

## **ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE W DOCIEPLENIACH OD WEWNĄTRZ**

Bożena ORLIK-KOŹDOŃ, Paweł KRAUSE, Tomasz STEIDL

*Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli  
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: Bożena.Orlik-Kozdon@polsl.pl; Tomasz.Steidl@polsl.pl*

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono przegląd wybranych rozwiązań materiałowych stosowanych w dociepleniach ścian zewnętrznych od strony wewnętrznej. Zróżnicowanie dostępnych na rynku budowlanym rozwiązań dociepleń od wewnątrz umożliwia przyjmowanie przez projektantów zróżnicowanych kombinacji rozwiązań, charakteryzujących się występowaniem zróżnicowanych procesów ciepłno-wilgotnościowych, związanych z parametrami fizycznymi zastosowanych materiałów budowlanych.

**Słowa kluczowe:** fizyka budowli, materiały budowlane, docieplenia od wewnątrz

### **1. WPROWADZENIE**

Tematyka dotycząca dociepleń ścian budynków od strony wewnętrznej jest znana od szeregu lat. Wiele lat temu wykonywano ocieplenia ścian od strony wewnętrznej za pomocą materiałów będących mieszaniną gliny i słomy, które oprócz istotnych właściwości termoizolacyjnych pełniły dodatkowo funkcje „regulatora wilgotności” pomieszczeń. Rozwiązania, stosowane wieki temu, a bazujące na wykorzystaniu naturalnych materiałów budowlanych stosowane są coraz powszechniej także dziś. Jest to związane między innymi z zagadnieniami zrównoważonego rozwoju oraz tzw. ekorozwoju. Wraz z rozwojem inżynierii materiałowej pojawiają się na rynku budowlanym izolacje termiczne, których do tej pory nie stosowano w ogóle lub takie, które były stosowane sporadycznie. Projektowanie nowych budynków lub modernizacja z poprawą stanu ochrony cieplnej budynków istniejących wiązała się w przeważającej większości z wykonaniem materiałów termoizolacyjnych od strony zewnętrznej. Od początku lat 50-tych XX w., zaczęto wykorzystywać w pojedynczych przypadkach w krajach Europy Zachodniej wełnę drzewną od strony wewnętrznej. Były to pierwsze „współczesne” izolacje termiczne od wewnątrz. W latach 70-tych XX w. pojawiły się nowe

wyroby do izolacji cieplnej w postaci płyt gipsowo-kartonowych scalanych z izolacjami termicznymi (styropian lub wełna mineralna). Szczególny rozwój izolacji cieplnych, stosowanych od wewnątrz zauważamy od lat 90-tych XX w. Aktualnie projektanci dysponują szeregiem zróżnicowanych materiałów termoizolacyjnych, które mogą wykorzystywać w obiektach, gdzie konieczne jest wykonanie izolacji cieplnej od strony wewnętrznej.

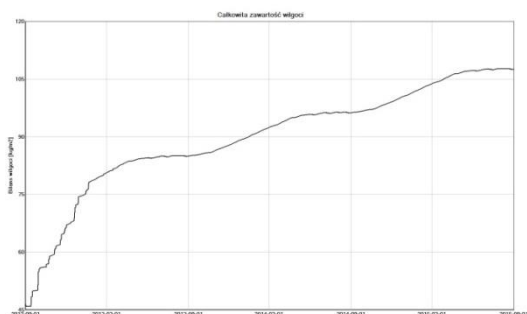
### **2. KONCEPCJE ROZWIĄZAŃ**

Stosując rozwiązania dociepleń ścian od strony wewnętrznej mamy w teorii do wyboru trzy główne koncepcje rozwiązań:

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

W większości przypadków wybór koncepcji docieplenia od wewnątrz będzie determinował rodzaj izolacji termicznej oraz jej właściwości fizycznych i zdolności do przyjmowania i oddawania kondensatu przez całą przegrodę. W przypadku koncepcji ocieplenia od wewnątrz, zapobiegającej wystąpieniu kondensacji, jakkolwiek zmiana warunków mikroklimatu wnętrza pomieszczeń nie może mieć wpływu na przegrodę budowlaną. Analizy przyrostu wilgoci należy wykonywać w ścianach ocieplonych od wewnątrz należy wykonywać ze szczególną starannością. Przykład obliczeń przyrostu zawilgocenia ściany ceglanej ocieplonej od wewnątrz wełną mineralną bez paroizolacji pokazano na rys. 1.

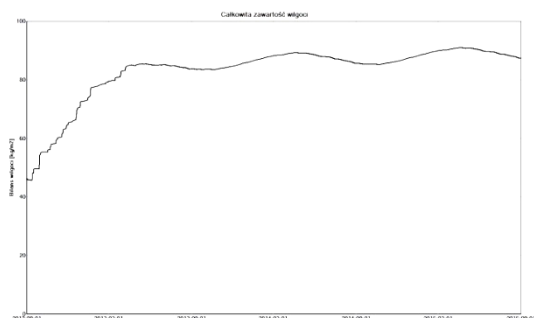
Aby zapewnić takie warunki należy zastosować termoizolację o bardzo wysokim współczynniku oporu dyfuzyjnego lub zastosować dodatkowo warstwę izolacji paroszczelnej od strony wewnętrznej. W ten sposób teoretycznie zostaje wyeliminowana dyfuzja pary wodnej z pomieszczeń w konstrukcję ściany. Literatura zaleca by wartość dyfuzyjnie równoważnej grubości warstwy powietrza  $s_d$  izolacji termicznej lub zastosowanej paroizolacji przekraczała 1500 m [11]. Tego typu koncepcje rozwiązań zalecane są w przypadku docieplania ścian w pomieszczeniach mokrych, w których panują w sposób ciągły podwyższone wilgotności pomieszczeń, jak np. kąpieliska kryte, pralnie itp.



Rys.1. Przykład przyrostu zawilgocenia w ścianie ceglanej docieplonej od strony wewnętrznej.

Fig. 1. Example increment your brick wall insulated from the inner.

Obliczenia własne wykonane w programie WUFI-PRO 5.3, w pełni potwierdzają zalecenia literaturowe dla większości przypadków zastosowania izolacji cieplnych wewnętrznych.



Rys.2. Przykład przyrostu zawilgocenia w ścianie ceglanej docieplonej od strony wewnętrznej z paroizolacją  $s_d = 1500$  m

Fig.2. Example gain of moisture in the brick wall insulated from the inside of the vapor barrier.

Dla koncepcji ocieplania od wewnątrz minimalizującego wystąpienie kondensacji rozwiązania materiałowe powodują występowanie oporu dyfundującej parze wodnej, dopuszczając przy tym ograniczoną możliwość wnikania pary wodnej w płaszczyznę za izolację termiczną. Norma DIN 4108-3 dopuszcza stosowanie materiałów stanowią-

cych opór dyfuzyjny, dla których dyfuzyjnie równoważna grubość warstwy powietrza  $s_d$  zawiera się pomiędzy 0,5 a 1500 m. Tak duże zróżnicowanie wielkości  $s_d$  wpływa na niejednoznaczne oceny poprawności realizowanych ociepleń. Materiał stawiający opór dyfuzyjny, dla którego dyfuzyjnie równoważna grubość warstwy powietrza  $s_d$  wynosi nieco powyżej 0,5 m jest materiałem "otwartym dyfuzyjnie". Materiał o dyfuzyjnie równoważnej grubości warstwy powietrza  $s_d$  niewiele mniejszej od 1500 jest określany w praktyce, jako izolacja paroszczelna. W tym przypadku niezbędnym jest przeprowadzenie symulacji wilgotnościowej analizowanej przegrody budowlanej w pełnym roku jej eksploatacji. Ilość zakumulowanej wilgoci, która jest dopuszczalna dla tego typu koncepcji ocieplenia musi być na takim poziomie by umożliwić jej odeschnięcie w kierunku użytkowanego pomieszczenia lub nie powodować akumulacji w kolejnych latach. Istotnym jest dodatkowo zapewnienie pełnej szczelności na niekontrolowaną infiltrację powietrza.

Koncepcja ocieplenia od wewnątrz, dopuszczająca wystąpienie kondensacji, z umożliwieniem dyfuzji pary wodnej od strony pomieszczenia w kierunku wnętrza przegrody, nie stawiając w praktyce istotnego oporu dyfuzyjnego. W przypadku tego typu izolacji stosowane są materiały o dyfuzyjnie równoważnej grubości warstwy powietrza  $s_d$  mniejszej od 0,5 m. Wykorzystywane w tego typu rozwiązaniach materiały termoizolacyjne są aktywne kapilarnie i umożliwiają zakumulowanie powstałego kondensatu w strukturze materiałowej, nie powodując pogorszenia właściwości fizycznych. W większości przypadku izolację termiczną mocuje się do ściany konstrukcyjne za pomocą systemowej zaprawy klejowej, nakładanej na całej powierzchni stosowanej płyty. Wykończenie powierzchni ocieplenia jest wykonywane za pomocą przepuszczalnej dyfuzyjnie warstwy materiałowej.

W przypadku stosowania tego typu rozwiązań istotnym jest zapewnienie właściwej ochrony elewacji przed oddziaływaniem (wnikaniem w strukturę ściany) wody opadowej. Skuteczność stosowanego rozwiązania uzależniona jest od istotnie od warunków mikroklimatu wnętrza, w szczególności od wilgotności powietrza. Długotrwałe utrzymywanie się wilgotności powietrza na zbyt wysokim poziomie (np. wielotygodniowe wilgotności rzędu 60-80 %), prowadzi do wzrostu zawilgocenia izolacji termicznej do wartości przekraczającej 90 %, powodując narastające zawilgocenie konstrukcji ściennej [1].

### 3. ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE

Rozwiązania materiałowe stosowane w przedstawionych powyżej koncepcjach ociepleń od wewnątrz są uzależnione od zastosowanych materiałów, wchodzących w skład systemu ociepleń od wewnątrz. Ocieplenie od wewnątrz, zapobiegające wystąpieniu kondensacji, może być zrealizo-

wane w postaci kilku wariantów ociepleń. W praktyce inżynierskiej spotyka się trzy warianty rozwiązań dla powyższej koncepcji. Pierwszym wariantem jest ocieplenie od wewnątrz z zastosowaniem materiału termoizolacyjnego o bardzo wysokim oporze dyfuzyjnym. Przykładem tego typu materiałów jest szkło piankowe. Współczynnik przewodzenia ciepła płyt wynosi  $\lambda=0,04\text{W/mK}$ , stosowane grubości od 4 do 18 cm, współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu=\infty$  [2] a w praktyce  $\mu=100000$ . Kolejnym rozwiązaniem jest przegroda z izolacją termiczną i zastosowaniem paroizolacji np. w postaci folii aluminiowej od strony wewnętrznej oraz warstwy wykończeniowej w postaci np. płyt gipsowo-kartonowych. Innym wariantem jest stosowanie termoizolacyjnych płyt zespolonych z warstwą zapewniającą wysoki opór dyfuzyjny. Przykładem tego typu rozwiązania jest np. płyta Intherm, składająca się z termoizolacji EPS d dodatkiem grafitu oraz płyty g-k, a także opcjonalnie z paroizolacją jako warstwą pośrednią. Współczynnik przewodzenia ciepła płyt EPS wynosi  $\lambda=0,032\text{ W/mK}$ , płyt g-k  $\lambda=0,25\text{ W/mK}$ , stosowane grubości termoizolacji od 4 do 10 cm, współczynnik oporu dyfuzyjnego izolacji  $\mu=30-70$  [3]. Rozwiązania materiałowe dopuszczające wystąpienie kondensacji produkowane są z silikatu wapiennego. Kryształki silikatu tworzą mikroporowatą szkielet, co umożliwia uzyskanie wysokich właściwości kapilaryzacyjnych materiału. W przypadku wytworzenia się wilgoci pod warstwą ocieplenia nie ma ryzyka wystąpienia zagrzybienia muru i degradacji izolacji. Płyty z silikatu wapiennego, dzięki swojej aktywności kapilarnej pochłaniają wilgoć i rozpraszają ją na całej swojej powierzchni, skąd zostaje ona odparowana. Materiał ten nie traci przy tym swoich właściwości termoizolacyjnych. Współczynnik przewodzenia ciepła płyt wynosi  $\lambda=0,06\text{ W/mK}$ , stosowane grubości najczęściej do 5 cm, współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu=3-6$  [4].

Innym materiałem termoizolacyjnym dopuszczającym wystąpienie kondensacji są mineralne płyty izolacyjne, wykonane z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego. Materiał ten posiada zdolność do chłonięcia wilgoci z powietrza oraz bardzo szybkiego wysychania. Wobec powyższego zalecany jest, jako izolacja cieplna od wewnątrz. Współczynnik przewodzenia ciepła w stanie suchym,  $\lambda=0,042\text{W/mK}$ . Płyty te charakteryzują się bardzo niskim oporem dyfuzyjnym. Współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu=2$ . Oznacza to, że para wodna ma możliwość swobodnego wnikania w porowatą strukturę płyt. Mocowanie płyty wykonuje się za pomocą systemowej zaprawy. Zaprawę nanosi się na całą powierzchnię płyt. Grubość warstwy zaprawy powinna wynosić 8 mm. Powierzchnię ocieplonej ściany pokrywa się w całości warstwą ok. 5 mm zaprawy systemowej w zaprawie zatapia się siatkę z włókna szklanego, zabezpieczającą przed spękaniem. Powierzchnię należy

wykończyć mineralnym tynkiem cienkowarstwowym [5] i odpowiednią farbą.

Klasyczne izolacje cieplne to materiały nieprzezroczyste o niskim współczynniku przewodzenia ciepła. Ich podstawowym zadaniem jest minimalizacja strat ciepła. Jednym z materiałów o niskim współczynniku przewodzenia ciepła jest aerożel. Jest to materiał będący rodzajem sztywnej piany o małej gęstości, składający się w ponad 90 % z powietrza. Resztę stanowi żel tworzący nanostrukturę. Współczynnik przewodzenia ciepła wynosi przeciętnie  $\lambda=0,018\text{W/mK}$ . Izolacje z aerożelem produkowane są również w postaci technicznych izolacji nieprzezroczystych o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda=0,013\text{W/mK}$  [6]. Poniżej przedstawiono rozwiązanie izolacji termicznej zagrzejnikowej w postaci płyt aerożelowych.



Rys.3. Zastosowanie izolacji z aerożelu w miejscu pocienienia ściany zewnętrznej [6].

Fig.3. The use of aerogel insulation thinning out of the outer wall

Materiałem termoizolacyjnym, powstałym z połączenia wełny mineralnej z aerożelem jest aerowelna. Współczynnik przewodzenia ciepła materiału wynosi  $\lambda=0,019\text{W/mK}$ , współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu>3$  [9].

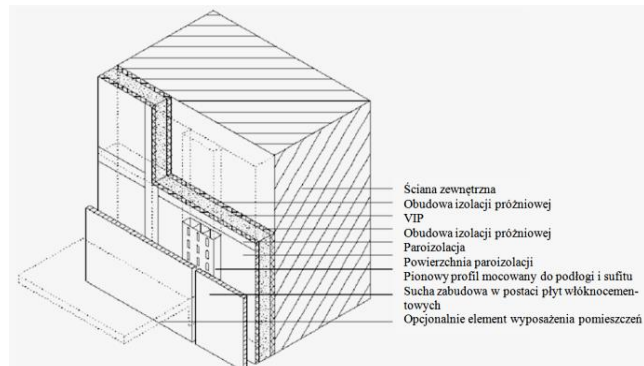


Rys.4. Aerowelna jako izolacja od wewnątrz [9].

Fig.4. Aero wool as insulation from the inside [9]

Literatura tematu przedstawia przykłady ocieplenia od wewnątrz za pomocą izolacji próżniowej (tzw. modułowy system ocieplenia od wewnątrz). Izolacja ta charakteryzuje się ekstremalnie niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda=0,007\text{W/mK}$ , stosowane grubości najczęściej to 3,5 cm, współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu>500.000$  [8]. Poniżej przedstawiono ścianę zewnętrzną ocieploną płytami izolacji VIP, zabezpieczonymi płytą włóknocementową. Materiałami ekologicznymi stosowanymi do ociepleń od

strony wewnętrznej jest np. wełna drzewna oraz termoizolacje z włókien konopnych. Są to materiały cechujące się bardzo dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi oraz niewielkim oporem dyfuzyjnym.



Rys.5. Zastosowanie izolacji typu VIP jako ocieplenie od wewnątrz [7].

Fig.5. VIP applying insulation as warming from the inside [7].

Dodatkowo materiały te mają zbliżone cechy do płyt mineralnych lub płyt klimatycznych, dotyczące aktywności kapilarnej. Zestawienie wybranych parametrów ciepłno-wilgotnościowych materiałów termoizolacyjnych stosowanych do ociepleń od wewnątrz przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane izolacje od wewnątrz – materiały i komponenty [1].

Table 1 Selected insulation from inside – materials and components

Lp	Material	Grubość $d$ [cm]	Współczynnik przewodzenia ciepła, $\lambda$ [W/mk]	Współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu$	Gęstość w stanie suchym $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1.	Silikat wapienny	1,5-30	0,042-0,07	2-6	200-800
2.	Płyty mineralne	1,5-10	0,042	5-7	100-200
3.	Mineralny tynk ciepłochronny	2-10	0,07-0,09	7-8	300-500
4.	Wełna drzewna + tynk gliniany	4-10	0,045	5	wełna 30-60
5.	Płyty keramzytowo-gliniane	do 17	0,20	5-10	700-1200
6.	Płyta GK+EPS	3,3;4,3	0,25/0,04	40	EPS 15-35
7.	Płyta cement.+XPS	1,25-5	0,04	100	XPS 25-45
8.	Szkoło piankowe	4-18	0,04	$\infty$	120-150
9.	Wełna mineral.+aerożel	1,6-5	0,019	>3	180
10.	Folia bombelkowa	3	0,012	50.000	-
11.	XPS	0,3-0,9	0,03	650	25-45
12.	Wełna drzewna	2-10	0,04	3	30-60
13.	Płyty korkowo-gliniane	2-20	0,07	9-11	300
14.	Płyty korkowe	2-10	0,04	25-30	100-220
15.	Płyty z włókien konopnych	3-22	0,04	1	20-25
16.	Celuloza	6-8	0,052	2,4	30-80
17.	Pianka rezolowa	3-14	0,022	38	35

#### 4. PODSUMOWANIE

Docieplenie od strony wewnętrznej stwarza dla projektanta duże wyzwanie z zakresu wiedzy technicznej zarówno, co do cech technicznych nowych materiałów termo-

izolacyjnych i technologii ich montażu, oraz właściwości przegród budowlanych wznoszonych w latach minionych, w tym przede wszystkim przegród w budynkach o znaczeniu historycznym. Każdorazowe projektowanie docieplenia od strony wewnętrznej wymaga szczegółowej analizy ciepłno-wilgotnościowej zachowania się nowo-projektowanego uwarstwienia przegrody w czasie, w warunkach jej rzeczywistej przyszłej eksploatacji.



Rys.6. Zastosowanie wełny drzewnej od wewnątrz. [10].

Fig.6. Use of the wood wool from the inside [10].

### THERMAL INSULATION OF THE EXTERNAL BULKHEADS FROM THE INSIDE MATERIALS, TECHNOLOGIES AND CALCULATION METHOD

**Summary:** This paper presents an overview of selected material solutions used in insulation of external walls from the inside. Differentiation available on the construction market in this area technology allows designers, to be adopted by different combinations of solutions. Selection of specific materials and technology, must be preceded by a detailed analysis of both the technical parameters of insulation systems as well as the existing bulkhead at an angle of mutual cooperation during future.

#### Literatura

- [1] Klaus Arbeiter. Innendaemmung. Wyd. Rudolf Mueller. Koeln 2014.
- [2] Materiały firmy Foamglas. [www.foamglas.de](http://www.foamglas.de)
- [3] Materiały firmy Knauf. [www.knauf.pl](http://www.knauf.pl)
- [4] Materiały firmy Renovario. [www.ecovario.pl](http://www.ecovario.pl)
- [5] Materiały firmy Xella. [www.ytong-silka.pl](http://www.ytong-silka.pl)
- [6] EnergieCluster. Kurs HLWD 2011 Innendämmung mit Aerogel. Materiały szkoleniowe 2011.
- [7] Steinke G. Binz A. Bausysteme mit VIP. Seminar Energie und Umweltforschung im Bauwesen.
- [8] Materiały firmy Variotec. [www.variotec.de](http://www.variotec.de)
- [9] Materiały firmy Deutsche Rockwool Mineralwool. [www.Aerowolle.de](http://www.Aerowolle.de)
- [10] Materiały firmy Gutex. [www.gutex.de](http://www.gutex.de)
- [11] DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung Enthält Randbedingungen und Rechenvorschriften für das Glaser-Verfahren.