplić strop i ściany oraz wymienić okna na okna z nawiewnikami.

3. Dodatkowym usprawnieniem istniejącej wentylacji grawitacyjnej może być montaż wentylacji higrosterowej.

4. Należy usunąć usterki i wady wykonawcze występujące w pokryciu dachowym jako pośrednie przyczyny zawilgocenia przegród w badanym lokalu mieszkaniowym.

5. Należy usunąć zarażone grzybem części tynku, odkazić podłóżę, a następnie wykonać nową warstwę tynku cementowo-wapiennego. W dalszej kolejności zaleca się wykonanie hydrofobizacji wykonanego tynku dostępnymi środkami chemii budowlanej.

## PIŚMIENNICTWO

PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkiwania zbiorowego i użyteczności publicznej.

PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.

PN-EN ISO 10211-1:2005 Mostki cieplne w budynkach. Strumień cieplny i temperatura powierzchni. Ogólne zasady obliczania.

PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny podlegać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. z 2002 r. nr 75, poz. 690.



## **REASONS FOR COMING INTO EXISTENCE OF THE MOISTURE OF OUTSIDE BARRIERS ON THE EXAMPLE OF THE RESIDENTIAL BUILDING IN WARSAW**

**Abstract.** The article discusses the causes of divisions in construction and moisture factors that favor the emergence of this phenomenon. Describes the methods of testing structural components that are exposed to moisture. Discusses the influence of thermal bridge on the formation of space and external partitions in buildings.

**Key words:** thermal bridge, moisture of barriers

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 7.01.2013