



fot. Tadeusz Pawlaczuk

← Dom doskonale wpisuje się w krajobraz. Sprawiają to prosta bryła, dwuspadowy dach i naturalna zieleń wprowadzona na elewacje

Tekst Ewa Trusewicz
Projekt architekt
 Piotr Jurkiewicz, DJiO
Koordinacja inwestycji
 oszczednyDOM.org.pl

Budynek stanął pod Warszawą – na rozległej działce w otulinie roślinności porastającej brzegi Wisły. Do tej malowniczej okolicy jest dopasowany nie tylko architekturą, ale także ekologicznymi technologiami. Dobrano je tak, aby powstał dom pasywny, który będzie potrzebował niewiele energii do ogrzania – nie więcej niż 15 kWh/(m²·rok).

Fundament na trudny grunt

Zarówno pod domem, jak i pod garażem wykonano płytę fundamentową. Jak w większości rozwiązań jest ona odizolowana termicznie od gruntu. Budynek miał być wzniesiony na

Dom pasywny z podwójnym certyfikatem

Wysoki standard energetyczny domu zbudowanego pod Warszawą potwierdzają dwa certyfikaty: Instytutu Domów Pasywnych w Darmstadt i Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.



fot. Paweł Kwiatkowski

ROZWIĄZANIA TECHNOLOGICZNE

→ PODWÓJNA KONSTRUKCJA

Surowcem budowlanym są drewno i materiały drewnopochodne. Zwiększenie grubości przegród poprawiło ich izolacyjność i bilans energetyczny domu.

→ SZKŁO PIANKOWE

Odizolowano nim konstrukcję domu od gruntu. Chroni przed ucieczką ciepła oraz pozwala zdrenować strefę przyległą do fundamentu.

→ NATURALNE IZOLACJE

Do ocieplenia przegród wykorzystano ekologiczne materiały – wełnę drzewną i celulozę.

← Program użytkowy w tym domu pasywnym rozplanowano na niespełna 160 m² powierzchni użytkowej parteru oraz poddasza. Znaczącymi elementami bryły są nieogrzewany garaż i pomieszczenia pomocnicze o łącznej powierzchni 86 m²



fot. Piotr Mulkiewicz

↑ Płyta fundamentowa.

Pierwszą warstwą izolacji termicznej oddzielającej betonową konstrukcję od gruntu jest szkło piankowe. Ułożono je z metrowym zapasem z każdej strony, tworząc opaskę izolacyjną gruntu wokół fundamentu. Drugą warstwę izolacji stanowi XPS. Płyty umieszczone na spodzie i po bokach płyty tworzą formę, w której będzie układana mieszanka betonowa. Aby między płyty nie dostał się beton, zabezpiecza je gruba folia budowlana. Płyta będzie zrobiona z betonu z rozproszonym zbrojeniem, dlatego przed betonowaniem ułożono tylko dodatkowe zbrojenie pod ścianami konstrukcyjnymi. Dzięki temu łatwiej było rozprowadzić w formie rury instalacji grzewczo-chłodzącej. Żeby się nie przesunęły podczas betonowania, przytwierdzono je do izolacji spinkami



fot. Tadeusz Pawlaczek

↑ **Garaż.** Od niego rozpoczęto budowę. Służył jako magazyn na materiały wykorzystywane do budowy i wykończenia domu. Choć ostatecznie będzie połączony z domem w jedną bryłę, jest wybudowany nieco inaczej. Pod płytą fundamentową jest cieńsza warstwa izolacji termicznej ze szkła piankowego. Ściany nie są tak masywne jak w części mieszkalnej. Wystarczyło systemowe rozwiązanie Steico – ściana szkieletowa z belek dwuteowych wysokości 24 cm – analogicznie jak wewnętrzna warstwa ścian w części mieszkalnej



fot. Tadeusz Pawlaczek



← Część ścian przyjechała na plac budowy jako prefabrykaty. Pozostałe wykonano na miejscu. Ustawiono je na fundamentie i przymocowano kotwami



↓ Płaski dach jest tylko nad tą częścią, która nie ma standardu domu pasywnego. Poza garażem mieszczą się tu pomieszczenia pomocnicze – przedsiónek i schowek. Dzięki świetlikom dachowym do każdego z nich dociera światło dzienne



fot. Tadeusz Pawlaczek



← Konstrukcja dachu płaskiego także jest prefabrykowana. Wykonano ją z belek dwuteowych wysokości 30 cm, które łączy poszycie z płyt OSB



fot. Tadeusz Pawlaczek

terenie zalewowym. Ponieważ jest to grunt o niskiej nośności, konieczna była jego częściowa wymiana. Z uwagi na wysoki poziom wód gruntowych i możliwość okresowego podnoszenia się lustra wody, zdecydowano się na zastosowanie izolacji ze szkła piankowego. Po wybraniu gruntu rodzimego ułożono na głębokości 1,7 m poniżej terenu instalację glikolowego wymiennika gruntowego. Na warstwie geowłókniny zrobiono podsypkę piaskową i ją zagęszczono

(50 cm). Na tej warstwie rozprowadzono rury kanalizacyjne. Przed układaniem izolacji termicznej ze szkła piankowego dno oraz boki wykopu wyłożono geowłókniną (jej minimalna gramatura to 150 g/m²). Musi ona otulać ten materiał ze wszystkich stron, tworząc „worek”. Dzięki temu nie dostaną się do niego żadne cząstki mineralne niesione przez wody gruntowe. Woda może swobodnie przepłynąć przez taką izolację i nie jest podciągana kapilarnie.



PARAMETRY DOMU

Płyta fundamentowa grzewczo-chłodząca: $U = 0,118 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
 Ściany zewnętrzne: $U = 0,081 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
 Dach: $U = 0,066 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
 Okna: $U = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
 Drzwi: $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
 Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji: 14,6 kWh/(m²·rok).

Geowłóknina uniemożliwi też rozsuwanie się kruszywa. Izolacja ze szkła piankowego ma $\lambda = 0,08$, dlatego pod pomieszczeniami ogrzewanymi trzeba było ułożyć warstwę grubości 45 cm. Pod garażem i pomieszczeniami nieogrzewanymi wystarczyło 15 cm. Ta izolująca podbudowa ma większą powierzchnię niż zaprojektowana płyta fundamentowa. Aby nie dochodziło do usuwania się gruntu spod fundamentu, sięga ona z każdej strony 1 m poza jego obrys. Przed betonowaniem płyty rozłożono pod częścią mieszkalną płyty XPS – 10 cm na dnie i 16 cm na bokach. Utworzyły one wannę izolacyjną. Jej dno zabezpieczono folią, ułożono instalację grzewczo-chłodzącą, a pod ścianami konstrukcyjnymi – zbrojenie. Całość zabetonowano mieszaną ze zbrojeniem rozproszonym.

Ściany konstrukcyjne

Mają budowę szkieletową wykorzystującą elementy systemu Steico. Ale ich konstrukcja nie jest typowa – każda z nich jest podwójna. Wewnętrzna warstwa to typowa ściana systemowa grubości 24 cm z dwuteowymi belkami Steico Wall SW60, które tworzą jej szkielet. Od strony wnętrza budynku poszyciem są płyty OSB łączone na pióro-wpust, od zewnątrz – płyta MDF WP50. Do zewnętrznego poszycia są przymocowane poziomo listwy 16 x 4,5 cm (w niektórych ścianach belki SW45 o wysokości 16 cm), od zewnątrz są obłożone płytami z włókna drzewnego Steico Universal grubości 5,2 cm. W obu częściach ściany przestrzeń między elementami rusztu jest wypełniona celulozą. Dzięki takiej budowie i tak grubej izolacji ściany mają bardzo dobrą izolacyjność termiczną. Pozwoliło to też sprostać wymaganiom standardu NF15, który rygorystycznie narzuca nieprzekraczalne wartości dla mostków termicznych. Zlikwidowano liniowe mostki termiczne występujące w miejscu słupków i geometryczne słupki w narożnikach domu. To rozwiązanie umożliwiło również zachowanie ciągłości izolacji termicznej między płytą fundamentową a ścianami zewnętrznymi. Wewnętrzna warstwa konstrukcyjna ściany opiera się



fol. Tadeusz Pawlaczyk

↑ **Konstrukcja domu.** Ściany zewnętrzne mają nietypową konstrukcję. Wewnętrzna warstwa nośna ma grubość 24 cm. Zewnętrzna warstwa docieplająca – 16 cm. Część z nich przyjechała na budowę jako prefabrykaty – szkielet z belek dwuteowych w warstwie nośnej i szkielet z belek drewnianych w warstwie docieplającej z potrójnym opłytkowaniem. Pozostałe ściany były konstruowane na budowie z półfabrykatów. Zewnętrzną warstwę płyt ułożono na nich na etapie ocieplania konstrukcji



fol. Radosław Mural

↑ W zewnętrznej warstwie ściany wokół każdego otworu okiennego i drzwiowego zrobiono drewniane ościeże. Zamyka ono przestrzeń, które będą wypełniane izolacją termiczną



fol. Tadeusz Pawlaczyk

↑ Kotwy mocujące ściany do fundamentu są w tej części o wiele masywniejsze. Ściana opiera się na płycie tylko częścią konstrukcyjną. Warstwa docieplająca jest wysunięta poza jej obrys, aby ocieplenie, którym się ją wypełni, znalazło się bezpośrednio nad płytami z XPS izolującymi czoło fundamentu

fol. archiwum prywatne



Zdaniem doradcy



Żeby uzyskać dwa certyfikaty, trzeba było podejść do projektu niestandardowo. Weryfikacja domu odbywa się bowiem na potrzeby każdego z nich według innych kryteriów. Ale po co aż dwa certyfikaty? Uzyskanie certyfikatu Instytutu Domów Pasywnych (Passivhaus Institut) daje pewność, że budynek został nie tylko dobrze zaprojektowany energetycznie, lecz także wykonany zgodnie z projektem. Procedurę certyfikacyjną kończy test szczelności przeprowadzany w wybudowanym domu.

Podwójna certyfikacja

Tadeusz Pawlaczyk, doradca inwestycyjny

Ten budynek uzyskał $n_{50} = 0,49$ 1/h (maksymalna wartość to 0,6). Skoro inwestor ponosił wyższe koszty budowy domu pasywnego, chciał część z nich odzyskać w postaci dopłaty (50 tys. zł) do kredytu na budowę domu. Warunkiem była pozytywna weryfikacja projektu budowlanego zgodnie z wytycznymi programu dopłat. Efekt był znacznie lepszy od zamierzonego, według kryteriów NFOŚiGW uzyskano bowiem standard zeroenergetyczny (0,8 kWh/(m²·rok).

na płycie fundamentowej, dochodząc do jej krawędzi. Zewnętrzna, 16-centymetrowa izolacja ściany znajduje się dokładnie nad płytami z XPS, które izolują czoło płyty.

Dach spadzisty nad domem

On także ma podwójną konstrukcję. Krokwie o wysokości 24 cm są wykonane z drewna klejonego KWH. Od spodu mają dobite poszycie z płyt OSB grubości 1,5 cm łączonych na pióro-wpust. Od góry poszyciem są płyty MDF WP50 grubości 1,2 cm. Do nich, podobnie jak w ścianach, jest przymocowana druga warstwa konstrukcji. Tworzą ją nabite nad krokiewiami łaty wysokości 16 cm i zamocowana na nich warstwa płyt OSB oraz folia wiatroizolacyjna. Przestrzenie między elementami konstrukcyjnymi wypełnia wdmuchana celuloza. Dach jest pokryty panelami z blachy stalowej łączonej na rąbek. Między poszyciem dachu a blachą jest przestrzeń wentylacyjna, którą tworzy ruszt z kontrłat i łąt.

Dach płaski nad garażem

On także ma konstrukcję drewnianą z belek SJ 60. Tu zaprojektowano pojedynczą konstrukcję z elementów o wysokości 30 cm. Od spodu osłaniają je folia paroizolacyjna i płyty gipsowo-włóknowe grubości 1,2 cm mocowane do rusztu. Od góry na belkach są zamocowane płyty OSB. Przestrzeń między belkami wypełnia celuloza – z pozostawieniem 10-centymetrowej pustki. Na drewnianej konstrukcji są ułożone kliny styropianowe grubości 5-30 cm tworzące spadek umożliwiający grawitacyjny spływ wody z powierzchni dachu. Na styropianie znajdują się hydroizolacyjna membrana z EPDM i warstwa dociskowa z grysłu.

Przegrody wewnętrzne

Strop to typowa konstrukcja Steico. Budowano go z dwuteowych belek przykręcanych do ścian nośnych. Od góry jest na nich poszycie z płyt OSB grubości 2,2 cm. Pod belkami, między elementami stalowego rusztu sufitu podwieszanego, jest ułożona izolacja akustyczna z wełny drzewnej. Sufit w pomieszczeniach na parterze tworzą przykręcone do rusztu płyty gipsowo-włóknowe. Ściany wewnętrzne także mają budowę szkieletową. Są to tradycyjne ściany zbudowane ze słupków drewnianych. Lite elementy drewniane, podobnie jak belki w dachu, są wykonane z drewna KWH. Poszyciem ścian są płyty gipsowo-włóknowe, a ich wnętrze wypełnia wełna drzewna. Ściany będące podporami pośrednimi stropu są masywniejsze, mają grubość 17 cm. Działówki są cieńsze, mają 11,5 cm.

Uszczelnienie i suche tynki

Aby zapobiec niekontrolowanej ucieczce ciepła przez przegrody zewnętrzne, czyli zapewnić ich szczelność, ich poszycie wewnętrzne wykonano z płyt OSB łączonych na pióro i wpust. Wszystkie styki płyt uszczelniono taśmą paroizolacyjną. Dodatkowym zabezpieczeniem drewnianej konstrukcji było pokrycie jej od wewnątrz folią paroizolacyjną. Ma ona chronić płyty po latach przed rozszczerzeniem.

1/2 REKLAMA
106x285 mm



fol. 12
Z Pawła Sztyka

← Podporą pośrednią prefabrykowanego stropu między parterem a poddaszem użytkowym jest szkieletowa ściana wewnętrzna. Na etapie stanu surowego wystarczyło wybudowanie jej konstrukcji z drewna klejonego



fol. Redosław Murat

↑ Belki stropowe są zamocowane do oczępów ścian parteru za pomocą metalowych łączników



fol. Kalbar

Zdaniem architekta



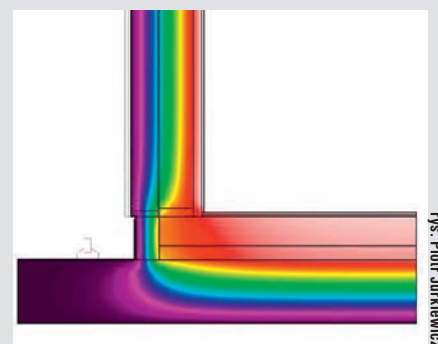
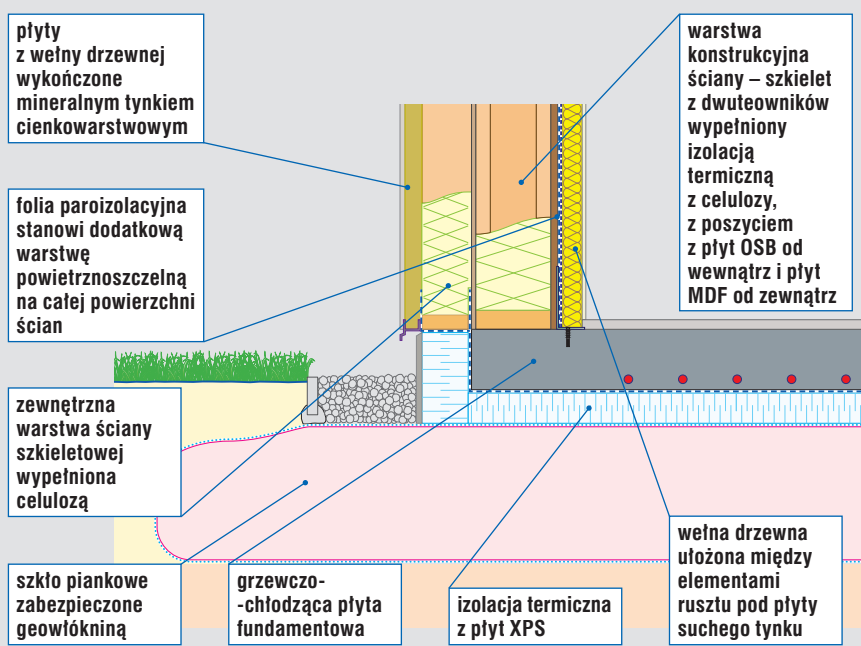
Połączenie bez mostka

architekt Piotr Jurkiewicz

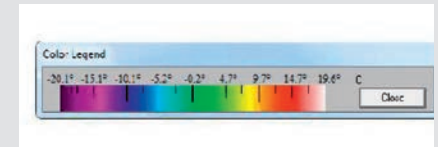
Płyta fundamentowa to rozwiązanie powszechnie stosowane w domach pasywnych. Wymaga mniejszego wykopu i pozwala na ułożenie ciągłej izolacji termicznej między konstrukcją a gruntem, co korzystnie wpływa na bilans cieplny budynku. Niezbędna jest jednak duża dokładność wykonania, zwłaszcza wtedy, gdy stawia się na niej konstrukcje prefabrykowane, wymagające idealnie równego podłoża.

Aby na połączeniu ścian z fundamentem nie powstał mostek termiczny, konieczne jest zachowanie ciągłości warstwy termoizolacyjnej i szczelności połączenia przegród. Pierwszy warunek spełniono, obudowując drewniany szkielet ściany konstrukcyjnej dodatkową izolowaną konstrukcją. W wewnętrznej warstwie ściany panuje taka sama temperatura jak w płycie fundamentowej. Zewnętrzna ciągła warstwa ocieplenia skutecznie ogranicza ucieczkę ciepła.

Lekka szkieletowa konstrukcja domu bardziej niż murowane konstrukcje masywne jest podatna na działanie sił parcia i ssania wiatru. Dlatego bardzo ważne było odpowiednie dobranie nośności kotew, którymi ściany są przytwierdzone do fundamentu. Muszą one przenieść wszystkie siły i zapewnić stabilność połączenia, żeby nie doszło tu do rozszczelnienia. Dodatkową ochroną jest powietrznouszczelna folia ułożona na wewnętrznej powierzchni ścian.



rys. Piotr Jurkiewicz



1 Oparcie ściany zewnętrznej na fundamencie

2 Rozkład temperatury w przegrodzie



Kolejnym etapem budowy było wzniesienie ścian poddasza i montaż konstrukcji dachu



↑ Dach także ma budowę dwuwarstwową. Konstrukcję stanowią krokwie z drewna klejonego o wysokości 24 cm. W strefie okapowej są zamknięte deską czołową, aby utworzyć zamknięte przestrzenie na nadmuchiwane ocieplenie

Ostatecznym wykończeniem ścian i skosów poddasza są płyty gipsowo-włóknowe układane na metalowym ruszcie. Między jego elementami jest ułożona 5-centymetrowa warstwa wełny drzewnej.

Pasywna stolarka

Drzwi wejściowe i okna są zrobione z drewna i mają certyfikaty PHI potwierdzające ich parametry energetyczne i możliwość stosowania w budownictwie pasywnym. Okna są wyposażone w dwukomorowe pakiety szklane – od południa o $U_g = 0,6$ i $g = 64\%$, a na pozostałych elewacjach o $U_g = 0,5$ i $g = 50\%$. Stolarka jest zamontowana mniej więcej w połowie grubości ścian, w wewnętrznej warstwie konstrukcji, na styku z warstwą zewnętrzną. Zewnętrzne ościeże tworzy na ramie okiennej 3-centymetrowy węgarek i ułatwiło szczelny montaż okien.

Instalacje w domu

Budynek będzie ogrzewany za pomocą gruntowej pompy ciepła. Dostarczy ona energię do grzewczo-chłodzącej płyty na parterze oraz do podgrzania wody użytkowej.

1/2 REKLAMA 106x285 mm

Na poddaszu źródłem ciepła są elektryczne folie grzewcze umieszczone w suchej zabudowie (w sufitach oraz ścianie na korytarzu), a także w łazienkach na piętrze. Folie grzewcze działają na takiej samej zasadzie jak słońce – emitują do pomieszczenia promienie podczerwieni, które są absorbowane przez przedmioty.

Taka folia składa się z elementów grzewczych w postaci pasków węglowych szerokości 1 cm podłączonych do zasilania 230 V. Wymianę powietrza zapewni wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła. Aby spełnić wymagania obu procedur certyfikacyjnych, trzeba było odpowiednio wybrać urządzenia.

Na przykład jeśli chodzi o dobór rekuperatora, dla Instytutu domów pasywnych ważne jest stosowanie urządzeń certyfikowanych, z mniej więcej 95-procentową sprawnością odzysku ciepła, natomiast dla NFOŚiGW ważną jest efektywność energetyczna silników w tych urządzeniach i 50-procentowy zapas strumienia powietrza. ■



fot. Radosław Murat



Wszystkie przegrody zewnętrzne części mieszkalnej są ocieplone celulozą. Sprasowany miał makulaturowy był napowietrzany w agregacie i pod ciśnieniem wdmuchiwany do każdej z komór przegrody. W warstwie konstrukcyjnej ścian komory mają układ pionowy. Między belkami dwuteowymi, w warstwie zewnętrznej komory, znajdują się w układzie poziomym, jedna nad drugą. Na parterze od strony pomieszczeń otwory nadmuchowe wycięto pod stropem



fot. Piotr Jurkiewicz



W ścianach szczytowych na poddaszu otwory są usytuowane na wysokości ścianki kolankowej, a także pod oknami. Aby nie doszło do osiadania celulozy i by nie powstały mostki termiczne, trzeba było wdmuchnąć do każdej wydzielonej przestrzeni odpowiednią ilość napowietrzonego materiału. Izolację wprowadzano za pomocą węży i dysz przez otwory nawiercone w płytach OSB



fot. Tadeusz Pawlaczek



Gdy wypełniono wszystkie przestrzenie celulożą, starannie zasklepiono wycięte otwory. Płyty OSB stanowią paroizolacyjną warstwę przegród odpowiedzialną za zapewnienie ich szczelności



fot. Tadeusz Pawlaczek



Aby zminimalizować ryzyko nieszczelności przegród, zdecydowano się na ułożenie dodatkowej paroizolacji. Folię podklejono na zakładach i w miejscach mocowania jej zszywkami do płyt poszycia



fot. Tadeusz Pawlaczek



Instalacje. Przewody i pion instalacyjne poprowadzono między elementami konstrukcji szkieletowych ścian wewnętrznych oraz stropu



fot. Tadeusz Pawlaczek



Mocowanie rur instalacji wodnej do ścian zewnętrznych wymagało szczególnej staranności. Żeby zachować szczelność paroizolacji, miejsca przytwierdzenia obejm dodatkowo uszczelniano taśmą paroizolacyjną. Te instalacje osłonięte suche tynki – płyty włóknocementowe mocowane na ruszcie