

jakości termicznej przegród w Programie Priorytetowym [2]. Należy także zwrócić uwagę na znaczne różnice w wynikach otrzymywanych z zastosowaniem opcji A i opcji B metody normowej [8] (tabela 4), szczególnie przy obecnych wymaganych poziomach wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła [2].

Podsumowanie

Otrzymane wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła, w przypadku najczęściej spotykanych w Polsce typowych rozwiązań węzła posadowienia bezpośredniego liniowego, są o wiele korzystniejsze od orientacyjnych podanych w normie PN-EN ISO 14683:2008 [9] wynoszących średnio $0,50 \div 0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Także wartość graniczna mostków w obsza-

rze posadowienia budynków na gruncie wynosząca w Programie Priorytetowym NFOŚiGW [2] $0,15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, dla przedstawionego rozwiązania nie została przekroczona, niezależnie od stosowanego sposobu wymiarowania i opcji obliczeń (A i B).

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690, z póź. zm.).
- [2] Program Priorytetowy NFOŚiGW „Poprawa efektywności energetycznej”.
- [3] Pawłowski K.: Projektowanie podłóg w świetle nowych wymagań cieplnych, Izolacje 1/2014, s. 26 – 33.
- [4] Sedlakova A., Majdeln P., Tazky L.: Budynki energooszczędne – strefa kontaktu z gruntem. Czasopismo techniczne. Budow-

nictwo. 3-B (8)/2014, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2014, s. 425 – 432.

[5] Wesłowska M., Hołownia P.: Izolacje termiczne posadzek budynków niepodpiwniczonych ze ścianami jednowarstwowymi, Budownictwo energooszczędne pod red. A. Stachowicza, tom II, materiały konferencyjne VII Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna, Energodom 2004, Kraków 2004.

[6] PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

[7] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.

[8] PN-EN ISO 13370:2008 Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Przenoszenie ciepła przez grunt. Metody obliczania.

[9] PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.

Otrzymano 03.03.2015 r.

dr inż. Maria Wesłowska^{1*)}

dr inż. Paula Szczepaniak¹⁾

Kształtowanie węzła połączenia z gruntem w systemowym budynku niskoenergetycznym

Shaping of junction of low energetic system buildings with ground

DOI: 10.15199/33.2015.05.36

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. Artykuł porusza temat strat ciepła połączenia niepodpiwniczonego budynku niskoenergetycznego z gruntem. Analizowane są modyfikacje sposobu posadowienia w aspekcie jakości cieplnej tego węzła konstrukcyjnego. Porównano rozwiązania systemowe fundamentów liniowych z fundamentem płytowym.

Słowa kluczowe: budynek niskoenergetyczny, podłoga na gruncie, mostek termiczny.

Abstract. The article discusses a subject of thermal losses for a junction of non-cellar low-energetic building with ground. There are analyzed the ways of settlement in aspect of junction thermal quality. System solutions of linear and plate foundations are compared.

Keywords: low-energy building, slab-on-ground floor, thermal bridge.

Od 2008 r. w Polsce zostały zintensyfikowane działania mające na celu ograniczenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania budynków. Ich bezpośrednim przełożeniem jest konsekwentne zaostrzenie wymagań ochrony cieplnej [2]. Wprowadzono obowiązek sporządzania charakterystyk energetycznych na etapie projektowania i oddania budynku do użytkowania [4]. Jednocześnie

uruchomiono system zachęt dla inwestorów do wprowadzania rozwiązań energooszczędnych i OZE [1]. Jedną z nich jest Program Priorytetowy NFOŚiGW pt. „Poprawa efektywności energetycznej”, w którym zdefiniowano dwa standardy energetyczne budynków: NF15 i NF40. Zgodnie z wytycznymi programu, właściwości cieplne budynku są ostrzejsze niż przewidywane perspektywicznymi wymaganiami na 2021 r. (tabela 1). Zarówno w warun-

Tabela 1. Wymagania ochrony cieplnej dotyczącej podstawowych elementów budynku [2, 3]

Table 1. Requirements of thermal protection for basics building elements

Współczynnik przenikania ciepła U	Warunki Techniczne				Standard NFOŚiGW	
	2008 r.	2014 r.	2017 r.	2021 r.	NF40	NF15
Ściana ($T_1 > 16 \text{ }^\circ\text{C}$)	0,30	0,25	0,23	0,20	0,15	0,10
Dach	0,25	0,20	0,18	0,15	0,12	0,10
Podłoga na gruncie	0,45		0,30		0,20	0,12

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: marysia@utp.edu.pl

kach technicznych, jak i programie dopłat, wyeksponowano konieczność obliczeń energetycznych budynków, w których uwzględnia się właściwości cieplne przegród, geometrię oraz mostki termiczne generowane przez węzły konstrukcyjne [6, 7, 8]. W budynkach niskoenergetycznych mostki odgrywają istotną rolę w bilansie cieplnym. Podkreślono to w wytycznych Programu Priorytetowego [3], wprowadzając graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych (tabela 2).

Tabela 2. Wartości graniczne liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych wg [3]

Table 2. Maximum values of linear thermal transmittance of thermal bridges according to [3]

Mostek cieplny	Ψ_{\max} [W/(m·K)]	
	NF15	NF40
W obszarze posadowienia budynków na gruncie	0,15*	
Płyty balkonowe	0,01	0,30
Pozostałe mostki cieplne	0,01	0,10

* wyjątek wprowadzony w sierpniu 2014 r.

Indywidualny projekt budynku spełniającego wytyczne Programu wymaga więc od projektanta szczegółowych obliczeń cieplnych przegród i ich węzłów [11].

Pewną alternatywą są gotowe systemy budynków niskoenergetycznych bazujące na idei deskowań traconych. Unifikacja elementów z jednej strony pozwala na dopracowanie węzłów konstrukcyjnych również pod względem ciepło-wilgotnościowym, z drugiej zaś wprowadza ograniczenia wynikające z idei systemu. Przykładem może być technologia Ekobud, w której jako deskowanie tracone wykorzystuje się zewnętrzną płytę styropianową (izolacja termiczna) i wewnętrzną płytę cementowo-wiórową (suchy tynk) [5].

Powstająca w tym rozwiązaniu ściana dwuwarstwowa i związane z nią węzły konstrukcyjne są typowe dla technologii tradycyjnej udoskonalonej. Szczególnym węzłem jest połączenie budynku z gruntem [9].

Modyfikacje węzła połączenia budynku z gruntem i model obliczeniowy

Niezależnie od proponowanego systemu, węzeł połączenia budynku z gruntem musi zapewniać właściwą stabilizację budynku w gruncie, minimalizację strat ciepła oraz odpowiednią jakość wilgotnościową w aspekcie ochrony przed wilgocią gruntową i kondensacją. W przypadku posadowienia bezpośredniego można wyróżnić dwa podstawowe rozwiązania: **fundament liniowy i fundament płytowy**. Głównym czynnikiem decydującym o możliwości zastosowania jednego lub drugiego posadowienia są wytyczne dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Informacja o rodzaju i podstawowych parametrach gruntu w podłożu budowlanym jest niezbędna do określenia, czy jest to grunt wysadzinowy. Orientacyjne oszacowanie podatności na działanie mrozu można przeprowadzić na podstawie rozkładu uziarnienia wg PN-EN ISO 13793 [13]. Decyduje to o minimalnej głębokości posadowienia fundamentów liniowych lub o ewentualnej wymianie gruntu na niewysadzinowy w przypadku fundamentów płytowych.

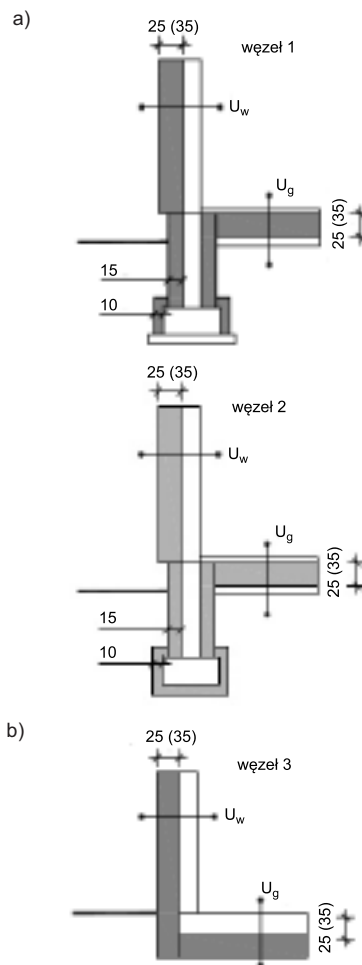
Spełnienie warunku minimalizacji strat ciepła jest możliwe przy zachowaniu ciągłości izolacji termicznej obudowy, co jest spełnione w przypadku płyty fundamentowej (rysunek 1). W sytuacji posadowienia na ławach fundamentowych, gdy naprężenia pod ławą przekraczają 150 kPa, styropian wykazuje ścisłość zagrażającą przekroczeniem stanu granicznego użyteczności. Posadowienie budynku na płycie na ogół wyklucza taką ewentualność.

Wielkością wyjściową do określenia strat ciepła jest współczynnik przenoszenia ciepła H_g , obliczamy zgodnie z PN-EN ISO 13370:2008 [12] jako:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_g \quad (1)$$

gdzie:

A – pole powierzchni podłogi [m^2];
 U – współczynnik przenikania ciepła podłogi zgodnie z PN-EN ISO 13370 [$W/(m^2 \cdot K)$];
 P – wyeksponowany obwód podłogi [m];
 Ψ_g – liniowy współczynnik przenikania ciepła związany z połączeniem ściana-podłoga [$W/(m \cdot K)$].



Rys. 1. Możliwe rozwiązania posadowienia budynku niskoenergetycznego: a) fundament liniowy z izolacją obwodową w technologii Ekobud; b) fundament płytowy

Fig. 1. The possible solutions for foundation of low-energy building: a) foundation linear with perimeter isolation in technology Ekobud; b) baseplate

W Programie Priorytetowym [3] wymagane jest stosowanie wymiarowania zewnętrznego, w przypadku którego Ψ_g oblicza się wg wzoru [11]:

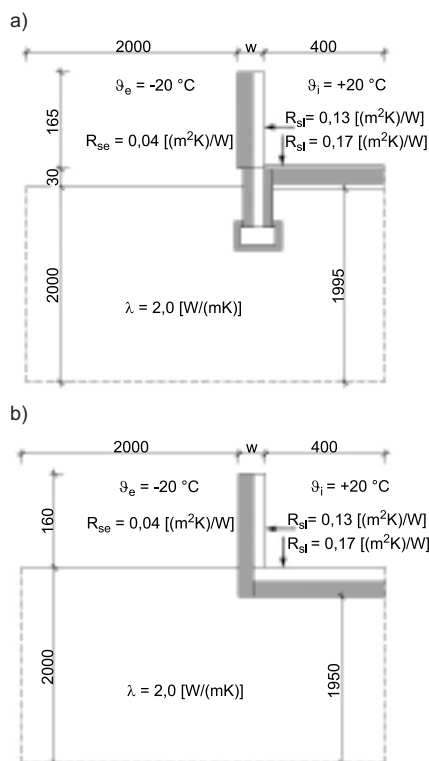
$$\Psi_g = L_{2D} - h_w \cdot U_w - 0,5 \cdot B' \cdot U_g \quad (2)$$

gdzie:

L_{2D} – współczynnik sprzężenia cieplnego z obliczenia dwuwymiarowego [$W/(m \cdot K)$];
 h_w – minimalna odległość od połączenia do płaszczyzny przekroju poprzecznego [m];
 B' – wymiar charakterystyczny [m];
 U_w – współczynnik przenikania ciepła ściany powyżej gruntu [$W/(m^2 \cdot K)$];
 U_g – współczynnik przenikania ciepła podłogi wg PN-EN ISO 13370 [$W/(m^2 \cdot K)$].

W celu obliczenia współczynnika sprzężenia cieplnego przyjęto model obliczeniowy zgodny z PN-EN ISO 10211 [11]

dla ogólnego przypadku budynku o $B' = 8,0$ m (rysunek 2). Budynek zlokalizowany jest w III strefie klimatycznej [14].



Rys. 2. Modele obliczeniowe węzłów podłogi: a) fundament liniowy; b) fundament płytowy

Fig. 2. Computational models of wall/floor junctions: a) linear foundation, b) baseplate

Wyniki obliczeń i analiza

Przeanalizowano trzy modyfikacje węzła (rysunek 1). Na podstawie obliczeń numerycznych uzyskano wartości strumieni ciepła, które posłużyły do wyliczenia liniowych współczynników przenikania ciepła związanych z połączeniem ściana-podłoga. W przypadku budynku o $B' = 8,0$ m ustalono wartość $P = 64,0$ m i $A = 256$ m². Większa izolacyjność termiczna ściany i podłogi zwiększa wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła ściana-podłoga (tabela 3). Wpływ mostka

termicznego w przypadku fundamentu liniowego jest przeszło trzykrotnie większy dla standardu NF15 i dwa razy większy dla standardu NF40 w porównaniu z fundamentem płytowym. Zapewnienie ciągłości izolacji obwodowej pod fundamentem liniowym w niewielkim stopniu zmniejsza ten wpływ, niezależnie od izolacyjności termicznej przegród. Zwiększanie grubości izolacji obwodowej ściany fundamentowej nie zapewnia odpowiedniej poprawy jakości cieplnej węzła (tabela 4).

Tabela 4. Analiza kierunku modyfikacji izolacji termicznej fundamentu liniowego

Table 4. Thermal insulations analysis of foundation linear

Wezeł	Standard NF15 $U_w = 0,088$ [W/(m ² ·K)] $U_g = 0,083$ [W/(m ² ·K)]			Zmodyfikowany węzeł 2
	Ψ_g [W/(m·K)]	H_g [W/K]	$(\Psi_g \cdot P/H_g) \cdot 100\%$	
1	0,0719	25,85	18	
2	0,0584	24,99	15	

Podsumowanie

Analizowany węzeł stanowi niewaligiczną część budynku, w której narwarstwa się kilka funkcji: posadowienie; zabezpieczenie przeciwwilgociowe i termiczne budynku. Tradycyjne rozwiązanie w formie fundamentu liniowego, przy pewnych warunkach, pozwala na zachowanie wymaganej w budynkach niskoenergetycznych ciągłości izolacji termicznej i właściwej głębokości posadowienia z uwagi na wysadzinowość gruntu. Rozwinięta obwiednia węzła generuje jednak duży strumień ciepła w obrębie tego złącza. Jest to spowodowane efektem żebra chłodzącego [10], które tworzą ściana i ława fundamentowa.

Tabela 3. Analiza jakości cieplnej modyfikacji węzła ściana-podłoga

Table 3. Thermal quality analysis of modified wall/floor junction

Wezeł	Standard NF15 $U_w = 0,088$ W/(m ² ·K); $U_g = 0,083$ [W/(m ² ·K)]			Standard NF40 $U_w = 0,121$ [W/(m ² ·K)]; $U_g = 0,108$ [W/(m ² ·K)]		
	Ψ_g [W/(m·K)]	H_g [W/K]	$(\Psi_g \cdot P/H_g) \cdot 100\%$	Ψ_g [W/(m·K)]	H_g [W/K]	$(\Psi_g \cdot P/H_g) \cdot 100\%$
1	0,1093	28,24	25	0,0734	32,35	15
2	0,1010	27,71	23	0,0650	31,81	13
3	0,0260	22,91	7	0,0377	30,06	8

W związku z wysoką izolacyjnością przegród tworzących węzeł, udział tego mostka w stratach ciepła jest bardzo duży. Rozpatrując sposób posadowienia pod tym kątem, korzystniejsze jest zastosowanie płyty fundamentowej.

Literatura

- [1] Dom energooszczędny, Zeszyt 12, program edukacyjno-informacyjny „Dom przyjazny”, ARDO-STUDIO, 2009.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690, z późniejszymi zmianami).
- [3] Program Priorytetowy NFOŚiGW „Poprawa efektywności energetycznej”
- [4] Ustawa z 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane z póź. popr.
- [5] Technologia wykonania energooszczędnych budynków typu EKO-BUD, Grudziądz, 2011.
- [6] Dylla A.: Praktyczna fizyka ciepła budowli, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009.
- [7] Piebiak I.: Energooszczędne metody kształtowania przyziemia oraz posadowienia budynków, Czasopismo techniczne. Budownictwo. 2-B(3)/2012, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012, s. 331 – 336.
- [8] Sedlakova A., Majdeln P., Tazky L.: Budynki energooszczędne – strefa kontaktu z gruntem. Czasopismo techniczne. Budownictwo. 3-B(8)/2014, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2014, s. 425 – 432
- [9] Szczepaniak P., Wesołowska M.: Problem obliczania strat ciepła przez przegrody stykające się z gruntem w budynkach niepodpiwniczonych, Izolacje 9/2009, s. 72 – 75.
- [10] Wiśniewski S., Wiśniewski T. S.: Wymiana ciepła, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
- [11] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [12] PN-EN ISO 13370:2008 Ciepłe właściwości użytkowe budynków. Przenoszenie ciepła przez grunt. Metody obliczania.
- [13] PN-EN ISO 13793:2002 Właściwości cieplne budynków. Projektowanie cieplne posadowień budynków w celu uniknięcia wysadzin mrozowych.
- [14] PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.

Otrzymano 07.01.2015 r.