

dr inż. arch. Anna Bać\*  
 dr inż. arch. Krzysztof Cebrat\*  
 dr inż. Łukasz Nowak\*\*

# Podwójna przegroda w zrównoważonym domu blisko zeroenergetycznym

*Double envelope in a sustainable nearly net zero energy house*

**Streszczenie.** Autorska koncepcja podwójnej przegrody zewnętrznej w domu jednorodzinnym może być stosowana w budynkach blisko zeroenergetycznych, jakie mają powstawać od 2019 r. Dzięki zastosowanym innowacyjnym rozwiązaniom architektonicznym, materiałowym i instalacyjnym powstał projekt małego domu, spełniającego wysokie standardy energetyczne i zmienne potrzeby mieszkaniowe użytkowników oraz przyjaznego dla środowiska naturalnego.

**Słowa kluczowe:**

**Abstract.** The concept of a double envelope applied in a single-family house is the author's response to the requirements to buildings with nearly net zero energy, which are supposed to be constructed beyond 2019. Thanks to the applied innovative architectural, material and installation solutions, the project for an environmentally friendly small house was created, fulfilling both high energy standards and changeable housing needs.

**Keywords:**

Zaproponowany projekt, zwany także „domem w domu” lub „double skin house” spełnia nowe wymagania efektywności energetycznej zawarte w programie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), który ma na celu promowanie budownictwa energooszczędnego w Polsce i jest odpowiedzią na potrzeby średniozamożnej polskiej rodziny zainteresowanej budową nowoczesnego niskoenergetycznego domu jednorodzinnego, który ponadto charakteryzuje się znacznym obniżeniem kosztów eksploatacji. Zastosowane rozwiązania i parametry techniczne spełniają wymagania wspomnianego programu NFOŚiGW, dzięki czemu umożliwiają skorzystanie z państwowego programu dopłat. Dom osiąga standard tzw. NF15 [1], co oznacza, że zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i wentylacji jest na poziomie nie wyższym niż 15 kWh/(m<sup>2</sup>rok) [2]. Zastosowana strategia projektowa odnosi się nie tylko do efektywności energetycznej, ale zakłada także inne rozwiązania tzw. architektury zrównoważonej. Było to możliwe dzięki zastosowanemu zintegrowanemu procesowi projektowemu – ZPP [3], w którym uczestniczył zespół złożony z architektów, fizyka budowlanego, instalatora, kosztorysanta i konstruktora.

W efekcie uzyskano dom (rysunki 1 i 2) o powierzchni netto 122,83 m<sup>2</sup>, powierzchni zabudowy 255,26 m<sup>2</sup> i kubaturze wewnętrznej 331,64 m<sup>3</sup>. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji domu wynosi 9,49 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Przy inwestycji rzędu 450 tys. PLN netto, za stan surowy zamknięty, wraz z pełnym wyposażeniem technicznym, zapewnia się koszty eksploatacji domu (ogrzewanie i ciepła woda użytkowa) na poziomie 125 PLN miesięcznie.

## Podwójna przegroda

Wygórowane wymagania standardu NF15 odnoszące się do izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych zapewniono dzięki zastosowaniu podwójnej przegrody, nie tylko w formie podwójnej fasady, ale także podwójnego dachu. Zewnętrzna powłoka ścian wykonana jest z drewna, a zewnętrzna powłoka da-



Rys. 1. Widok domu – narożnik od strony tarasu

[Rys. Grupa Synergia]



Rys. 2. Widok domu – wnęki okienne pełniące rolę osłon przeciwsłonecznych

[Rys. Grupa Synergia]

chu z blachy. Zadaniem zewnętrznej powłoki jest zapewnienie ochrony powłoki wewnętrznej przed warunkami atmosferycznymi. W ten sposób w wewnętrznej przegrodzie wyeliminowano przebiecia konstrukcyjne, uzyskano ciągłość izolacji (termicznej i paroszczelnej) strefy mieszkalnej i maksymalną szczelność (na poziomie  $n_{50} = 0,6$  1/h), a jednocześnie zminimalizowano występowanie i wpływ mostków cieplnych. Obliczenia numeryczne przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normowymi [4] w programie THERM [5], a następnie wyznaczono wartości liniowych współczynników przenikania ciepła  $\Psi_0$ , które osiągnęły wartość od -0,056 do 0,025 W/mK. Właściwa przegroda wewnętrzna (ściany i stropodach) wykonana jest jako konstrukcja szkieletowa wypełniona wełną mineralną. Współczynniki przenikania ciepła obliczono zgodnie z obowiązującymi standardami

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Architektury

\*\* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

[6], a ich wartości wynoszą: ścian – 0,086 W/m<sup>2</sup>K i 0,091 W/m<sup>2</sup>K, a stropodachu – 0,074 W/m<sup>2</sup>K. Dodatkowo zastosowano stolarkę okienną i drzwiową wysokiej klasy, zamocowaną w warstwie izolacji cieplnej, dla której (osobno dla każdego elementu) obliczono współczynniki przenikania ciepła, uzyskując wartości w przypadku okien 0,67 – 0,78 oraz drzwi 0,76 – 0,77 W/m<sup>2</sup>K. Dodać należy, że dom ma żelbetową płytę podłogową, izolowaną cieplnie od spodu, o U = 0,117 W/m<sup>2</sup>K.

Powłoka zewnętrzna stwarza jednocześnie bufor ciepły w okresach zimnych, ograniczając dobowe wahania temperatury i zapewniając osłonę wyposażenia technicznego. Natomiast w lecie pełni rolę zacienienia domu. Dodatkowo wnęki okienne od południa, wschodu i zachodu zaprojektowano jako osłony przeciwsłoneczne, które chronią w lecie oraz zapewniają pasywne zyski solarne w zimie. Ponadto ukształtowanie dachu w postaci komina solarnego wyposażonego w uchylne okno zapewnia naturalną wentylację i chłodzenie przestrzeni między powłokami w okresach ciepłych.

### Rozwiązania architektoniczno-technologiczne

Oprócz innowacyjnej podwójnej przegrody, w domu zastosowano także inne rozwiązania wynikające z przyjętej zrównoważonej strategii projektowej [7]. Wiele dokumentów [8] oraz polityka unijna zawarta w pakiecie klimatycznym jasno wyznaczają uwarunkowania współczesnych obiektów architektonicznych, poczynając od domu jednorodzinnego. Z takiej perspektywy rozwiązania architektoniczne domu cechuje nie tylko efektywność energetyczna, ale i minimalistyczna zwarta bryła (A/V wynosi 0,84). Dostępność przejawia się zarówno przez racjonalnie niskie koszty budowy i eksploatacji, jak i dostosowanie dla osób o szczególnych potrzebach. Układ konstrukcyjny obu przegród zaprojektowano jako modułowy i szkieletowy, co umożliwi łatwe i tanie modyfikacje wynikające ze zmieniających się z biegiem lat potrzeb użytkowników (dzieci opuszczają dom rodzinny, wykonywanie pracy w domu, starzenie się itp.).

Dom zaprojektowano w układzie parterowym, z podziałem funkcjonalnym na jednoprzestrzenną strefę wspólną i indywidualną. Otwarcie kuchni i zwrócenie przestrzeni roboczej na salon sprzyja integracji mieszkańców. Dodatkowo w porach ciepłych zadaszony i osłonięty żaluzjami taras stanowi powiększenie pokoju dziennego. Kompaktowa bryła z „wbudowanym” tarasem umożliwia lokalizację domu nawet na działkach o minimalnej wielkości. W domu zastosowano strefowanie temperatury w taki sposób, że pomieszczenia o najwyższej temperaturze (2 łazienki) zaplanowano w centralnej strefie układu. Ponadto od strony północnej zaplanowano bufor będący jednocześnie przestrzenią magazynową.

Dom zwrócony jest na południe. Na dachu przewidziano powierzchnię do instalacji kolektorów słonecznych do podgrzewania c.w.u. oraz paneli fotowoltaicznych do produkcji energii elektrycznej. Zaproponowano trzy warianty źródła ciepła dla systemu centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej: pompa ciepła glikol-woda, pompa ciepła powietrze-woda i dwufunkcyjny kocioł gazowy. Porównanie tych wariantów w obecnych warunkach ekonomicznych (grudzień 2013) zamieszczono w tabeli. Z uzyskanych obliczeń wynika, że wybór kotła gazowego jest wciąż najbardziej uzasadniony ekonomicznie (tabela). Zalecanym odnawialnym źródłem ciepła jest pompa ciepła glikol-woda. Dom wyposażono w wentylację mechaniczną nawiewno-wyiewną z rekuperatorem o sprawności odzysku ciepła 90 – 95%.

### Porównanie kosztów i zapotrzebowania na energię końcową dla trzech wariantów wyposażenia instalacyjnego, Oprac. K. Cebrat

Wariant	Koszt inwestycji [PLN netto]	Szacunkowe roczne koszty (c.o., c.w.u. i pracy urządzeń) [PLN brutto]	Zapotrzebowanie na energię końcową (c.o., c.w.u. i praca urządzeń) [kWh/m <sup>2</sup> /rok]
Pompa ciepła glikol-woda	38 000	1500	21,07
Pompa ciepła powietrze-woda	33 600	1600	22,05
Kocioł gazowy dwufunkcyjny	9 000	2500	56,12

Przyjęta zrównoważona strategia projektowa zakłada także oszczędność wody pitnej przez odpowiednie wyposażenie oraz racjonalne zużycie i wykorzystanie wody deszczowej na działce. Jak wcześniej wspomniano, przewiduje się materiały budowlane o niskim bagażu ekologicznym oraz wykonano szczegółowe przedmiary pozwalające na ich oszczędne zużycie. W domu przewidziano przestrzeń do segregacji odpadów, w tym pojemnik na odpady biodegradowalne, a także kompostownik na działce. W projekcie zawarto też wymagania sortowania i odzysku odpadów budowlanych w czasie budowy.

### Podsumowanie

Wdrażane przepisy zmierzające w stronę powstawania budynków blisko zeroenergetycznych stanowią wyzwanie dla nowoczesnej architektury obiektów w małej i dużej skali. Zaprezentowane rozwiązania domu z podwójną przegrodą stanowią autorską odpowiedź na obecne potrzeby średniozamożnej polskiej rodziny zainteresowanej budową nowoczesnego energooszczędnego domu. Zastosowane rozwiązania zapewniają dom funkcjonalny, przestrzenny i klimatyczny przy utrzymaniu kosztów eksploatacji na poziomie 125 PLN miesięcznie. Dom jest ofertą dla inwestorów świadomych konieczności zrównoważonego budownictwa, którzy gotowi są na racjonalną gospodarkę energią, wodą, materiałami, odpadami zarówno w trakcie budowy, jak i użytkowania. Architektura domu podporządkowana jest efektywności energetycznej i minimalnej energochłonności, co przejawia się w doborze materiałów budowlanych i prostej, zwartej bryle, która może być łatwo adaptowalna do potrzeb inwestora, zmieniających się z upływem lat. Zaplanowany zrównoważony charakter domu jest efektem ZPP przeprowadzonego przez zespół projektowy i wymaga również zintegrowanego sposobu użytkowania.

### Literatura

- [1] [http://www.nfosigw.gov.pl/gfx/ees/userfiles/files/inteligentne\\_sieci\\_energetyczne/wytyczne\\_do\\_programu\\_domow\\_energooszczednych.pdf](http://www.nfosigw.gov.pl/gfx/ees/userfiles/files/inteligentne_sieci_energetyczne/wytyczne_do_programu_domow_energooszczednych.pdf). Dostęp 08.07.2013.
- [2] *Określenie podstawowych wymogów, niezbędnych do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkaniowych oraz sposobu weryfikacji projektów i sprawdzenia wykonanych domów energooszczędnych. Krajowa Agencja Poszanowania Energii*, Warszawa 08.2012.
- [3] Miecznikowski P., *Zintegrowany Proces Realizacji Inwestycji*, Materiały Budowlane, nr 488, 4/2013, 82-83.
- [4] PN-EN ISO 10211:2008P, *Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe*.
- [5] <http://www.windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>. Dostęp 10.06.2013.
- [6] PN-EN ISO 6946:2008P *Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania*.
- [7] McLennan J. F., *The Philosophy of Sustainable Design: The Future of Architecture*. Ecotone Publishing 2004.
- [8] *Strategia zrównoważonego rozwoju Polski do roku 2025*, [http://www.nape.pl/Portals/NAPE/docs/akty\\_prawne/strategie/Strategia\\_zrownowazonego\\_rozwoju\\_2025.pdf](http://www.nape.pl/Portals/NAPE/docs/akty_prawne/strategie/Strategia_zrownowazonego_rozwoju_2025.pdf). Dostęp 13.08.2012.