

**Paweł HELBRYCH**

Politechnika Częstochowska

## **IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA ZEWNĘTRZNYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH WYKONANYCH Z BALI PEŁNYCH**

Przedstawiono wpływ zmian w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 1 stycznia 2014 roku na konstrukcje zewnętrznych przegród budowlanych wykonanych z bali pełnych.

**Słowa kluczowe:** zewnętrzne przegrody budowlane, izolacyjność cieplna, energooszczędność, domy z bali

### **WPROWADZENIE**

Drewno, jako materiał szeroko dostępny oraz w pełni odnawialny, przez wieki było jednym z najpopularniejszych materiałów konstrukcyjnych wykorzystywanych do budowy domów mieszkalnych. W Polsce do końca lat 60. XX wieku zdecydowana większość budynków wiejskich była budowana w konstrukcji drewnianej. Przez lata w naszym kraju panowało przekonanie, że doświadczenie w realizacji budynków o konstrukcji drewnianej ogranicza się do tradycji Podhala i chat góralskich. Po okresie mniejszego zainteresowania inwestorów realizacją budynków ze ścianami zewnętrznymi z drewna litego zaobserwować można od kilkunastu lat renesans tej technologii w nowym układzie materiałowo-konstrukcyjnym.

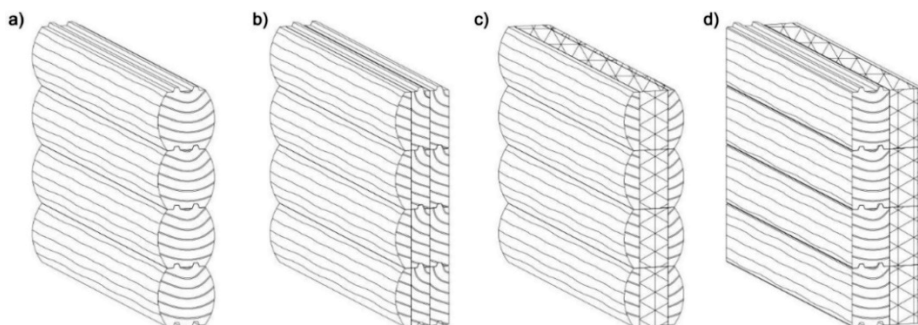
Budynki wznoszone z bali drewnianych charakteryzują się licznymi zaletami, jak na przykład szybkością realizacji, rustykalną estetyką i charakterystycznym „ciepłym klimatem” wewnątrz budynku. Niewątpliwie domy z bali drewnianych pełnych ze względu na wykorzystywany materiał można uznać za elementy tzw. zielonego budownictwa [1, 2].

### **1. ŚCIANY Z BALI DREWNIANYCH W ŚWIEŁLE NOWYCH PRZEPISÓW OCHRONY CIEPLNEJ BUDYNKÓW**

W ostatnich latach można zaobserwować nowe systemowe rozwiązania budynków o monolitycznych ścianach drewnianych. Systemy te posiadają ogólną nazwę „domów z bali”, jednak nie jest to nazwa do końca właściwa, ponieważ według

nomenklatury PN-D-94021:2013-10 [3] balem można nazwać element drewniany o grubości od 5 do 10 cm, a pełne ściany w takich budynkach są najczęściej wykonane z elementów grubszych, które należałoby nazwać krawędziakami, okrągłakami lub jako spolszczenie z angielskiego sformułowania „full logs”, czyli bał pełny (rys. 1). Wyróżnić tutaj można systemy ze:

- ścianami z drewna litego - krawędziaków (obrzynanych z trzech lub czterech stron) lub okrągłaków (szlifowanych po zdjęciu kory, obrzynanych tylko z góry i dołu); zwykle leżące na sobie, łączone są za pomocą drewnianych kołków (tzw. tybli), a w narożnikach na wręby, przy czym połączenie uszczelniane jest zazwyczaj sznurem lub uszczelkami z tworzyw sztucznych;
- ścianami z bali klejonych jako prefabrykowane elementy konstrukcyjne, kształtem przypominające bale lite, składające się jednak z kilku warstw drewna klejonego;
- ścianami z bali warstwowych; występują jako element ścienny składający się z okładziny drewnianej, w środku wypełniony materiałem izolacyjnym, np. pianką poliuretanową;
- ścianami warstwowymi, w których bale o grubości 5÷15 cm stanowią zewnętrzną elewację szkieletowej konstrukcji o budowie zbliżonej do szkieletu kanadyjskiego.



Rys. 1. Przegrody zewnętrzne budynków drewnianych wykonane: a) z bali pełnych, b) z bali klejonych, c) z bali izolowanych, d) z bali warstwowych (opracowanie własne)

Z dniem 1 stycznia 2014 roku weszły w życie zmiany w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Zmiany te w dużym stopniu były konsekwencją wdrożenia art. od 4 do 8 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona Dz.U. UE L 153 z 18.06.2010, s. 13). Najważniejsze zmiany w warunkach technicznych dla budynków dotyczą wymogu jednoczesnego spełnienia warunków zapotrzebowania na energię pierwotną, ograniczenia wskaźnika EP oraz izolacyjności termicznej przegród budowlanych, minimalizacji wskaźnika U. Przewidziano zwiększenie wymagań dotyczących wskaźników EP i U w 2017 i 2021 roku. Docelowo od 1 stycznia 2021 roku wszystkie przebudowywane, rozbudowane oraz nowo projek-

towane budynki będą budynkami o bardzo niskim zużyciu energii nieodnawialnej [2, 5].

Zmiany przewidują odpowiednio, że graniczna wartość wskaźnika EP dla budynku mieszkalnego jednorodzinnego, bez instalacji chłodzenia od 1 stycznia 2014 roku ma wynosić 120 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), od 1 stycznia 2017 roku 95 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), a od 1 stycznia 2021 roku 70 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Maksymalny współczynnik przenikania ciepła U dla ścian zewnętrznych przy temperaturze pomieszczenia ogrzewanego powyżej 16°C od 1 stycznia 2014 roku ma wynosić 0,25 W/(m<sup>2</sup>·K), od 1 stycznia 2017 roku 0,23 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), od 1 stycznia 2021 roku 0,20 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Nowe przepisy mają przynieść wiele korzyści, wątpliwości budzi jednak fakt jednakowego traktowania wszystkich rodzajów przegród zewnętrznych, zarówno wielowarstwowych, jak i jednowarstwowych, takich jak ściany wykonane z drewnianych bali pełnych [2, 5].

## 2. IZOLACYJNOŚĆ TERMICZNA ZEWNĘTRZNYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH WYKONANYCH Z DREWNA LITEGO

W Polsce nie ma odrębnych przepisów dotyczących warunków budowy domów z bali pełnych skupiających się zarówno na aspektach technicznych, jak i montażowych. Sytuacja taka w związku ze zmianami w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, a konkretnie ustalenie minimalnej izolacyjności termicznej przegród budowlanych (wskaźnik U) powoduje liczne nieporozumienia [6].

Przed wprowadzeniem zmian, tj. przed 1 stycznia 2014 roku, obowiązywały jedynie wymagania dla domów mieszkalnych jednorodzinnych dotyczące maksymalnego zapotrzebowania na energię pierwotną (wskaźnik EP), które wynosiło 120 kWh/m<sup>2</sup>·rok. W świetle tych przepisów domy z przegrodami zewnętrznymi wykonanymi z bali pełnych mogły spełnić warunek zapotrzebowania na EP przy standardowej szerokości przegrody wynoszącej 30÷35 cm [7].

Obecnie po wprowadzeniu zmian współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej budynku mieszkalnego nie powinien przekraczać 0,25 W/m<sup>2</sup>·K. Oznacza to konieczność radykalnego zwiększenia grubości przegród zewnętrznych wykonanych z bali pełnych w nowo projektowanych budynkach. Poniżej przedstawiono procedurę określania minimalnej grubości zewnętrznej przegrody budowlanej [6, 8].

Współczynnik poprawionego przenikania ciepła przegrody budowlanej określa się ze wzoru

$$U_c = U + \Delta U \quad (1)$$

gdzie:

$U_c$  - poprawiony współczynnik przenikania ciepła przegrody [W/(m<sup>2</sup>·K)],

$U$  - współczynnik przenikania ciepła bez uwzględniania poprawek [W/(m<sup>2</sup>·K)],

$\Delta U$  - człon korekcyjny [W/(m<sup>2</sup>·K)].

$\Delta U$  należy wyznaczać ze wzoru:

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (2)$$

gdzie:

$\Delta U_g$  - poprawka ze względu na pustki powietrzne  $[W/(m^2 \cdot K)]$ ,

$\Delta U_f$  - poprawka ze względu na łączniki mechaniczne  $[W/(m^2 \cdot K)]$ ,

$\Delta U_r$  - poprawka ze względu na dach o odwróconym układzie warstw  $[W/(m^2 \cdot K)]$ .

Dla zewnętrznych przegród budowlanych z bali pełnych należy przyjmować  $\Delta U = 0$ , ponieważ ze względu na jednorodność materiału zakłada się brak pustek powietrznych. Ponadto, rozpatrując zewnętrzną przegrodę budowlaną z bali pełnych, jako przegrodę jednowarstwową, należy wykluczyć konieczność stosowania łączników mechanicznych. Natomiast poprawka ze względu na dach o odwróconym układzie warstw zewnętrznych przegród budowlanych z bali pełnych nie dotyczy [9].

Współczynnik przenikania ciepła bez uwzględniania poprawek należy wyznaczać z równania:

$$U = \frac{1}{R} \quad (3)$$

gdzie  $R_T$  - całkowity opór cieplny przegrody budowlanej.

Całkowity opór przegrody budowlanej oblicza się ze wzoru:

$$R_T = R_p + R_{si} + R_{se} \quad (4)$$

gdzie:

$R_p$  - suma oporu cieplnego wszystkich warstw przegrody budowlanej  $[(m^2 \cdot K)/W]$ ,

$R_{si}$  - opór przyjmowania ciepła dla strony wewnętrznej  $[(m^2 \cdot K)/W]$ ,

$R_{se}$  - opór przyjmowania ciepła dla strony zewnętrznej  $[(m^2 \cdot K)/W]$ .

Dla poziomego przepływu ciepła (tj. dla przegrody zewnętrznej) zaleca się przyjmować obliczeniowe współczynniki przyjmowania ciepła:

$R_{si} = 0,13 (m^2 \cdot K)/W$ ,

$R_{se} = 0,04 (m^2 \cdot K)/W$ ,

$$R_p = \sum_{n=1}^{\infty} R_n \quad (5)$$

gdzie  $R_n$  - opór cieplny kolejnej warstwy przegrody budowlanej

$$R_n = \frac{d}{\lambda} \quad (6)$$

gdzie:

$d$  - grubość warstwy  $[m]$ ,

$\lambda$  - współczynnik przewodzenia ciepła materiału, z którego jest wykonana warstwa w przegrodzie budowlanej  $[W/m \cdot K]$ .

Z analizy powyższych zależności można wyprowadzić wzór na minimalną grubość  $d$  przegrody jednowarstwowej:

$$d \geq \lambda \left( \frac{1}{U_{c(max)}} - R_{si} - R_{se} \right) \quad (7)$$

W świetle obowiązujących przepisów maksymalny współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej budynku mieszkalnego  $U_{c(max)}$  przy temperaturze pomieszczenia ogrzewanego powyżej  $16^{\circ}\text{C}$  nie powinien być większy niż  $0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Współczynnik przewodzenia ciepła dla drewna najczęściej wykorzystywanego jako bale pełne drewniane, tj. świerk, sosna i jodła, według literatury przedmiotowej wynosi  $0,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (przy założeniu przepływu ciepła w poprzek włókien). Po dokonaniu stosownych obliczeń można stwierdzić, że minimalna grubość zewnętrznej przegrody budowlanej wykonanej z bali pełnych, od 2014 roku powinna wynosić  $0,61 \text{ m}$ , od 2017 roku  $0,67 \text{ m}$ , a od 2021 roku  $0,77 \text{ m}$ , co może prowadzić do konieczności zmian w układzie materiałowo-konstrukcyjnym przegród zewnętrznych z bali drewnianych [5, 9].

## PODSUMOWANIE

Obliczone grubości przegród budowlanych zewnętrznych z bali pełnych są wartościami teoretycznymi. W praktyce należałoby wykluczyć jednorodność i zmienność właściwości drewna, co ma znaczny wpływ na izolacyjność cieplną.

W krajach, gdzie popularność domów z bali jest znacznie większa niż w Polsce, tj. Kanada, Stany Zjednoczone, kraje skandynawskie i in., wdrażane są odpowiednie przepisy montażowo-techniczne, które regulują kwestie izolacyjności cieplnej przegród budowlanych w domach z bali. Przepisy opracowano na podstawie badań, według których przegrody z niską izolacyjnością, ale z wysoką pojemnością cieplną (jak domy z bali pełnych), zachowują się podobnie jak przegrody z wysoką izolacyjnością i niską pojemnością cieplną.

Podczas prowadzenia obliczeń teoretycznych izolacyjności cieplnej zewnętrznych przegród budowlanych z bali pełnych przyjmuje się, że przenikalność cieplna drewna jest stała i niezależna od temperatury, tymczasem, wg m.in. badań kanadyjskich, opór cieplny drewna nie jest stały, lecz rośnie wraz ze spadkiem temperatury, więc co za tym idzie, im niższa temperatura otoczenia, tym lepsze właściwości izolacyjne zewnętrznych przegród budowlanych wykonanych z bali pełnych.

Badania przeprowadzone przez Eastern Forest Products Laboratory dowodzą, że opór cieplny drewna na  $1 \text{ cal}$  ( $2,54 \text{ cm}$ ) dla uśrednionej temperatury drewna  $T = 23^{\circ}\text{C}$  wynosi  $1,25 (\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , natomiast dla temperatury  $T = 5^{\circ}\text{C}$  wynosi  $1,8 (\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , więc zwiększa się o około 40%. Domy z bali pełnych posiadają dużą pojemność cieplną, która wpływa bezpośrednio na bezwładność temperaturową. Dzięki temu w domach z bali nie zachodzi zjawisko szybkich zmian temperatury wewnętrznej, co znacząco wpływa na komfort użytkowania budynku.

Domy z bali pobierają znacznie mniej energii na ogrzewanie, niż wynika to z teoretycznych obliczeń współczynnika przenikania ciepła. Przeprowadzając obliczenia wskaźnika  $U$  zewnętrznej przegrody budowlanej wykonanej z bali pełnych, z uwzględnieniem współczynnika przewodności cieplnej materiału, z którego jest wykonana warstwa w przegrodzie budowlanej na poziomie  $\lambda = 0,16 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , rezultat nie jest pełnym odwzorowaniem warunków termicznych panujących w budynku, najczęściej zawyżając wyniki. Przytoczone powyżej wyniki badań potwierdzają konieczność zmiany przepisów w polskim prawie (Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 690) w zakresie jednorodnych przegród budowlanych z bali pełnych, tak aby możliwe było wyznaczenie rzeczywistego wskaźnika przenikania ciepła  $U$ .

## LITERATURA

- [1] Respondek Z., Dom z bali - powrót do tradycji, Warstwy, Dachy i Ściany 2008, 2 (51), 68-69.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona) Dz.U. UE L 153 z 18.06.2010.
- [3] PN-D-94021:2013-10. Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana metodami wytrzymałościowymi.
- [4] Pietrzak A., Technologia wykonania i izolacyjność cieplna domu z bali pełnych, Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym 2013, 1(11), 90-97.
- [5] Nitka W., Wszystko o domach z bali, budujzdrewna.pl (22 listopada 2014).
- [6] Nitka W., Izolacyjność cieplna ścian z bali, budujzdrewna.pl (17 sierpnia 2014).
- [7] Nitka W., Energooszczędne domy z drewna - niedoceniane możliwości, inzynierbudownictwa.pl (5 maja 2013).
- [8] Nitka W., Izolacyjność cieplna domów z bali, inzynierbudownictwa.pl (22 października 2014).
- [9] PN-EN ISO 6946:2008. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.

## HEAT INSULATION EXTERNAL WALLS MADE OF LOG FULL

**The article presents the impact of changes in the Regulation on technical conditions to be met by buildings and their location on January 1st 2014 is construction of external walls made of logs full.**

**Keywords:** external walls, heat insulation, energy efficiency, full log houses