

## PARAMETRY FIZYKALNE ZŁĄCZY ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH PO OCIEPLENIU OD WEWNĄTRZ – STUDIUM PRZYPADKU

Krzysztof PAWŁOWSKI\*

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska,  
Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli  
e-mail: krzypaw@utp.edu.pl

**Streszczenie:** Ocieplenie przegród zewnętrznych od wewnątrz jest projektowane i wykonywane od wielu lat dla grupy budynków, które z różnych względów nie mogą lub nie powinny być ocieplone od zewnątrz. W artykule przedstawiono charakterystykę stosowania ocieplenia ścian zewnętrznych i ich złączy od strony wewnętrznej. Obliczenia numeryczne parametrów fizykalnych przeprowadzono dla wybranych złączy ścian zewnętrznych przy zastosowaniu programu komputerowego TRISCO przy zróżnicowanym usytuowaniu ocieplenia i uwzględnieniu parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz sformułowano zalecenia projektowe wynikające z zastosowania ocieplenia od wewnątrz z uwzględnieniem kryterium cieplnego i wilgotnościowego.

**Słowa kluczowe:** parametry fizykalne, ściana zewnętrzna, złącze budowlane, ocieplenie od wewnątrz

### 1. WPROWADZENIE

Ocieplenie ścian zewnętrznych od wewnątrz projektowane i wykonywane jest w **objektach zabytkowych** (budynki wpisane do rejestru zabytków lub objęte ochroną konserwatorską), **objektach o wartości architektonicznej** (ciekawy charakter elewacji lub oryginalny wygląd budynku), **objektach o ograniczonych prawach własności** (w przypadku, gdy część ścian zewnętrznych znajduje się dokładnie na granicy działki), **objektach użytkowanych czasowo** (ogrzewanie czasowe w nieregularnych okresach).

Od 1 stycznia 2017 roku wg [1] obowiązują nowe wartości graniczne współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych  $U_{c(max)}$  (dla ścian zewnętrznych  $U_{c(max)} = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ). Aby spełnić kryterium  $U_c \leq U_{c(max)}$  należy dobrać odpowiednią grubość zalecanego materiału

termoizolacyjnego. Ocieplenie od wewnątrz wiąże się 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.

Warstwa izolacji cieplnej od strony wewnętrznej przegrody oddziela konstrukcję muru od środowiska wewnętrznego, co wpływa na zmniejszenie pojemności cieplnej całego budynku i powoduje wprowadzenie całej warstwy konstrukcyjnej w strefę przemarzania. Podstawową zaletą ocieplenia od wewnątrz jest zmniejszenie ilości energii niezbędnej do ogrzania pomieszczeń o żądanej temperaturze oraz skrócenia czasu nagrzewania [2].

Do grupy materiałów do ocieplenia od wewnątrz można zaliczyć m.in.: silikat wapienny, płyty mineralne, płyty rezolowe, płyty klimatyczne, płyty perlitowe, płyty z wełny drzewnej. Wartości parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych i ich złączy zależą głównie od współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ], współczynnika oporu dyfuzyjnego  $\mu$  [-], dyfuzyjnie równoważnej warstwy powietrza  $s_d = \mu \cdot d$  [m] materiałów izolacyjnych. Szczegółową charakterystykę wybranych materiałów izolacyjnych przedstawiono w pracy [3].

### 2. OBLICZENIA PARAMETRÓW FIZYKALNYCH ZŁĄCZY ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH OCIEPLONYCH OD WEWNĄTRZ

Budynek stanowi zbiór przegród budowlanych i ich złączy o indywidualnym charakterze fizykalnym i poddany jest oddziaływaniu środowiska zewnętrznego i wewnętrznego.

\* Autor korespondencyjny, e-mail: krzypaw@utp.edu.pl

nego. W wielu przypadkach analiza przegród i złączy budowlanych w aspekcie konstrukcyjno-materiałowym i technologii wykonania nie budzi zastrzeżeń na etapie projektowania. Natomiast znajomość ich parametrów fizycznych, związanych z wymianą ciepła i wilgoci, pozwala na uniknięcie wielu wad korozyjnych i fizycznych. Szczególnie dotyczy to przegród ocieplonych od wewnątrz.

W pracy zaprezentowano wyniki obliczeń i analiz parametrów fizycznych złączy ścian zewnętrznych: połączenie ścian zewnętrznych w narożniku (przypadek A i B) oraz połączenie ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę (przypadek C), uwzględniając zmienne parametry powietrza zewnętrznego w okresie roku kalendarzowego (rysunek 1, 2, 3).

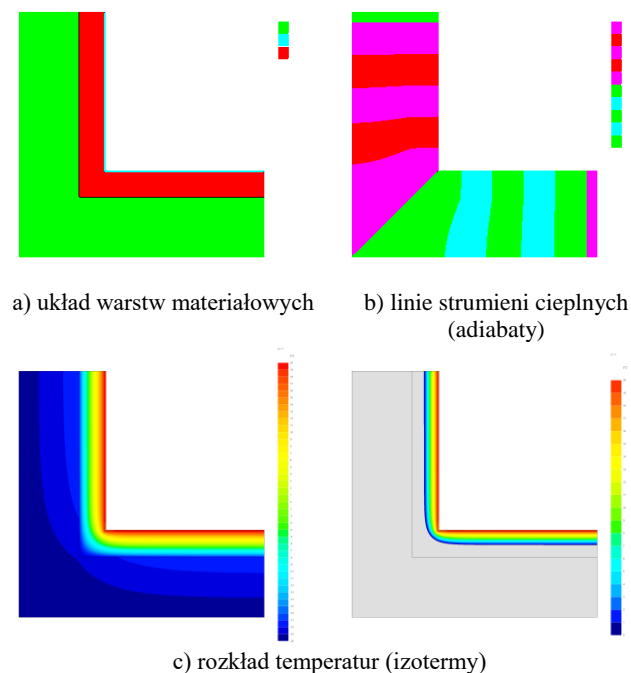
Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- ściana zewnętrzna dwuwarstwowa: cegła pełna gr. 38 cm  $\lambda=0,77 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , płyty rezolowe gr. 8cm (wariant I) i 16 cm (wariant II)  $\lambda=0,022 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , tynk gipsowy gr. 1 cm  $\lambda=0,40 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,
- stolarka okienna o współczynniku przenikania ciepła  $U_w=0,762 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ,
- modelowanie złączy wykonano zgodnie z zasadami prezentowanymi w PN-EN ISO 10211:2008 [4] i pracy [5],
- opory przejmowania ciepła ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$ ) przyjęto zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008 [6] przy obliczeniach strumieni ciepłych oraz wg PN-EN ISO 13788:2003 [7] przy obliczeniach rozkładu temperatur i czynnika temperaturowego  $f_{Rsi(2D)}$ ,
- temperatura powietrza wewnętrznego  $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  (pokój dzienny), temperatura powietrza zewnętrznego  $t_e$  – średnie miesięczne (styczeń-grudzień) dla Bydgoszczy.

W celu poszukiwania poprawnego rozwiązania układu materiałowego złącza budowlanego, spełniającego obowiązujące wymagania cieplno-wilgotnościowe, wykonano szczegółowe obliczenia parametrów fizycznych (w kilku wariantach obliczeniowych):

- strumień ciepły  $\Phi$  [W],
- współczynnik przenikania ciepła pełnej przegrody  $U$  ( $U_{ID}$ ) [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ],
- czynnik temperaturowy dla pełnej przegrody  $f_{Rsi(1D)}$  [-],
- liniowy współczynnik sprzężenia cieplnego  $L^{2D}$  [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ],
- liniowy współczynnik przenikania ciepła (określający dodatkowe straty ciepła wynikające z występowania liniowych mostków cieplnych wg wymiarowania wewnętrznego)  $\Psi_i$  [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]; w przypadku połączenia ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę określono gałęziowe współczynniki przenikania ciepła /dla części ściany zewnętrznej  $\Psi_{i,sc}$ / i /dla okna  $\Psi_{i,o}$ / - tabela 2,
- temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego  $t_{min}$  [ $^\circ\text{C}$ ],

- czynnik temperaturowy, określony na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego  $f_{Rsi(2D)}$  [-].  
Szczegółowe procedury obliczeniowe parametrów fizycznych przegród zewnętrznych i ich złączy przedstawiono w pracy [5].



Rys. 1. Analizowany narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz (dwie gałęzie)

Fig. 1. Analyzed corner of external walls insulated from the inside (two branches): a) material layers system, b) lines of heat fluxes (adiabats), c) heat distribution (isotherm)

Wyniki obliczeń parametrów cieplnych połączenia ścian zewnętrznych w narożniku zestawiono w tabeli 1.

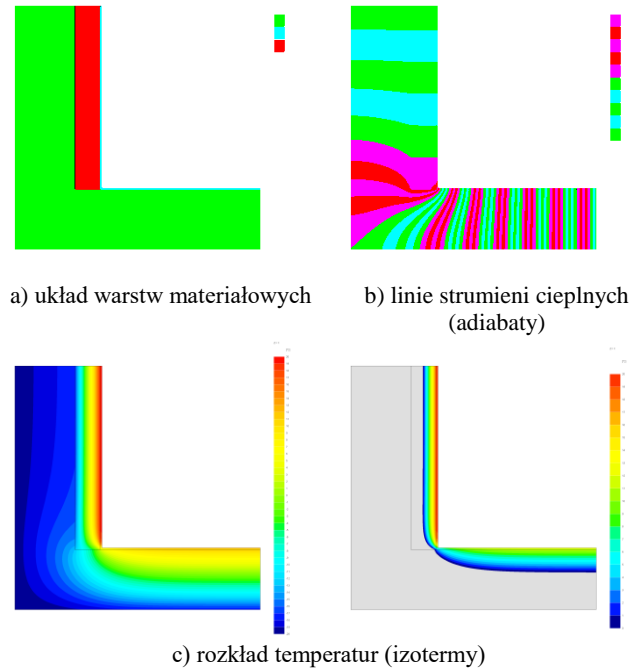
Tabela 1. Wyniki obliczeń parametrów fizycznych analizowanych narożników ścian zewnętrznych ocieplonych od wewnątrz

Table 1. The results of physical parameters analysed corners of exterior walls interior insulated

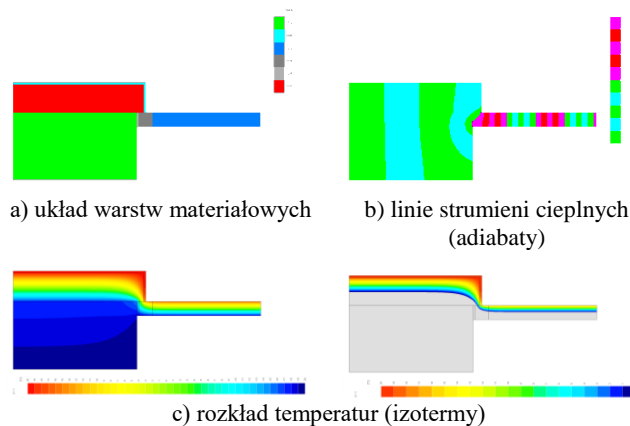
Wariant	$U$ ( $U_{ID}$ ) [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]	$f_{Rsi(1D)}$ [-]	$\Phi$ [W]	$L^{2D}$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	$\Psi_i$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]
IA	0,231	0,970	19,29	0,482	0,020
IIA	0,126	0,984	10,66	0,267	0,015
IB	0,231/ 1,452	0,970/ 0,806	76,23	1,906	0,204
IIB	0,126/ 1,452	0,984/ 0,806	71,94	1,799	0,202

W tabeli 2 przedstawiono wyniki parametrów cieplnych połączenia ściany zewnętrznej ocieplonej od wewnątrz

z oknem w przekroju przez ościeżnicę /ocieplenie tworzy tzw. wewnętrzny węgierek/.



Rys. 2. Analizowany narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz (jedna gałąź)  
Fig. 2. Analyzed corner of external walls insulated from the inside (one branch): a) material layers system, b) lines of heat fluxes (adiabats), c) heat distribution (isotherm)



Rys. 3. Analizowane rozwiązania materiałowe połączenia ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę  
Fig. 3. Analyzed material solution for external wall joint with a window in cross-section through the frame: a) material layers system, b) lines of heat fluxes (adiabats), c) heat distribution (isotherm)

Tabela 2. Wyniki obliczeń parametrów fizykalnych połączenia ściany zewnętrznej ocieplonej od wewnątrz z oknem  
Table 2. Physical parameters of external wall-window joint insulated from the inside

Wariant	$U (U_{ID})$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$f_{Rsi.(1D)}$ [-]	$\Phi$ [W]	$L^{2D}$ [W/(m·K)]	$\Psi_i$ [W/(m·K)]
IC	$U_{sc.}=0,231$ $U_w=0,762$	0,970	28,30	0,708	0,041 <sup>*)</sup> 0,047 <sup>**)</sup> -0,006 <sup>***)</sup>
IIC	$U_{sc.}=0,126$ $U_w=0,762$	0,984	25,47	0,637	0,048 <sup>*)</sup> 0,058 <sup>**)</sup> -0,010 <sup>***)</sup>

<sup>\*)</sup> liniowy współczynnik przenikania ciepła /całkowity/  
<sup>\*\*)</sup> gałęziowy współczynnik przenikania ciepła w odniesieniu do ściany zewnętrznej  $\Psi_{i.sc.}$   
<sup>\*\*\*)</sup> gałęziowy współczynnik przenikania ciepła w odniesieniu do okna  $\Psi_{i.o.}$

W drugim etapie obliczeń (tabela 3÷5) określono:

- wartości temperatur minimalnych ( $t_{min.}$ ) na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu występowania mostka cieplnego /dla analizowanych złączy/ przy założeniu średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego dla Bydgoszczy /styczeń-grudzień/ oraz temperatury powietrza wewnętrznego  $t_i=20^\circ\text{C}$ ,
- wartości czynników temperaturowych  $f_{Rsi.(2D)}$  na podstawie  $t_{min.}$ ,
- wartości granicznych (krytycznych) czynników temperaturowych ( $f_{Rsi.(kryt.)}$ ) uwzględniając parametry powietrza zewnętrznego ( $t_e, \phi_e$  dla Bydgoszczy) i powietrza wewnętrznego ( $t_i=20^\circ\text{C}$ , III klasa wilgotności).

Tabela 3. Wyniki obliczeń temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz czynnika temperaturowego  $f_{Rsi}$  (narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz)

Table 3. Calculation results for temperature on internal partition surface and temperature factor  $f_{Rsi}$  (external wall corner insulated from the inside)

m-c	$t_e$ [°C]	$\phi_e$ [%]	$t_{min.} [^\circ\text{C}] / f_{Rsi.(2D)} [-]$		$f_{Rsi.(kryt.)}$ [-]
			wariant IA	wariant IIA	
I	-0,7	87,6	17,26 / 0,895	18,14 / 0,931	0,778
II	0,0	87,3	17,35 / 0,895	18,21 / 0,931	<b>0,785</b>
III	0,0	76,5	17,35 / 0,895	18,21 / 0,931	0,745
IV	6,6	69,3	18,23 / 0,895	18,80 / 0,931	0,545
V	14,2	67,9	19,23 / 0,895	19,48 / 0,931	0,116
VI	14,5	70,8	19,27 / 0,895	19,51 / 0,931	0,196
VII	17,3	76,0	19,64 / 0,895	19,76 / 0,931	0,141
VIII	16,4	77,6	19,52 / 0,895	19,68 / 0,931	0,331
IX	11,0	79,4	18,81 / 0,895	19,19 / 0,931	0,544
X	8,1	83,7	18,42 / 0,895	18,93 / 0,931	0,646
XI	5,2	87,2	18,04 / 0,895	18,67 / 0,931	0,709
XII	1,9	89,0	17,60 / 0,895	18,38 / 0,931	0,762
-	-20,0	-	14,70 / 0,895	17,24 / 0,931	<b>0,785</b>

Tabela 4. Wyniki obliczeń temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz czynnika temperaturowego  $f_{Rsi}$  (narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz – jedna gałąź)

Table 4. Calculation results for temperature on internal partition surface and temperature factor  $f_{Rsi}$  (external wall corner insulated from the inside – one branch)

m-c	$t_e$ [°C]	$\phi_e$ [%]	$t_{min. [°C]} / f_{Rsi(2D)} [-]$		$f_{Rsi(kryt.)}$ [-]
			wariant IB	wariant IIB	
I	-0,7	87,6	10,58 / 0,545	10,82 / 0,556	0,778
II	0,0	87,3	10,90 / 0,545	11,13 / 0,556	<b>0,785</b>
III	0,0	76,5	10,90 / 0,545	11,13 / 0,556	0,745
IV	6,6	69,3	13,90 / 0,545	14,06 / 0,556	0,545
V	14,2	67,9	17,36 / 0,545	17,43 / 0,556	0,116
VI	14,5	70,8	17,50 / 0,545	17,53 / 0,556	0,196
VII	17,3	76,0	18,77 / 0,545	18,80 / 0,556	0,141
VIII	16,4	77,6	18,36 / 0,545	18,40 / 0,556	0,331
IX	11,0	79,4	15,91 / 0,545	16,01 / 0,556	0,544
X	8,1	83,7	14,59 / 0,545	14,72 / 0,556	0,646
XI	5,2	87,2	13,27 / 0,545	13,43 / 0,556	0,709
XII	1,9	89,0	11,77 / 0,545	11,97 / 0,556	0,762
-	-20,0	-	1,81 / 0,545	2,26 / 0,556	<b>0,785</b>

Tabela 5. Wyniki obliczeń temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz czynnika temperaturowego  $f_{Rsi}$  (połączenie ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę)

Table 5. Calculation results for temperature on internal partition surface and temperature factor  $f_{Rsi}$  (external wall joint with a window in a cross-section through the frame)

m-c	$t_e$ [°C]	$\phi_e$ [%]	$t_{min. [°C]} / f_{Rsi(2D)} [-]$		$f_{Rsi(kryt.)}$ [-]
			wariant IC	wariant IIC	
I	-0,7	87,6	15,64 / 0,789	15,43 / 0,779	0,778
II	0,0	87,3	15,79 / 0,789	15,58 / 0,779	<b>0,785</b>
III	0,0	76,5	15,79 / 0,789	15,58 / 0,779	0,745
IV	6,6	69,3	17,18 / 0,789	17,04 / 0,779	0,545
V	14,2	67,9	18,78 / 0,789	18,72 / 0,779	0,116
VI	14,5	70,8	18,84 / 0,789	18,79 / 0,779	0,196
VII	17,3	76,0	19,43 / 0,789	19,40 / 0,779	0,141
VIII	16,4	77,6	19,24 / 0,789	19,21 / 0,779	0,331
IX	11,0	79,4	18,10 / 0,789	18,01 / 0,779	0,544
X	8,1	83,7	17,49 / 0,789	17,37 / 0,779	0,646
XI	5,2	87,2	16,88 / 0,789	16,73 / 0,779	0,709
XII	1,9	89,0	16,19 / 0,789	16,00 / 0,779	0,762
-	-20,0	-	11,58 / 0,789	11,17 / 0,779	<b>0,785</b>

### 3. ANALIZA PARAMETRÓW FIZYKLANYCH WYBRANYCH ZŁĄCZY

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń (tabele 1÷5) można stwierdzić, że analizowane złącza generują dodatkowe straty ciepła określone m.in. w postaci liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_i$  [W/(m·K)] oraz obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody  $t_{min.}$  [°C]. Parametry fizykalne złączy ścian

zewnętrznych po ociepleniu od wewnątrz zależą od usytuowania i grubości materiału termoizolacyjnego. Należy zwrócić uwagę, że ocieplenie od wewnątrz tylko jednej gałęzi narożnika powoduje znacznie wyższe dodatkowe straty ciepła ( $\Phi$ ,  $L^{2D}$ ,  $\Psi_i$ ) oraz obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody ( $t_{min.}$ ,  $f_{Rsi(2D)}$ ) – tabele 1÷5. Takie rozwiązanie powoduje ryzyko występowania kondensacji na wewnętrznej powierzchni przegrody (rozwój pleśni i grzybów pleśniowych), kondensacji międzywarstwowej oraz zwiększenie ilości energii koniecznej do ogrzania pomieszczeń o żądanej temperaturze. Wyniki w zakresie kondensacji międzywarstwowej, przy zróżnicowanym zastosowaniu materiału termoizolacyjnego, zaprezentowano w pracach [2, 3, 8].

Spełnienie kryterium w zakresie uniknięcia występowania ryzyka kondensacji powierzchniowej (rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych):  $f_{Rsi(2D)} \geq f_{Rsi(kryt.)}$ , wymaga określenia wartości  $f_{Rsi(2D)}$  na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego (2D)  $t_{min.}$  [°C] oraz wartości  $f_{Rsi(kryt.)}$  uwzględniającej parametry powietrza wewnętrznego i zewnętrznego (wilgotność i temperatura powietrza). Wg normy PN-EN ISO 13788:2003 [7] czynnik temperaturowy  $f_{Rsi(kryt.)}$  oblicza się lub przyjmuje w zależności od zastosowanego w budynku rodzaju wentylacji (wentylacja grawitacyjna – dominująca w budownictwie mieszkaniowym lub wentylacja mechaniczna, będąca często składnikiem systemów klimatyzacyjnych, pozwalających w prawie dowolny sposób kształtować właściwości mikroklimatu wnętrza). Wartość maksymalna (tabele 3÷5) z 12 miesięcy w odniesieniu do lokalizacji (Bydgoszcz)  $f_{Rsi(max)}=f_{Rsi(kryt.)}=0,785$  (luty). Oznacza to, że w każdym miesiącu roku i dla każdych innych wartości temperatur brzegowych dla uniknięcia kondensacji powierzchniowej  $f_{Rsi(2D)}$  powinien być większy od 0,785. W pewnych przypadkach (szczególnie B i C – tabela 3÷5) warunek:  $f_{Rsi(2D)} \geq f_{Rsi(kryt.)}$  nie został spełniony w związku z tym istnieje możliwość (ryzyko) występowania kondensacji na wewnętrznej powierzchni przegrody.

W rozporządzeniu [1], mimo uznania normy PN-EN ISO 13788 [7] za obowiązującą w projektowaniu, istnieje odstępstwo od jej wymagań, polegające na przyjęciu średniej miesięcznej wilgotności względnej powietrza wewnętrznego w stałej wartości  $\phi_i=0,50$  (50 %) (punkt 2.2.2 Załącznika nr 2 [1]) dla pomieszczeń z temperaturą wewnętrzną równą co najmniej 20°C. Równocześnie dopuszczono (bez obliczeń) dla tych pomieszczeń przyjmowanie wartości czynnika  $f_{Rsi(kryt.)} = 0,72$ , co praktycznie oznacza rezygnację z ustalania klas wilgotności pomieszczeń zaopatrzonych w wentylację grawitacyjną. To odstępstwo, nie pozwala na uwzględnienie w obliczeniach wilgotnościowych realnych warunków lokalizacyjnych

(klimatycznych) oraz mikroklimatycznych badanego budynku, przynajmniej w odniesieniu do pomieszczeń o temperaturze wewnętrznej  $t_i \geq 20^\circ\text{C}$ , dość drastycznie obniżając poziom wymagań w zakresie ochrony przed zagrzybieniem budynków położonych w Polsce w ostrzejszych strefach klimatycznych (strefa IV i V).

#### 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Docieplenie ścian zewnętrznych od wewnątrz jest powszechnie stosowanym działaniem w zakresie termomodernizacji istniejących budynków w celu osiągnięcia obowiązujących i zmieniających się wymagań w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym.

Projektowanie tego typu dociepleń na podstawie obliczeń przybliżonych, np. dotyczących tylko płaskiej przegrody, określając współczynnik przenikania ciepła  $U$  ( $U_{1D}$ ) i czynnik temperaturowy  $f_{Rsi(1D)}$  – tabela 1 i 2 jest niedopuszczalne. Zasadne staje się wykonanie obliczeń parametrów fizykalnych złączy przegród zewnętrznych z uwzględnieniem odpowiednich parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego oraz przeprowadzenie symulacji komputerowej dotyczącej analizy stanu wilgotnościowego przegrody w określonym okresie eksploatacji, prezentowane m.in. w [8]. Na ich podstawie należy opracować karty katalogowe poprawnie zaprojektowanych złączy ścian zewnętrznych po ociepleniu od wewnątrz.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz proponuje się wycofanie z przepisów rozporządzenia [1] zapisu dopuszczającego stosowanie wartości granicznej  $f_{Rsi}$  na poziomie 0,72. Autor zauważa także potrzebę opracowania wytycznych projektowych w aspekcie wilgotnościowym z określeniem wartości krytycznych  $f_{Rsi}$  przy uwzględnieniu specyficznych warunków parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego.

Obniżanie wartości granicznych współczynników przenikania ciepła  $U_{c(max)}$  bez uwzględniania przepływów ciepła w polu (2D) i (3D), czyli mostków cieplnych, powoduje rzeczywiste dopuszczenie większych strat ciepła przez przegrody budowlane i ich złącza. Ponadto zasadne staje się określenie wartości granicznych liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_{max}$  na poziomie  $0,05 \div 0,10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  w zależności od specyfiki analizowanego złącza.

Rozwiązanie materiałowe ocieplenia przegród budynku od strony wewnętrznej zależy od następujących czynników: eksploatacja pomieszczeń, rodzaj materiału konstrukcyjnego ścian oraz materiału użytego do ocieplenia, technologia zamocowania dodatkowej termoizolacji.

#### PHYSICAL PARAMETERS OF EXTERNAL WALL JOINTS INSULATED FROM THE INSIDE – CASE STUDY

**Summary:** Insulation of external partitions from the inside has been designed and built for many years for a group of buildings which because of various reasons cannot or should not be insulated from the outside. In the article there is introduced characteristics of using external walls and their joints insulation from the outside. Numeric calculation of physical parameters was done for selected joints of external walls using TRISCO computer program with various situation of insulation and taking into account internal and external air temperature. Based on calculations and analyzed there were formulated design recommendations resulting from application of wall insulation from the inside taking into account heat and humidity criteria.

**Key words:** physical parameters, external wall, construction joint, insulation from the inside

#### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 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] Wesołowska M., Pawłowski K. *Aspekty związane z dostosowaniem obiektów istniejących do standardu budownictwa energooszczędnego*. Agencja Reklamowa TOP Włocławek, Włocławek 2016
- [3] Dybowska-Józefiak M., Pawłowski K. *Analiza rozwiązań materiałowych przegród zewnętrznych ocieplonych od wewnątrz*. Materiały budowlane 1 (2017) 31-33
- [4] PN-EN ISO 10211:2008 *Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe*
- [5] Pawłowski K. *Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy*. GW Medium Warszawa, 2016
- [6] PN-EN ISO 6946:2008 *Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania*
- [7] PN-EN ISO 13788:2003 *Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji. Metody obliczania*
- [8] Dybowska-Józefiak M., Pawłowski K. *Renowacja ścian zewnętrznych budynków ocieplonych od wewnątrz – wybrane aspekty fizykalne*. Materiały budowlane 11 (2015) 128-130