

Dom pasywny w warunkach polskich

Realizacja innowacyjnego projektu domu pasywnego to wyjątkowa inwestycja. Dom ten powstał w Smolcu k. Wrocławia (woj. dolnośląskie) wg autorskiego projektu biura Lipińscy Domy we współpracy ze specjalistami z Instytutu Budynków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii.

Założenia projektu

Podstawowym założeniem projektu była adaptacja obowiązujących wytycznych kształtowania domów pasywnych, opracowanych w Niemczech przez Instytut Budynków Pasywnych¹, do lokalnych warunków klimatycznych okolic Wrocławia. Dom ten ma stać się obiektem badawczo-dydaktycznym i spełnić również rolę propagandową. Ma mieć miano rozwiązania prostego technologicznie i racjonalnego.

W jednorodzinym budownictwie pasywnym w Europie można zaobserwować dwa główne nurty. Pierwszy tworzy zabudowa mieszkaniowa nastawiona na indywidualnego klienta zainteresowanego uzyskaniem komfortu zamieszkania oraz niskich cen za utrzymanie przy niewygórowanych kosztach realizacji. A drugi kształtowany jest poprzez budownictwo eksperymentalne, gdzie stosowane są wymyślne materiały i technologie, które pozwalają na uzyskiwanie budynków zeroenergetycznych czy wręcz produkujących energię².

Obecnie w Polsce zaistniała podobna sytuacja, jaka miała miejsce w Niemczech ok. 7 — 10 lat temu. Propagowanie budownictwa energooszczędnego dobrze wpisuje się w kontekst szeroko dyskutowanych zagadnień energetycznych. Szybko rośnie rzesza potencjalnych inwestorów zainteresowanych indywidualnym budownictwem energooszczędnym. Nadchodząca koniunktura zaczynają wyczuwać co uważniejsi producenci technologii budowlanych. Możliwa do kupienia staje się energooszczędna

stolarzka okienna i drzwiowa, nowoczesne urządzenia grzewcze, pompy ciepła, wydajne rekuperatory itp. Popyt realny jest jeszcze niewielki ze względu na wysokie ceny tych technologicznie zaawansowanych produktów.

Autorzy projektu obok problemów natury konstrukcyjnej i technologicznej stanęli przed koniecznością rozwiązania dwóch nietrywialnych do pogodzenia założeń. Jednym było opracowanie domu o architekturze i funkcji wyrastającej z tradycji budownictwa polskiego, a drugim maksymalne zminimalizowanie kosztów budowy, a co z tym związane — opracowanie odpowiedniej technologii budowlanej i zastosowanie prostych, ale efektywnych rozwiązań instalacyjnych.

Projekt architektoniczny

Architektura domu pasywnego nawiązuje do archetypu domu jednorodzinnego. Prosta, zwarta bryła założona na rzucie prostokąta o stromym dwuspadowym dachu, doskonale wpisuje się w polski krajobraz i zurbanizowany (rys. 1, 2). Proporcje dachu i ścian zbliżone zostały do tych występujących w tradycyjnych domach. Jedynym elementem wzbogacającym bryłę domu jest trójkątna lukarna na elewacji frontowej z oknem doświetlającym łazienkę. Garaż przylega do bryły budynku, ponieważ jest on wymogiem koniecznym dla polskich inwestorów. Ukształtowanie otworów okiennych zostało podporządkowane wymogom energetycznym.

Maksymalizację solarnych zysków ciepła osiągnięto dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu okien na fasadach domu. Duże okna na południowej elewacji domu oprócz zapewnienia zysków energetycznych z promieniowania słonecznego nadały nowoczesny posmak architekturze obiektu, co zostało dodatkowo wzmocnione centralnie umieszczonym kolektorem słonecznym na połaci dachu. Na pozostałych ścianach wielkość okien jest tak dobrana, aby spełnić wymagania polskich norm ilości światła naturalnego, a jednocześnie ograniczyć do minimum straty ciepła. Celowo zrezygnowano z zamknięcia fasady północnej, gdyż doprowadziłoby to do znacznego pogorszenia architektury domu i zmniejszenia jego atrakcyjności.

Problemy oświetlenia i utraty energii udało się również rozwiązać w sposób zbliżony do tradycyjnej, jednak z elementami innowacyjnymi, narzuconymi choćby przez duże przeszklone płaszczyzny, stanowiące ściany jadalni i pokoju dziennego. Funkcjonalnie dom przeznaczony jest dla czteroosobowej rodziny, ewentualnie dla rodziny wielopokoleniowej.

Projekt i konstrukcja zapewnia maksymalne ograniczenie strat ciepła przy jednoczesnym pozyskaniu jak największej ilości ciepła słonecznego. Kompaktowy charakter budynku potwierdza współczynnik A/V, wynoszący 0,75, a dostawiony od strony zachodniej garaż o niezależnej konstrukcji pełni dodatkowo rolę bufora ciepła. Projekt uzyskał certyfikat energetyczny wydany przez Instytut Budynków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii, gdzie wyliczone zapotrzebowanie domu na ciepło przy założeniu idealnego posadowienia budynku względem stron świata wynosi 13,7 kWh/m²rok.

Technologia polskiego domu pasywnego

Prace projektowo-koncepcyjne nad doborem materiałów i technologii poprze-

5 x Lipińscy Domy



Rys. 1. Wizualizacja elewacji północnej



Rys. 2. Wizualizacja elewacji południowej

nego grafitem o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$. Pod krokiewiami podbito 10-centymetrowe płyty styropianu, a nad krokiewiami, na warstwie płyt OSB ułożone zostały panele styropianowe o grubości 15 cm, wytłoczone pod krycie dachówką bez dodatkowych lat. Łączna warstwa izolacji dachu ma 45 cm. Dzięki użyciu trójwarstwowego systemu izolacji współczynnik przenikania ciepła dachu osiągnął wartość $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$, co ma szczególne znaczenie, gdyż straty ciepła przez dach mogą mieć znaczny udział w bilansie energetycznym budynku.

Okna wykonano z profili Clima Design firmy REHAU o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Unikalna konstrukcja profili zapewnia doskonale parametry cieplne oraz zapewnia wymaganą szczelność. Jest to ważne w przypadku drzwi wejściowych. W budynku zamontowano drzwi firmy REHAU o współczynniku $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, które spełniają wymagania domów pasywnych odnośnie izolacyjności cieplnej i szczelności na przenikanie powietrza. Również szyby posiadają bardzo dobre parametry. Zastosowany został zestaw szyb zespolonych firmy Insoglas, Guardian o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Osiągnięcie tak dobrych parametrów termicznych było możliwe dzięki naniesieniu powłok niskoemisyjnych i wypełnieniu przestrzeni międzyszybowych argonem. Współczynnik (g) całkowitej przepuszczalności promieniowania słonecznego jest równy 0,52. Zastosowanie tak nowoczesnej stolarki okiennej pozwoliło na uzyskanie średniego współczynnika (U) dla wszystkich okien wynoszącego $0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$. Do uszczelnień budynku użyto specjalistycznych taśm firmy Soudal.

Skuteczność wszystkich zastosowanych w domu pasywnym rozwiązań zmierzających do ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego została sprawdzona za pomocą testu ciśnieniowego. Uzyskano bardzo dobry wynik $n_{50} = 0,3 \text{ 1/h}$.

Mniejsze zapotrzebowanie na ciepło

Zastosowanie kompleksowych rozwiązań, w odniesieniu do architektury i konstrukcji domu pozwoliło na radykalne zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło budynku, co potwierdziły badania wykonane przez IBP przy NAPE za pomocą programu PHPP.

Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania domu zrealizowanego w Smolcu k. Wrocławia w standardowym sezonie grzewczym wynosi $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Ten sam obiekt wybudowany zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami będzie zużywał $123 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, czyli ponad ośmiokrotnie więcej. Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska przeprowadziła badania budynku kamerą termowizyjną. Potwierdziły one, że prawidłowo wykonano izolację termiczną.

Analiza kosztów

Koszty realizacji domu pasywnego w warunkach polskich, a także w odniesieniu do kosztów standardowego budownictwa przedstawiają się następująco — koszt wykończonego budynku pasywnego pod klucz wynosi 379 tys. zł, a koszt 1 m^2 — 2,4 tys. zł. Natomiast koszt 1 m^2 standardowego budownictwa indywidualnego to 1,8 tys. zł.

Obecnie koszt budowy domu pasywnego jest ok. 37% wyższy, a szacowany czas zwrotu inwestycji wynosi 20-30 lat. Należy jednak podkreślić, że koszt budownictwa standardowego indywidualnego jest ok. 3,5 razy mniejszy niż w warunkach zachodnich, a specjalistyczne produkty przeznaczone do realizacji budynków pasywnych mają takie same ceny na rynkach zachodnich jak na polskim.

Jeśli brać pod uwagę proste przeliczenie kosztów, to okaże się, że obecnie budowa domu pasywnego może być inwestycją nieopłacalną, bo na zwrot kosztów trzeba czekać ponad 20 lat. Z drugiej strony koszt budowy tego obiektu wynosi poniżej 2,5 tys. zł na metr kwadratowy, a uzyskujemy dom, którego roczne koszty ogrzewania wyniosą ok. 3 zł za m^2 na rok. Dodatkowo należy wspomnieć, że budynki będą musiały mieć certyfikaty energetyczne (dyrektywa UE), które wskażą ich klasę.

Im wyższa będzie klasa budynku, tym bardziej jego wartość zwiększy się. Obecnie trudno więc mówić o bezpośrednim zwrocie kosztów poniesionych na realizację domu pasywnego. Można ostrożnie szacować, że za kilka lat obiekty te w Polsce zaczną być opłacalne, zwłaszcza w obliczu nieustannie wzrastających cen energii.

Obserwujemy też stały wzrost kosztów budowy domów w Polsce, a niektóre produk-



Dom pasywny, Smolec 2007, widok od ogrodu

ty, np. okna czy sprawne centrale rekuperacyjne, zaczynają być produkowane na naszym rynku i będą dostępne w cenach niższych niż analogiczne produkty zachodnie.

Na pewno już dziś opłacalna jest budowa domu energooszczędnego. Będzie on droższy od standardowego, spełniającego obecne normy cieplne tylko o ok. 6 — 10%. Koszt realizacji wzrośnie ok. 100 zł za m^2 , a koszty ogrzewania zmniejszą się trzykrotnie. Dodatkowe nakłady inwestycyjne zwrócą się w ciągu 7-10 lat, a uwzględniając wzrost cen energii i wartości nieruchomości z pewnością szybciej.

Zrealizowanym domem pasywnym autorzy projektu chcieli wzbudzić zainteresowanie budownictwem energooszczędnym w Polsce, a wszystkie doświadczenia z procesu projektowania, budowy i eksploatacji wykorzystać przy propagowaniu projektów domów energooszczędnych.

Warto, aby polski inwestor mógł się przekonać, jakie są warunki zamieszkania w takim domu i jak może on wyglądać. By miał możliwość sprawdzenia za pomocą badań, jak obowiązujące założenia dla budynków pasywnych, sformułowane przez Instytut Domów Pasywnych w Niemczech, sprawdzą się w polskich warunkach. Niewątpliwie dom pokazowy w Smolcu przyczyni się do popularyzacji budownictwa pasywnego i energooszczędnego w naszym kraju.

Źródła

1. Feist W.: *Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser. Das Beispiel*. Darmstadt 2000.
2. Forstner M.: *Vakuumgedammtes Nullheizenergiehaus: Planung, Bau, Passivhauszertifikat*. Tagungsband Passivhaus Institut. Darmstadt 2006.
3. Feist W., Pfluger R., Kaufann B., Schniders J., Kah O.: *Passivhaus Projektierungs Paket*. PHI. Darmstadt 2004.

dr inż. arch. **Ludwika Juchniewicz-Lipińska**, dr inż. arch. **Miłosz Lipiński**, Biuro Projektowe Lipińscy Domy

Galeria zdjęć na stronie: www.domy-pasywne.pl



Realizacja domu pasywnego, Smolec 2007, widok od frontu

▷ dzono analizą rynku pod kątem dostępności i jakości materiałów. Konstrukcja przegród zewnętrznych domu jest podporządkowana maksymalnemu ograniczeniu strat ciepła przez przenikanie.

W standardowych wytycznych konstrukcyjnych dla domów pasywnych można znaleźć warunek mówiący, że wartość współczynnika przenikania ciepła (U) ścian zewnętrznych, podłóg, stropów i dachu nie może przekraczać $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Podczas prac projektowych okazało się jednak, że w warunkach klimatycznych, jakie panują w okolicach Wrocławia, dom osiągnie standard pasywny, gdy średni współczynnik (U) przegród zewnętrznych wyniesie ok. $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Uzyskanie tak niskiej wartości wymusiło konieczność zastosowania warstw izolacji o grubości 30-44 cm i bardzo dobrych materiałów izolacyjnych.

Na fundamenty składają się tradycyjne w Polsce ławy fundamentowe, na których postawione zostały ściany fundamentowe wychodzące nad grunt. Starannie opracowano izolację termiczną fundamentów i płyty podłogowej opartej na ścianach fundamentowych. Jednak nawet najlepiej zaizolowane przegrody zewnętrzne nie zapewnią osiągnięcia standardu pasywnego, jeśli nie wyeliminuje się z konstrukcji domu mostków termicznych. Powstają one w miejscach pocienienia lub przerwania warstwy izolacji oraz niejednorodności konstrukcji przegrody muszą być bezwzględnie eliminowane z budynków pasywnych. Bardzo ważne jest zachowanie ciągłości warstwy izolacyjnej w przegrodach zewnętrznych i na ich połączeniach. Miejscem, gdzie nie udało się jej zapewnić, są ściany fundamentowe. W zredukowaniu pionowego mostka termicznego, wychładzającego mury domu, pomógł działający od kilku miesięcy w Polsce koncern Stahlton. Zastosowano cokołowe pustaki izolacyjne Isomur firmy Jordahl & Pfeifer.

Polacy są przywiązani do technologii murowanych z użyciem materiałów ceramicznych. W projekcie założono wykorzystanie technologii prefabrykowanej ze względu na przygotowanie oferty „pasywny dom gotowy”. Dobrym kompromisem okazała się technologia ścian prefabrykowanych z keramzytobetonu. Dodatkowo jego barwienie przez producenta na kolor ceglany podkreśla, że jest to materiał ceramiczny.

Istotnym atutem tego rodzaju materiałów w budownictwie pasywnym jest duża masa akumulacyjna prefabrykatów keramzytobetonowych. Ilość słonecznych zysków ciepła osiąganych przez dom pasywny nie zawsze pokrywa się z jego aktualnym zapotrzebowaniem, dlatego może dojść do przegrzania budynku. Aby temu zapo-

biec należy magazynować zyski ciepła, a następnie uwalniać je w momencie spadku temperatury w budynku. Najprostszym sposobem magazynowania jest akumulacja bezpośrednia w masywnej konstrukcji budynku.

Do ocieplenia budynku wybrano unikalny, srebrnoszary styropian Platinum Plus Termo Organiki. Płyty uszlachetnione są kompozycją grafitu, który poprawia ich właściwości izolacyjne. Współczynnik przewodzenia ciepła jest rekordowy $\leq \lambda 0,031 \text{ W/mK}$.

W momencie przygotowywania budowy nie było w Polsce producenta okien do domów pasywnych. Zastosowano więc stolarkę okienną i drzwiową Clima Design firmy REHAU.

W domu została zaprojektowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła. Dodatkowo, aby polepszyć sprawność urządzeń wentylacyjnych, zastosowano wymiennik gruntowy ciepła Awadukt Thermo REHAU. Jednostką grzewczą jest Vitotres 343 firmy Viessmann. To kompaktowe urządzenie ma zintegrowaną nawiewno-wywiewną centralę wentylacyjną z przeciwprądowym wymiennikiem ciepła. Charakteryzuje się on sprawnością odzysku ciepła rzędu 80%. Wydajność wbudowanej centrali wentylacyjnej wynosi maksymalnie $230 \text{ m}^3/\text{h}$, jednak optymalny strumień powietrza to ok. $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Taką też wartość przyjęto jako obliczeniową w projekcie systemu wentylacji. Strumień ten z jednej strony pozwala na spełnienie warunków higienicznych, z drugiej zaś nie prowadzi do nadmiernego spadku wilgotności powietrza wewnątrz budynku.

Realizacja projektu

Budynek został zbudowany na 700-metrowej narożnej działce na osiedlu domków jednorodzinnych w Smolcu k. Wrocławia (woj. dolnośląskie).

Orientacja obiektu różni się nieznacznie od założeń projektowych. Elewacja ogrodowa o dużej powierzchni przeszklonej jest zorientowana na południowy zachód, a nie na południe. Różnica ta została uwzględniona w obliczeniach energetycznych, które potwierdziły, że również dla takiej orientacji dom osiągnie standard pasywny.

Budowę rozpoczęto w lipcu 2006 r. od ułożenia gruntowego wymiennika ciepła. Rury położono poniżej granicy przemarzania na głębokości 1,5-2 m. Gruntowy wymiennik ciepła ma zapewnić, że w miesiącach zimowych temperatura powietrza, które będzie dostawało się do budynku

nie spadnie poniżej zera. W gorącym lecie powietrze przechodzące przez gruntowy wymiennik ciepła zostaje w gruncie schłodzone do przyjemnych w odczuciu temperatur. W sierpniu 2006 r. przeszkolona ekipa wykonała prace gruntowe, fundamenty i płytę żelbetową posadzki. Dom nie jest podpiwniczony, co znacznie uprościło konstrukcję budynku. Płyta żelbetowa została zaizolowana 30-centymetrową warstwą styropianu odpornego na działanie wody i o bardzo dobrych parametrach izolacyjnych (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$), dodatkowo ułożona została opaska wokół budynku. Pozwoliło to na uzyskanie przez posadzkę na gruncie współczynnika $U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Po wykonaniu płyty żelbetowej w ciągu trzech dni nastąpił montaż ścian zewnętrznych. Wybrana technologia prefabrykowana z keramzytobetonu Praefa pozwoliła



Montaż prefabrykatów keramzytobetonowych

na szybkie wzniesienie ścian wewnętrznych. Jest to szczególnie korzystne rozwiązanie w przypadku domu realizowanego w systemie „dom gotowy pasywny”. Dla klientów indywidualnych opracowano projekt w technologii murowanej z cegły silikatowej Silka. W obu przypadkach poprzez dodatkową izolację styropianem uzyskano przegrody zewnętrzne o współczynniku przenikania $U_o = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Zaproponowane technologie odznaczają się dobrą jakością i przystępną ceną. Doskonale sprawdzają się również w realizacji budynków pasywnych. Zaletą technologii prefabrykowanej jest niewielka grubość konstrukcji nośnej, wynosząca 15 cm. Ma to szczególne znaczenie dla grubości całej ściany zaizolowanej 30-centymetrową warstwą izolacji. Zastosowanie cienkiej ściany nośnej pozwoliło na uniknięcie „efektu bunkra”, który może wystąpić w domach pasywnych.

Więźba dachowa wykonana została w sposób tradycyjny. Pomiędzy krokiewiami ułożono 20-centymetrową warstwę specjalnego, samonośnego styropianu wzboga-