



BUDOWNICTWO  
ENERGOOSZCZĘDNE I PASYWNE

KATALOG DOBRYCH PRZYKŁADÓW



INSTYTUT  
NA RZECZ  
EKOROZWOJU

# BUDOWNICTWO ENERGOOSZCZĘDNE I PASYWNE

KATALOG DOBRYCH PRZYKŁADÓW

Anna Dąbrowska  
Instytut na rzecz Ekorozwoju



Niniejszy materiał został dofinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, w ramach projektu „Energooszczędne 4 kąty”. Za jego treść odpowiada wyłącznie Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju.

Warszawa, 2015

# Spis treści

Inwestycje krajowe .....	6
Pasywny dom w Smolcu koło Wrocławia .....	6
Pasywny dom w Boruszowicach .....	10
Pasywny dom w Tychowie .....	14
Energooszczędny dom w Smochowicach .....	20
Pasywny dom w Stawigudzie .....	24
Konkursowy dom pasywny pod Warszawą .....	28
Energooszczędne osiedle „Krzywa Iwiczna” .....	31
Energooszczędne i pasywne domy na osiedlu „Strumień” .....	36
Energooszczędne osiedle „Sielanka” .....	41
Pasywny kościół w Nowym Targu .....	45
Pasywna szkoła w Budzowie .....	48
Energooszczędna szkoła w Chotomowie .....	52
Energooszczędne laboratorium AGH w Miękinii .....	56
Pasywna hala sportowa w Słomnikach .....	61
Pasywna hala sportowa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie .....	64
Sala gimnastyczna w standardzie pasywnym w Bydgoszczy .....	68
Energooszczędne przedszkole w Siemianowicach Śląskich .....	72
Poznańska kawiarnia w budynku pasywnym .....	75
Energooszczędny biurowiec Górnośląskiego Parku Przemysłowego .....	79
Energooszczędny biurowiec Euro-Centrum w Katowicach .....	83
Pasywny biurowiec Euro-Centrum w Katowicach .....	87
Inwestycje zagraniczne .....	93
Pasywny dom „Crossway” w Wielkiej Brytanii .....	93
Pasywny dom „Larixhaus” w Hiszpanii .....	97
Samowystarczalny dom w Rumunii .....	101

Pasywny dom w północnym Londynie .....	106
Pasywny budynek „Tighthouse” w Nowym Jorku.....	110
XIX-wieczny angielski dom w standardzie budynku pasywnego .....	115
Pasywny budynek mieszkalny w Raon-l'Étape.....	120
Energooszczędny budynek socjalny w Barcelonie .....	122
Pasywne domy „Komfort Husene” w Danii .....	126
Samowystarczalne osiedle „Greenwatt Way” w Wielkiej Brytanii.....	129
Pasywny kompleks mieszkaniowy „Lodenareal ” w Austrii .....	133
Pasywna szkoła Montessori w okolicach Monachium .....	137
Pasywne muzeum w Ravensburgu .....	142
Pasywny hotel „Bonapace” we Włoszech.....	146
Pasywny hotel w Wiedniu.....	150
Pasywne schronisko w Alpach.....	154
Pływalnia w standardzie budynku pasywnego w Niemczech .....	159
Pasywna siedziba duńskiego koncernu energetycznego .....	164
Pasywny supermarket w Hanowerze .....	168



# Inwestycje krajowe



## Pasywny dom w Smolcu koło Wrocławia

Dzięki pasji architektów z Wrocławia, Miłosza i Ludwika Lipińskich, w 2007 roku został zrealizowany pierwszy certyfikowany dom pasywny w Polsce i Europie Środkowo-Wschodniej.

źródło: biuro projektowe Lipińscy Domy

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: M&L Lipińscy Biuro Projektowe, Lipińscy Domy.

Projektant i wykonawca: Dr inż. arch. Ludwika Juchniewicz-Lipińska oraz dr inż. arch. Miłosz Lipiński (projekt zrealizowany metodą gospodarczą przez biuro projektowe Lipińscy Domy).

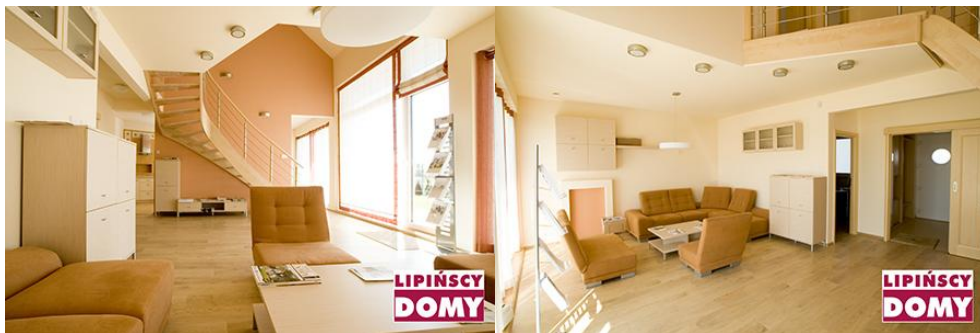
Lokalizacja: Dom pasywny znajduje się w Smolcu koło Wrocławia, w woj. dolnośląskim.

Opis inwestycji: To pierwszy dom pasywny w Polsce, którego jakość została potwierdzona certyfikatem niemieckiego Passivhaus Institut Darmstadt. Inwestycja powstała przy współpracy z Instytutem Budyneków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii (NAPE). Architektura domu nawiązuje do tradycji polskiego budownictwa. Budynek został zbudowany na narożnej działce o powierzchni 700 m<sup>2</sup>, położonej na osiedlu domów jednorodzinnych. Dom o powierzchni użytkowej 131,4 m<sup>2</sup> przeznaczony jest dla 4-5 osobowej rodziny.



Front domu (źródło: biuro projektowe Lipińscy Domy)

Na parterze zaprojektowano pokój dzienny, kuchnię połączoną z jadalnią, pokój (np. do pracy), łazienkę oraz pomieszczenie gospodarcze. Na poddaszu zaś znajdują się trzy sypialnie, garderoba i widna, bardziej przestronna łazienka. W projekcie uwzględniono także garaż.



Wnętrze domu (źródło: biuro projektowe Lipińscy Domy)

Budowa domu rozpoczęła się latem 2006 roku i trwała około roku. Do tej pory dom funkcjonował jako obiekt pokazowy (udostępniany do zwiedzania dla osób indywidualnych, szkół i instytucji zainteresowanych budownictwem energooszczędnym). W październiku 2012 roku inwestycja została wystawiona na sprzedaż.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Założeniem projektu było maksymalne ograniczenie strat ciepła, przy jednoczesnym pozyskaniu jak największej ilości ciepła słonecznego. Dom w Smolcu spełnia wymagania stawiane budynkom pasywnym, tak więc ciepło zapewniane jest bez potrzeby stosowania tradycyjnych systemów grzewczych.

Projekt charakteryzuje **prosta i zwarta bryła**, założona na rzucie prostokąta o stromym dwuspadowym dachu. Energooszczędność obiektu zapewnia m.in. odpowiednia **izolacja wszystkich przegród zewnętrznych**: ścian, dachu, podłogi, okien i drzwi. Ściany wykonano z prefabrykatów keramzytobetonowych, charakteryzują się dobrą wytrzymałością już przy niewielkich wymiarach (grubość ściany zewnętrznej to 15 cm). Do izolacji ścian zastosowano

30 cm warstwę srebrnoszarego styropianu. Taką samą grubość ma izolacja ułożona pod płytą podłogi, natomiast warstwa izolacji dachu dochodzi prawie do 50 cm (współczynnik przenikania ciepła dachu<sup>1</sup> osiągnął wartość 0,08 W/m<sup>2</sup>K). Szczelność budynku zapewniają ponadto **potrójnie szklone okna** (o współczynnik przenikania ciepła dla szyby równym 0,6 W/m<sup>2</sup>K, a dla ramy 0,7 W/m<sup>2</sup>K) oraz **izolowane drzwi zewnętrzne** (0,8 W/m<sup>2</sup>K). W projekcie zadbano także o połączenie poszczególnych przegród termicznych bez przerywania izolacji, tak aby zlikwidować powstawanie tzw. mostków cieplnych<sup>2</sup>. W celu likwidacji pionowych mostków (wychładzających ściany domu) wykorzystano izolacyjne pustaki cokołowe.

Cechą charakterystyczną projektu jest także wykorzystanie naturalnego światła i zysków ciepła, osiągnięte dzięki **odpowiedniemu rozmieszczeniu przeszkleń i usytuowaniu budynku**. Co prawda, elewacja ogrodowa o dużej powierzchni przeszklonej zorientowana jest na południowy-zachód, a nie, jak standardowo w projektach pasywnych, na południe. Przeprowadzone obliczenia potwierdziły jednak, że dla takiej orientacji dom także osiąga standard pasywny. Zastosowanie dużych okien ma na celu doświetlenie głównych pomieszczeń, dodatkowo optyczne powiększenia wnętrza jadalni i pokoju dziennego. Okna zostały zastosowane także na frontowej elewacji domu, co zapewnia m.in. doświetlenie łazienki.

W budynku zastosowano nawiewno-wywiewną **wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła**, która nie tylko zapewnia stały dopływ świeżego, ogrzanego powietrza do każdego pomieszczenia mieszkalnego, ale także odzyskuje ciepło ze zużytego powietrza (uciekające w tradycyjnych domach poprzez komin). Dodatkowo, aby polepszyć sprawność urządzeń wentylacyjnych, zastosowano **gruntowy wymiennik ciepła**. Zamontowane w ogrodzie urządzenie wykorzystuje stałą temperaturę gruntu na odpowiedniej głębokości i wstępnie podgrzewa powietrze wpływające do domu zimą, a ochładza latem. W budynku zastosowano **kompaktowe urządzenie grzewcze**, które odpowiada za wentylację, ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Podstawowym elementem urządzenia jest niewielka pompa ciepła o mocy 1,5 kW. Przygotowanie ciepłej wody użytkowej jest wspomagane **próżniowym kolektorem słonecznym**, zamontowanym centralnie na południowej pości dachu.

---

<sup>1</sup> Współczynnik przenikania ciepła U (podawany w jednostkach W/m<sup>2</sup>K) to parametr, który określa wielkość przepływu ciepła przez jednostkową powierzchnię danej przegrody budowlanej, jeśli po dwóch jej stronach panuje różnica temperatur w wysokości 1K.

<sup>2</sup> Mostkiem cieplnym (inaczej termicznym) nazywamy miejsce w przegrodzie zewnętrznej budynku, które w większym stopniu przewodzi ciepło niż sąsiadujące z nim elementy budowlane. Występowanie mostków termicznych powoduje znaczne straty ciepła wskutek miejscowego wychłodzenia przegród budowlanych, może także prowadzić do zawilgocenia materiałów izolacyjnych i konstrukcyjnych, a nawet rozwoju grzybów i pleśni. Przyczyną powstawania takich miejsc są najczęściej błędy projektowe lub wadliwe wykonanie. Rozróżnia się mostki termiczne o charakterze liniowym lub punktowym.





Widok z ogrodu (źródło: biuro projektowe Lipińscy Domy)

Zgodnie z obliczeniami wykonanymi przez Instytut Budynków Pasywnych przy NAPE, zapotrzebowanie domu na ciepło, przy założeniu idealnego posadowienia budynku względem stron świata, wynosi **13,7 kWh/m<sup>2</sup> na rok**. Budynek spełnia zatem normy wyznaczone dla domów pasywnych (zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania domu w standardowym sezonie grzewczym wynosi poniżej 15 kWh/m<sup>2</sup>/rok). Ten sam obiekt wybudowany zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami będzie zużywał na cele grzewcze ok. 90-100 kWh/m<sup>2</sup>/rok, czyli 7-krotnie więcej. Dom pasywny charakteryzuje się również niskim zapotrzebowaniem na energię pierwotną wynoszącym **39,33 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Ta ilość energii wystarcza na ogrzewanie budynku, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, pracę urządzeń elektrycznych i oświetlenie (standardowe domy zużywają średnio czterokrotnie więcej).

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Kalkulacja kosztów przeprowadzona w 2006 roku wykazała, że w porównaniu do standardowego budynku nakłady poniesione na budowę domu pasywnego będą o 38% wyższe, a szacowany czas zwrotu inwestycji wyniesie 20-30 lat. Znacząca różnica w cenie wynikała m.in. z faktu małej dostępności na polskim rynku odpowiednich komponentów budowlanych. Jednak przewidywane koszty ogrzewania takiego domu to jedynie 12,5% wydatków, jakie ponosili wówczas mieszkańcy porównywalnych, standardowych domów jednorodzinnych.

Aktualny koszt realizacji domu do stanu deweloperskiego szacowany jest przez biuro projektowe na około 357 800 zł netto (około 25% więcej od domu standardowego), zaś szacunkowe roczne koszty ogrzewania na ok. 450 zł netto.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Z informacji uzyskanych od biura projektowego wynika, że w momencie podjęcia decyzji o zaprojektowaniu i zrealizowaniu domu według ściśle określonych przez twórcę idei pasywności – Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt (Passivhaus Institut Darmstadt, PHI) – założeń, na rynku polskim nie było gotowych rozwiązań projektowych i technologicznych.

Zespół Biura Lipińscy Domy postawił sobie za cel, aby zrealizowany obiekt uzyskał certyfikat PHI i to przy założeniu, że dom będzie możliwie tani i prosty w realizacji, a jednocześnie zapewni komfort użytkowania dla 4-osobowej rodziny.

Przez rok czasu zbierano potrzebne informacje i powstawały założenia do projektu domu o ekstremalnie niskim zapotrzebowaniu na ogrzewanie. Opracowano autorską technologię wznoszenia domów pasywnych z użyciem materiałów dostępnych na polskim rynku lub takich, które były już powszechnie używane na zachodzie, a w Polsce nie było dotąd potrzeby ich zastosowania. W tym domu po raz pierwszy zastosowano tzw. ciepły montaż okien (okna certyfikowane do domów pasywnych) oraz pierwszy raz w Polsce zamontowano kompaktową centralę grzewczą (również certyfikowaną do domów pasywnych). Oryginalna jak na ówczesne czasy była również np. grubość izolacji termicznej oraz montaż izolacji styropianowej na klej (bez używania kołków) w celu uniknięcia mostków termicznych.

Idea wzniesienia domu spotkała się z ciepłym przyjęciem wielu osób, pasjonatów budownictwa energooszczędnego, dla których niejednokrotnie stanowiła pierwszą możliwość zmierzenia się z tematem realizacji budynku pasywnego. Biuro projektowe podkreśla, że również firma wykonawcza ze zrozumieniem podchodziła do problemu uzyskania ekstremalnej szczelności budynku i bardzo dokładnego zachowania ciągłości izolacji termicznej, co sprawiało, że problemy pojawiające się na etapie budowy (np. z przebiciem się przez powłokę) były pomysłowo i skutecznie rozwiązywane. Obecnie na polskim rynku dostępne są już elementy, które w profesjonalny sposób pozwalają na uzyskanie tego samego efektu, ale zdaniem architektów zazwyczaj podwyższają one koszt realizacji.



## Pasywny dom w Boruszowicach

Wybudowany przez firmę MultiComfort dom jednorodzinny to jeden z niewielu certyfikowanych budynków pasywnych w Polsce. A szkoda, bo roczne koszty ogrzewania takiego budynku wynoszą zaledwie 400-500 zł.

źródło: MultiComfort

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Bartosz Pawliczek, mieszkaniec pasywnego domu i właściciel firmy MultiComfort.

Projektant i wykonawca: Dom zaprojektował architekt Marek Wenklar, a jego wykonaniem zajęła się firma MultiComfort (specjalizująca się w budowie energooszczędnych i pasywnych domów w technologii prefabrykowanej).

Lokalizacja: Dom znajduje się w miejscowości Boruszowice, położonej w województwie śląskim (w okolicach Tarnowskich Gór).

Opis inwestycji: Dom jednorodzinny, wybudowany w Boruszowicach na działce o powierzchni ok. 500 m<sup>2</sup>, to pierwszy w Polsce certyfikowany budynek pasywny wykonany w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego. Technologia prefabrykacji, wykorzystywana przez firmę MultiComfort przy budowie domów energooszczędnych i pasywnych, polega na wcześniejszym przygotowaniu elementów konstrukcyjnych, które następnie składane są na placu budowy. Montaż takiego domu trwa zaledwie 2-3 dni, później zaś realizowane są prace związane z rozprowadzeniem instalacji i wykończeniem budynku. W przypadku domu w Boruszowicach budowa trwała 3 miesiące i zakończyła się w lutym 2010 roku.



*Budowa domu z prefabrykowanych elementów (źródło: MultiComfort)*

Dom o powierzchni użytkowej 124 m<sup>2</sup> zamieszkuje czteroosobowa rodzina. Przestrzeń została zaaranżowana dość klasycznie i bardzo funkcjonalnie. Na parterze zaplanowano typową dla współczesnego budownictwa otwartą strefę dzienną – salon połączony z kuchnią i jadalnią, a także gabinet, łazienkę, przedpokój oraz pomieszczenie gospodarcze. Na piętrze znajdują się trzy sypialnie, większa łazienka, garderoba oraz pralnia.



*Pasywny dom w Boruszowicach (źródło: MultiComfort)*

W październiku 2011 r. dom uzyskał certyfikat Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt. Co ciekawe, inwestor, wraz z krakowską Akademią Rolniczą, prowadzi w obiekcie pięcioletni projekt badawczy, którego celem jest m.in. ocena zużycia energii, kosztów ogrzewania oraz warunków panujących wewnątrz pomieszczeń. W tym celu w domu zamontowano ponad 100 różnego rodzaju czujników (głównie temperatury i wilgotności), a kontrolowane parametry można sprawdzać za pośrednictwem strony: [www.buduj-pasywnie.pl/dom\\_online](http://www.buduj-pasywnie.pl/dom_online).

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Dom został wybudowany w technologii prefabrykowanej, opartej na **szkielecie drewnianym**. **Zwarta bryła** budynku oraz **prosty, dwuspadowy dach** minimalizują ryzyko występowania mostków cieplnych. Przed niepotrzebnymi stratami ciepła budynek chroni **ponadstandardowa izolacja** (wykonana przy użyciu m.in. **wełny mineralnej i styropianu**). Drewniana konstrukcja ścian została wypełniona wełną mineralną o grubości 15 cm, a następnie dodatkowo zaizolowana 25 cm warstwą styropianu z dodatkiem grafitu. Dach ocieplono wełną mineralną o grubości 50 cm, zaś pod posadzką ułożono 40 cm warstwę płyt perymetrycznych.

Istotnym elementem projektu są także **przestronne przeszklenia**, zlokalizowane szczególnie od strony południowej. **Pasywne trzyszybowe okna** (o współczynniku przenikania ciepła dla okna  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) zamontowano w warstwie ocieplenia, aby zminimalizować ryzyko powstawania mostków termicznych. **Cofnięta krawędź dachu** nad oknami umożliwia maksymalne doświetlenie wnętrza i wykorzystanie zysków solarnych zimą. W lecie ochronę przed przegrzewaniem zapewniają **zewnętrzne rolety**.



Cofnięta krawędź dachu i okna wyposażone w zewnętrzne rolety (fot. MultiComfort)

Z wyjątkiem przeszklonego wyjścia na taras, wszystkie okna zamontowano na stałe (nie otwierają się). Świeże powietrze doprowadzane jest do pomieszczeń **systemem wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, który wyposażony jest w rekuperator<sup>3</sup> (o sprawności 95%) oraz **gruntowy wymiennik ciepła**. Do ogrzewania pomieszczeń wykorzystywana jest **nagrzewnica powietrza nawiewanego**, której pracę umożliwia **gruntowa pompa ciepła**. Zastosowanie pompy ciepła umożliwia także przygotowanie ciepłej wody użytkowej. W okresach największych mrozów dom może być dodatkowo ogrzewany za pomocą **niskotemperaturowego ogrzewania podłogowego**.

Dom w Boruszowicach spełnia wymogi stawiane budownictwu pasywnemu, co oznacza, że jego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania nie przekracza **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosi **120 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa domu kosztowała niecałe 500 tys. zł i zdaniem inwestora w porównaniu do standardowego budynku była wówczas droższa o ok. 10-15%. Koszty eksploatacyjne są jednak znacznie niższe – łączne rachunki za energię (uwzględniające ogrzewanie, pracę układu wentylacyjnego, oświetlenie i korzystanie z urządzeń elektrycznych) wynoszą ok. 3 200 zł rocznie (w tym koszty ogrzewania to ok. 450 zł, a koszty podgrzewania wody użytkowej niecałe 700 zł w skali roku). Okres zwrotu poniesionych nakładów szacowany jest na ok. 15-17 lat. Zdaniem inwestorów poza niskimi kosztami utrzymania zaletą mieszkania w tego typu domu jest wysoki komfort i „bezobsługowość” domu (inteligentne systemy sterują pracą poszczególnych urządzeń, tak aby w domu utrzymywana była stała temperatura ok. 21°C).

---

<sup>3</sup> Urządzenie stanowiące element instalacji wentylacyjnej, odpowiedzialne za odzyskiwanie (rekuperację) ciepła z wywiewanego powietrza.

Dobłą jakość powietrza (zarówno pod względem komfortu cieplnego, jak i poziomu wilgotności) potwierdzają także prowadzone badania.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Główne problemy związane z realizacją inwestycji w standardzie pasywnym związane były z lokalizacją domu na zacienionej działce (od strony południowej znajduje się dom sąsiada, który ogranicza dostęp do słońca). Ponieważ zyski z energii słonecznej są podstawowym źródłem ciepła w budynkach pasywnych, konieczne było wprowadzenie zmian w początkowym projekcie.

Jak wyjaśnia inwestor: – Dom spełniający wymogi budownictwa pasywnego (posiadający certyfikat Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt) powinien być zlokalizowany na działce w taki sposób, aby dostęp promieni słonecznych był odpowiedni. Oznacza to, że należy jak największą ilość okien umieścić na elewacji południowej. Jeżeli dostęp do słońca jest utrudniony, np. przed domem pasywnym znajduje się inny dom lub wysokie drzewa, a budynek dodatkowo jest odchyłony od kierunku południowego, wówczas zyski słoneczne są mniejsze i mogą okazać się niewystarczające do zapewnienia odpowiedniego bilansu energetycznego. Tak właśnie było w naszym przypadku – z uwagi na położenie domu zyski z energii słońca były mniejsze, niż powinny. Dlatego też, aby uzyskać certyfikat, musieliśmy polepszyć inne parametry domu, tzn. izolacja termiczna musiała zostać powiększona o 5 cm (z projektowanych 20 cm na 25 cm), a test szczelności musiał wyjść o 10% lepiej, niż przewidywano.



## Pasywny dom w Tychowie

Dom wybudowany w III kwartale 2013 r. w Tychowie to jeden z niewielu certyfikowanych budynków pasywnych w Polsce i pierwsza tego typu inwestycja w województwie zachodniopomorskim.

źródło: Procyon

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Firma Procyon, specjalizująca się w budowie domów pasywnych.

Projektant i wykonawca: Dom został zaprojektowany i wybudowany przez firmę Procyon.

Lokalizacja: Budynek znajduje się w miejscowości Tychowo położonej kilka kilometrów na południowy wschód od Stargardu Szczecińskiego (w woj. zachodniopomorskim).

Opis inwestycji: Dom w Tychowie został wybudowany według wzoru H1, jednego z dziesięciu projektów domów pasywnych przygotowanych przez firmę Procyon. Poza niskim zapotrzebowaniem budynku na energię do głównych założeń projektu należy także przestrzeń wnętrza, którą architekci starali się osiągnąć m.in. poprzez maksymalne doświetlenie pomieszczeń, wysokie sufity oraz otwartą część dzienną.



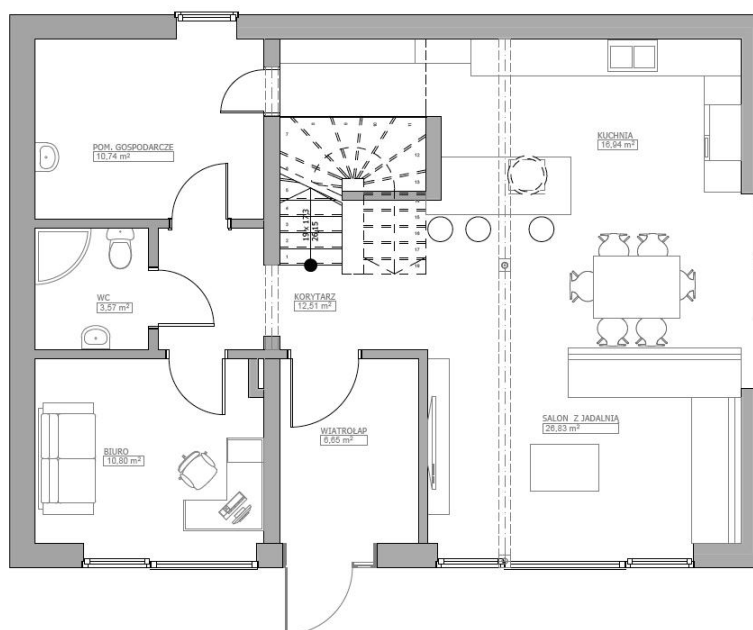
*Przestronne okna doświetlają strefę dzienną zlokalizowaną na parterze (fot. Procyon)*

Jednorodzinny dom (o powierzchni użytkowej ok. 140 m<sup>2</sup>) został zaprojektowany jako jednokondygnacyjny budynek z poddaszem użytkowym (niepodpiwniczony). Od strony zachodniej bezpośrednio do budynku przylega garaż, którego dach stanowi jednocześnie taras dla domu.



Front domu (fot. Procyon)

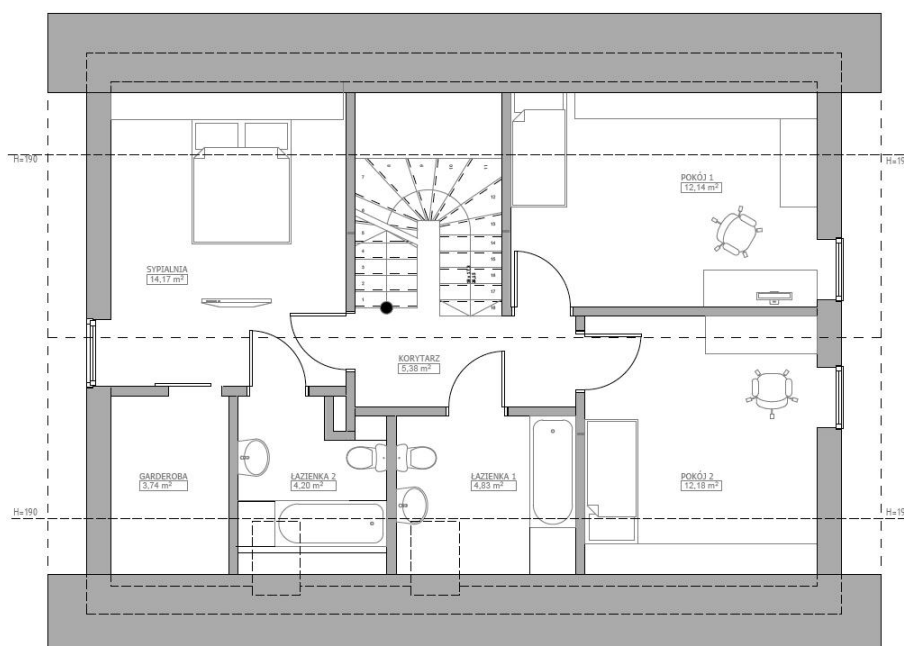
Dom H1 charakteryzuje się klasycznym układem przestrzenno-funkcyjnym. Garaż usytuowany jest od strony zachodniej, zaś wejście do budynku znajduje się od strony południowej. Funkcyjny przedsionek (tzw. wiatrołap) prowadzi na korytarz, z którego zapewniony jest dostęp do głównych pomieszczeń strefy dziennej: salonu, jadalni oraz kuchni. Bezpośrednio z korytarza zapewnione jest wejście także do pozostałych pomieszczeń zaplanowanych na parterze: biura, najmniejszej łazienki oraz dodatkowego pomieszczenia, które może być przeznaczone np. na cele gospodarcze. Na parterze zaprojektowano także przechodnią spizarnię, która (w zależności od potrzeb) może stanowić strefę łączącą część kuchenną z gospodarczą.



Rzut parteru (fot. Procyon)



W centralnej części domu usytuowane są schody prowadzące na użytkowe poddasze, gdzie przewidziano strefę nocną, na którą składają się trzy sypialnie, dwie łazienki oraz garderoba.



*Rzut piętra (fot. Procyon)*

Dom wybudowany w Tychowie funkcjonować będzie jako obiekt pokazowy firmy Procyon. Obecnie trwają jeszcze prace związane z jego wykończeniem, jednak od przyszłego roku firma planuje udostępniać go wszystkim zainteresowanym budową domów pasywnych. W planach firmy jest nie tylko umożliwienie klientom zwiedzania domu, lecz także pomieszkania w nim, co pozwoli potencjalnemu inwestorowi osobiście ocenić komfort użytkowania budynku. Docelowo dom ma pełnić rolę „hotelu”, który będzie nieodpłatnie udostępniany klientom do zamieszkania (np. na weekend). Firma Procyon rozważa także możliwości wykorzystania tego obiektu w celach badawczych (np. w projektach edukacyjnych skierowanych do studentów politechnik).

Budowa i dostosowanie domu w Tychowie do standardu deweloperskiego trwało 3 miesiące. We wrześniu 2013 r., podczas uroczystego otwarcia, dom uzyskał certyfikat Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt.

Krótki czas budowy związany jest ze stosowaną przez firmę Procyon technologią wznoszenia domów pasywnych w oparciu o prefabrykowane elementy. Gotowe moduły powstają w fabryce zlokalizowanej na terenie Stargardu Szczecińskiego. W przypadku domu w Tychowie produkcja elementów w fabryce trwała 7 dni. Prefabrykacja obejmuje wszystkie elementy domu: ściany zewnętrzne, wewnętrzne działowe i nośne, stropy oraz dach. Zarówno stolarka okienna, jak i drzwi zewnętrzne są montowane na terenie fabryki. Równoległe do produkcji elementów konstrukcyjnych w fabryce trwało przygotowanie izolowanej płyty fundamentowej. Gotowe elementy są następnie transportowane na plac budowy i tam montowane (montaż do tzw. stanu surowego zamkniętego trwał ok. 7 dni). Następne

tygodnie poświęcono na prace związane z wykończeniem budynku (m.in. rozprawdzeniem instalacji elektrycznej, wodno-kanalizacyjnej, wentylacyjnej i grzewczej).

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Dom w Tychowie, podobnie jak większość projektowanych budynków pasywnych, charakteryzuje się **prostą konstrukcją o zwartym kształcie**. Zwarta bryła zapewnia korzystną proporcję przegród zewnętrznych do kubatury budynku, co przekłada się na mniejsze straty ciepłe. Budynek pokryty jest dwuspadowym dachem (o kącie nachylenia 40 stopni) wykonanym z ceramicznej dachówki.

Dom został wykonany na bazie **szkieletu w konstrukcji drewnianej**. Odpowiednią izolację termiczną ścian, stropu i dachu osiągnięto dzięki zastosowaniu **wełny mineralnej** (20–40 cm) **i płyt okładzinowych**. Budynek posadowiony jest na **izolowanej termicznie płycie fundamentowej**. Elewacja domu została wykonana z odpornych na działanie czynników atmosferycznych płyt włókno-cementowych. Montaż **płyt elewacyjnych** na wentylowanym ruszcie dodatkowo poprawia parametry izolacyjności cieplnej przegrody.



*Elewacja wykonana z płyt włókno-cementowych (fot. Procyon)*

Przy projektowaniu domów pasywnych, poza dążeniem do maksymalnego ograniczenia strat ciepła, równie ważne jest jednocześnie pozyskiwanie jak największej ilości promieniowania słonecznego. Pod tym kątem zaplanowano **usytuowanie budynku względem stron świata oraz rozmieszczenie przeszkleń**. Duże przeszklenia ścian zastosowano od strony południowej i wschodniej, zaś na stronie północnej i zachodniej zaprojektowano mniejszą powierzchnię otworów okiennych.

W projekcie zastosowano **szczelne drewniane drzwi i trzyszybowe okna**. Montaż okien został przeprowadziliśmy w licu elewacji, z użyciem taśmy rozprężnej, która pełni funkcję paroizolacyjną, wiatroizolacyjną i zdaniem wykonawcy jest rozwiązaniem znacznie trwalszym od zwykle stosowanej pianki poliuretanowej. Montowanie okien w warstwie izolacyjnej to także kolejny sposób na eliminowanie powstawania tzw. mostków termicznych. W najbliższym czasie okna zostaną ponadto wyposażone w **system sterowanych**

**automatycznie rolet zewnętrznych**, dzięki którym możliwe będzie regulowanie dopływu energii słonecznej w zależności od potrzeb i pory roku.

Cyrkulację powietrza w domu zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**. Instalacja nawiewno-wywiewna wyposażona jest w rekuperator o sprawności ok. 93% (według PHI Darmstad). Ponadto składa się z kanałów wentylacyjnych, które zapewniają ukierunkowany obieg powietrza w całym domu.

W budynku została zastosowana **pompa ciepła** typu powietrze – woda, stanowiąca źródło ogrzewania ciepłej wody użytkowej oraz współpracująca z **systemem wodnego ogrzewania podłogowego**, który umożliwi dogrzewanie domu. System niskotemperaturowego ogrzewania podłogowego został wyposażony w elektrohydrauliczne zawory, dzięki którym możliwa jest regulacja temperatury w każdym pomieszczeniu.

Dodatkowo w budynku zastosowano specjalny **panel kontrolny** (tzw. *green button*), za pomocą którego można wyłączyć zasilanie we wcześniej wybranych gniazdkach w całym domu (np. gdy wychodzimy do pracy lub wyjeżdżamy na wakacje). W najbliższych tygodniach dom wyposażony zostanie ponadto w **system automatyki budynku**, umożliwiający sterowanie i monitorowanie pracy poszczególnych urządzeń (m.in. określający poziom zużycia energii). W projekcie domu uwzględniono także **przydomową biologiczną oczyszczalnię ścieków**.

Dom pasywny w Tychowie cechuje bardzo niskie zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i wentylacji (**poniżej 15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**), co w porównaniu do tradycyjnego budynku jest wartością ok. 8-krotnie mniejszą. Całkowite zapotrzebowanie na energię pierwotną (do zaspokojenia wszystkich potrzeb związanych z utrzymaniem budynku – ogrzewanie, wentylacja, ciepła woda użytkowa i prąd elektryczny) **nie przekracza 120 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Koszt budowy został oceniony przez inwestora na 572 157 zł brutto. Podana kwota dotyczy budowy pełnowartościowego domu z fundamentem i wszystkimi instalacjami, wykończonego z zewnątrz całkowicie, wewnątrz zaś do standardu deweloperskiego (wylane posadzki, ściany pomalowane na biało). Koszt energii związany z eksploatacją całego domu szacuje się na ok. 3 500 zł rocznie<sup>4</sup>.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Z informacji uzyskanej bezpośrednio od inwestora wynika, że montaż i wykończenie domu przebiegło bez większych problemów w określonym harmonogramem czasie. W trakcie montażu wykonywane były próby szczelności budynku, które umożliwiają ocenę jakości wykonania domu. Każdy najdrobniejszy błąd zostanie wychwycony w trakcie badania, a nawet

---

<sup>4</sup> W kwocie tej uwzględnione są koszty zakupu energii potrzebnej do ogrzewania, przygotowywania ciepłej wody użytkowej oraz działania urządzeń elektrycznych (tj. pompy ciepła, rekuperatora, a także sprzętów jak: lodówka, pralka, zmywarka). Kalkulacja została wykonana przy założeniu, że dom zamieszkuje 4 osoby.

najmniejsze przerwanie warstwy paroizolacji ma ogromny wpływ na powstawanie nieszczelności w budynku i – co za tym idzie – utratę ciepła. Dlatego tak niezwykle trudne i wymagające jest wybudowanie domu pasywnego, to zadanie dla ekspertów – wyjaśnia inwestor.



## Energooszczędny dom w Smochowicach

Budynek zaprojektowany przez pracownię „BUILDgreenDesign” posiada prawdopodobnie większość cech wymarzonego domu: estetyczny wygląd, przestronne wnętrza, ciekawy ogród i strefę rekreacyjną wyposażoną w saunę i jacuzzi. A co najważniejsze – jest przy tym energooszczędny.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Jednorodzinny dom w standardzie energooszczędnym.

Inwestor: Prywatny.

Projektant i wykonawca: Dom został zaprojektowany dla prywatnych inwestorów przez poznańską pracownię architektoniczną „BUILDgreenDesign”, specjalizującą się w budownictwie energooszczędnym i pasywnym. Firma, pełniąc w projekcie także rolę inwestora zastępczego, odpowiadała ponadto za przebieg budowy i kontrolę jakości prac zleconych podwykonawcom.

Lokalizacja: Dom znajduje się na terenie Smochowic, położonych w zachodniej części Poznania (woj. wielkopolskie).

Opis inwestycji: Wolnostojący budynek mieszkalny usytuowany jest na prostokątnej działce o powierzchni ok. 2000 m<sup>2</sup> z ekspozycją północ-południe. Przestronny dom (o powierzchni użytkowej 197 m<sup>2</sup>) został rozplanowany z myślą o spełnieniu potrzeb 4-5 osobowej rodziny. Na parterze zaprojektowano strefę dzienną – otwarty salon, jadalnię oraz kuchnię, z kominkiem usytuowanym w centralnym punkcie domu. Ponadto na dolnej kondygnacji zaplanowano garderobę, niewielką łazienkę oraz pomieszczenie gospodarczo-techniczne. Od strony południowej przewidziano strefę rekreacyjną (wyposażoną w jacuzzi i saunę) z ogrodem zimowym oraz zabudowanym tarasem. Na piętrze znajduje się główna sypialnia (połączona z przestronną garderobą i osobną łazienką), dwie mniejsze sypialnie oraz

łazienka ogólnodostępna. Wrażenie przestronności wnętrza potęguje otwarta przestrzeń znajdująca się nad jadalnią (wysokość pomieszczenia w tym miejscu to ok. 5,8 m) oraz południowe przeszklenia sięgające dwóch kondygnacji. W projekcie uwzględniono ponadto garaż oraz wiatę garażową, zlokalizowaną przy zachodniej ścianie budynku.



Front domu zaprojektowany od strony północnej, z garażem i wiatą garażową (fot. ChronmyKlimat.pl)

Budynek został zaprojektowany w jasnej, nowoczesnej stylistyce. Ważnym elementem projektu było wykorzystanie naturalnych, drewnianych elementów. Ażurowa konstrukcja wykonana z drewna modrzewiowego poza walorami estetycznymi pełni także funkcję zacieniającą, tak istotną w przypadku energooszczędnego i pasywnego budownictwa. Efektownym uzupełnieniem całości jest przemyślany projekt przydomowego ogrodu, uwzględniający elementy małej architektury (takie jak ścieżki, altana, piwniczka i oczko wodne).

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek o **zwartej bryle** został wzniesiony w **technologii murowanej** z wykorzystaniem bloczków silikatowych. Energooszczędność obiektu zapewnia m.in. **ponadstandardowa izolacja** wszystkich przegród zewnętrznych: ścian, dachu, podłogi, okien i drzwi. Posadowienie domu na izolowanej szkle piankowym **płytcie fundamentowej** zapewnia ciągłość ocieplenia, niwelując tym samym ryzyko powstawania mostków termicznych. Konstrukcję dachu tworzą prefabrykowane belki dwuteowe, odpowiednio izolowane włóknem drzewnym. Do izolacji ścian zastosowano styropian lub nasypywane włókno drzewne. Szczelność budynku zapewniają ponadto **potrójnie szklone okna** (o współczynniku przenikania ciepła dla okna w granicach  $U_w=0,2-0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) oraz **izolowane drzwi zewnętrzne** ( $U_d=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Cechą charakterystyczną projektu jest także wykorzystanie naturalnego światła i zysków ciepła, osiągnięte dzięki **odpowiedniemu rozmieszczeniu przeszkleń i usytuowaniu budynku**. Aby maksymalnie wykorzystać zyski energii słonecznej, największe przeszklenia zaprojektowano od strony południowej. Projektanci pomyśleli również o zabezpieczeniu budynku przed przegrzewaniem się w ciągu lata – taką rolę spełnia **drewniana konstrukcja zacieniająca**.



Przestronne przeszklenia zaplanowane od strony południowej (fot. ChronmyKlimat.pl)

Ogrzewanie pomieszczeń oraz przygotowywanie ciepłej wody użytkowej odbywa się z wykorzystaniem systemu czerpiącego energię z trzech niezależnych źródeł – **kolektorów słonecznych, kominka z płaszczem wodnym oraz kondensacyjnego pieca gazowego**. Instalacje te są zintegrowane ze zbiornikiem buforowym o pojemności 950 litrów. System został zaprogramowany w taki sposób, aby w pierwszej kolejności wykorzystywał ciepło z energii słonecznej, następnie to wygenerowane w kominku i dopiero w trzeciej kolejności uruchamiał spalanie gazu. Ciepło rozprowadzane jest po budynku przez **system ogrzewania podłogowego lub ściennego** (za pomocą kapilarnych mat grzewczych, zasilanych wodą ze zbiornika buforowego). Ponadto centralne umiejscowienie kominka umożliwia bezpośrednie ogrzanie niemalże całej przestrzeni parteru.



Kolektory słoneczne zamontowane na dachu budynku (fot. ChronmyKlimat.pl)

Wymianę powietrza w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, wyposażony w rekuperator o sprawności na poziomie 85%. Praca układu wentylacyjno-grzewczego wspomagana jest **gruntowym wymiennikiem ciepła**, który

wykorzystując stałą temperaturę gruntu na odpowiedniej głębokości, wstępnie podgrzewa powietrze wprowadzane do domu zimą, a latem je schładza.

Zarówno wewnątrz, jak i na elewacji budynku zastosowano **energooszczędne oświetlenie LED**. Z punktu widzenia oszczędności wody, jak również energii potrzebnej na jej podgrzanie, znaczenie ma także zastosowanie **zamkniętego obiegu wody wykorzystywanej w jacuzzi** (odpowiednio podczyszczanej).

Opisane wyżej rozwiązania pozwoliły ograniczyć zapotrzebowanie na energię grzewczą do poziomu **22 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Budynek cechuje się także niskim zapotrzebowaniem na energię pierwotną, wynoszącym zaledwie **36,7 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Koszty budowy domów projektowanych przez pracownię „BUILDgreenDesign” kształtują się na poziomie ok. 3500 zł brutto/m<sup>2</sup> (+/- 400 zł w zależności od wyposażenia i klasy energetycznej). Szacunkowy czas zwrotu tego typu inwestycji wynosi od 5 do 10 lat – w zależności od powierzchni budynku, liczby mieszkańców i zastosowanych technologii.

Budowa domu w Smochowicach trwała ok. 16 miesięcy i zakończyła się jesienią 2013 roku. Właściciele zamieszkują budynek dopiero od marca br., dlatego trudno w tym momencie dokładnie ocenić koszty eksploatacyjne. Przy takim standardzie energetycznym główne wydatki za energię stanowią będą koszty przygotowywania ciepłej wody użytkowej, a więc w dużej mierze zależą od nawyków mieszkańców domu. Zdaniem biura projektowego roczne opłaty za energię powinny zmieścić się w przedziale od 500 do 1500 zł. Dla porównania, zgodnie z obliczeniami Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE), koszty eksploatacji standardowego budynku<sup>5</sup> ogrzewanego gazem (o zbliżonym metrażu) mogą wynosić prawie 7000 zł rocznie.

---

<sup>5</sup> Wg przyjętych przez KAPE założeń jest to budynek o zapotrzebowaniu na energię cieplną do ogrzewania na poziomie 120 kWh/m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej na rok.



## Pasywny dom w Stawigudzie

Dom pokazowy wybudowany w podolsztyńskiej miejscowości Stawiguda to kolejny certyfikowany budynek pasywny w naszym kraju.

źródło: [www.budujdomyszkieletowe.pl](http://www.budujdomyszkieletowe.pl)

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Firma „Brawo Domy Pasywne”.

Projektant i wykonawca: Inwestycja została zrealizowana przez firmę „Brawo Domy Pasywne”. Budynek zaprojektował architekt Jacek Roćko.

Lokalizacja: Dom powstał w miejscowości Stawiguda koło Olsztyna (woj. warmińsko-mazurskie).

Opis inwestycji: Budynek (o powierzchni użytkowej 256 m<sup>2</sup>, powierzchni ogrzewanej 206 m<sup>2</sup>) pełni funkcję pokazowo-biurową. Swoją siedzibę ma tutaj firma „Brawo Domy Pasywne”, która zrealizowała inwestycję we współpracy z grupą Saint-Gobain. Inwestorzy wyjaśniają, że dzięki takiej siedzibie specjaliści, architekci, inżynierowie, a przede wszystkim osoby zainteresowane budową domu pasywnego mogą zapoznać się z technologiami i produktami wykorzystanymi podczas realizacji projektu, a także osobiście ocenić, jak się użytkuje budynek wybudowany wg pasywnych standardów.

Pokazowy obiekt został zaprojektowany jako budynek parterowy z użytkowym poddaszem. Od strony zachodniej do głównej bryły budynku przylega mniejsza bryła, w której zaprojektowano: na parterze duże pomieszczenie magazynowe (nieogrzewane) z bramą garażową, a na poddaszu salę konferencyjną oraz taras.





*Sala konferencyjna w budynku pasywnym (źródło: [www.budujdomyszkietowe.pl](http://www.budujdomyszkietowe.pl))*

Budowa i wykończenie domu pokazowego trwały około 9 miesięcy. Pierwsze prace ruszyły we wrześniu 2013 roku, a w maju 2014 roku odbyło się oficjalne otwarcie. Budynek spełnia wymogi określone przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt, co potwierdza przyznany mu certyfikat.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek w Stawigudzie charakteryzuje się stosunkowo **prostą formą**, która została urozmaicona takimi elementami, jak zadaszony taras oraz ciekawa nadbudowa poddasza w mniejszej bryle budynku (ustawione pod niewielkim kątem w stosunku do głównej części budynku).



*Zadaszony taras od strony wschodniej (źródło: [www.grupabrawo.pl](http://www.grupabrawo.pl))*

Obiekt, jak na budynek pasywny, ma **dość niekorzystne usytuowanie względem stron świata**, co wynikało z kształtu działki. **Stosunkowo duże przeszklenia** zaprojektowano zatem

nie tylko od strony południowej (gdzie znajduje się wejście do obiektu), ale także od strony północnej i wschodniej.



Pomieszczenie magazynowe od strony zachodniej (źródło: [www.grupabrawo.pl](http://www.grupabrawo.pl))

Główna bryła budynku została wykonana w **technologii drewnianego szkieletu prefabrykowanego**. Konstrukcję ścian wypełniono wełną szklaną o grubości 23 cm, a następnie dodatkowo zaizolowano m.in. płytami fasadowymi z wełny skalnej (o grubości 25 cm). Dzięki **odpowiedniej izolacji** współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych osiągnął wartość  $U=0,073 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Skrzydło, w którym znajduje się pomieszczenie magazynowe, wzniesiono zaś w **technologii murowanej** (z betonu komórkowego ocieplonego styropianem o grubości 25 cm). Ściany w tej części budynku charakteryzują się współczynnikiem przenikania ciepła na poziomie  $U=0,095 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Do **izolacji dachu** skośnego użyto 55 cm warstwy wełny mineralnej szklanej, zaś **pod posadzką** ułożono 30 cm warstwę styropianu. Budynek posadowiony jest na **izolowanej termicznie płycie fundamentowej**.

W ścianach zostały fabrycznie zamontowane **energooszczędne okna**, o przeszkleniach dobranych do przypisanych im funkcji. Okna, które znajdują się od południa, charakteryzują się współczynnikiem przenikania ciepła szyby  $U_g$  na poziomie  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  oraz współczynnikiem całkowitej przepuszczalności energii słonecznej  $g$  (tzw. *solar factor*) równym 62%. Natomiast okna od północy mają jeszcze wyższy stopień izolacyjności termicznej ( $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) i w mniejszym stopniu przepuszczają do wnętrza energię promieniowania słonecznego ( $g = 50\%$ ). Odpowiedni dobór przeszkleń umożliwił zastosowanie stosunkowo dużych okien nie tylko od południa, jak w przypadku większości domów pasywnych, ale także od wschodu (o całkowitej powierzchni  $14,73 \text{ m}^2$ ) i północy ( $17,37 \text{ m}^2$ ). Okna wychodzące na południe umożliwiają maksymalne nasłonecznienie wnętrza w zimie, dlatego zaplanowano tu największą liczbę okien o łącznej powierzchni  $32,24 \text{ m}^2$ . W projekcie budynku przewidziano także **systemy zacinające** – refleksy zewnętrzne oraz żaluzje zewnętrzne na oknach połaciowych.



Doświetlone wnętrze budynku (źródło: [www.budujdomyszkietowe.pl](http://www.budujdomyszkietowe.pl))

Wymianę powietrza w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** (wyposażony w rekuperator o sprawności 95%). Zastosowanie tego typu systemu nie tylko pozwala ograniczyć zużycie energii, co przekłada się na wymierne korzyści finansowe, ale zapewnia także wysoki komfort użytkownikom domu. Do ogrzewania pomieszczeń zimą oraz przygotowywania ciepłej wody użytkowej wykorzystywana jest **gruntowa pompa ciepła**.

Dzięki wyżej opisanym rozwiązaniom dom pokazowy uzyskał wskaźnik zapotrzebowania na energię do ogrzewania na poziomie **14 kWh/m<sup>2</sup> na rok**, co jest zgodne z wymaganiami stawianymi budownictwu pasywnemu. Zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku wynosi **101 kWh/m<sup>2</sup> na rok** (ciepła woda użytkowa, centralne ogrzewanie, chłodzenie, energia pomocnicza i gospodarstwa domowego), z czego **40 kWh/m<sup>2</sup> na rok** to ilość energii wystarczająca na ogrzewanie budynku, przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz pracę urządzeń pomocniczych.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa domu pokazowego (do stanu deweloperskiego) kosztowała 498 787 zł. Roczne koszty ogrzewania szacuje się na poziomie 679 zł. Z analiz przeprowadzonych przez firmę „Brawo Domy Pasywne” wynika, że w porównaniu z budynkiem o zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania na poziomie 150 kWh/m<sup>2</sup>/rok, roczne koszty ogrzewania budynku pokazowego w Stawigudzie są niższe o 6 112 zł. Przedstawione koszty realizacji oraz ogrzewania dotyczą głównej bryły budynku, która stanowi samodzielny układ funkcjonalny i jest w ofercie firmy jako dom o powierzchni użytkowej 163 m<sup>2</sup> (symbol projektu Brawo 163 P2).



## Konkursowy dom pasywny pod Warszawą

W podwarszawskiej miejscowości Zielonki-Wieś trwają prace wykończeniowe pasywnego domu. Już niebawem zamieszka w nim czteroosobowa rodzina – zwycięzcy konkursu organizowanego przez firmę Saint-Gobain oraz Krajową Agencję Poszanowania Energii.

źródło: [www.budujzkape.pl](http://www.budujzkape.pl)

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Prywatny.

Projektant i wykonawca: Dom został zaprojektowany przez zespół Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE) pod kierownictwem architekta Michała Pierchalskiego. W realizacji projektu brało udział kilku wykonawców.

Lokalizacja: Budynek położony jest w miejscowości Zielonki-Wieś (gmina Stare Babice) oddalonej o ok. 13 km na zachód od centrum Warszawy (woj. mazowieckie).

Opis inwestycji: Budowa domu rozpoczęła się w maju 2014 roku i obecnie prowadzone są prace wykończeniowe, których koniec planowany jest na czerwiec 2015 roku.



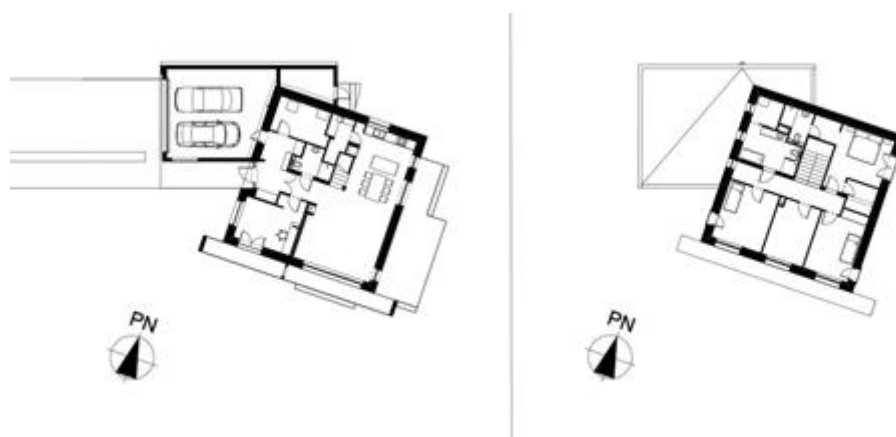
*Budowa na etapie wykańczania elewacji (źródło: [www.budujzkape.pl](http://www.budujzkape.pl))*

Realizacja inwestycji przebiega w ramach wygranej w konkursie „Zbuduj z nami komfortowy dom”, organizowanym wspólnie przez firmę Saint-Gobain oraz Krajową Agencję Poszanowania Energii (KAPE). Poza nagrodą główną, czyli materiałami do wykończenia

budowy domu w stanie deweloperskim, zwycięzcy otrzymali zindywidualizowany projekt architektoniczny oraz kompleksowe doradztwo w czasie budowy i wsparcie w uzyskaniu dofinansowania oferowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW).

Dwukondygnacyjny budynek został zaprojektowany z myślą o spełnieniu potrzeb czteroosobowej rodziny. Na powierzchni 185 m<sup>2</sup> zaplanowano m.in. salon połączony z jadalnią i kuchnią, gabinet, trzy sypialnie, pokój gościnny, dwie łazienki oraz pomieszczenie gospodarcze. W projekcie przewidziano także garaż wraz z przyległym schowkiem technicznym.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Jak większość domów pasywnych i ten budynek charakteryzuje się **prostą bryłą**, co minimalizuje ryzyko powstawania mostków cieplnych oraz gwarantuje korzystny wskaźnik kształtu A/V. Z uwagi na usytuowanie działki, które z perspektywy pozyskiwania promieniowania słonecznego nie jest idealne (wjazd od strony południowo-zachodniej) zdecydowano się na odejście od standardowego ustawienia budynku względem drogi. Równoległe do ulicy usytuowano jedynie bryłę garażu, zaś pozostała część budynku została lekko obrócona, tak aby główne pomieszczenia w domu **wyeksponować na południe**.



Orientacja budynku względem stron świata – rzut parteru i piętra (źródło: [www.budujzkape.pl](http://www.budujzkape.pl))

Przed stratami ciepła chroni przede wszystkim **odpowiednia izolacja przegród zewnętrznych**. Budynek został posadowiony na płycie fundamentowej, co zapewniło ciągłość izolacji. Podłoga została ocieplona 30 cm płytami z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) oraz 6 cm warstwą wełny mineralnej. Do izolacji ścian zewnętrznych i płaskiego dachu także została wykorzystana wełna mineralna (40 cm warstwa w przypadku ścian i 39-61 cm w przypadku dachu). Ponadto garaż wraz z przyległym schowkiem technicznym został **oddzielony od bryły głównej** – zastosowanie w tym miejscu osobnej konstrukcji izolowanej 40 cm warstwą wełny mineralnej miało na celu wyeliminowanie mostków termicznych.

W projekcie pasywnego domu istotne było także **odpowiednie rozplanowanie przeszkleń** – największe z nich znajdują się od strony południowej i wschodniej, zaś od północy i zachodu przewidziano niewielkie otwory okienne. Równie ważny był dobór stolarki budowlanej, która decyduje tu zarówno o stratach ciepła, jak i zyskach promieniowania słonecznego. W projekcie zastosowano **trzykolorowe okna** wypełnione argonem, o współczynniku

przenikania ciepła dla okna ( $U_w$ ) w granicach 0,5-0,8 W/m<sup>2</sup>K. Drzwi wejściowe mają współczynnik  $U_d = 0,8$  W/m<sup>2</sup>K. Montaż stolarki budowlanej został zrealizowany metodą warstwową (tzw. ciepły montaż), pozwalającą na zminimalizowanie strat ciepła na styku ościeżnic z murem.



Wizualizacja południowo-zachodniej elewacji budynku (źródło: [www.budujzkafe.pl](http://www.budujzkafe.pl))

Dokładnie przemyślana została także kwestia **ochrony przed przegrzewaniem** w okresie letnim. Przeprowadzona przez projektantów analiza nasłonecznienia pozwoliła zaprojektować od strony południowej **zadaszenie**, które wiosną i latem będzie chroniło przed najostrzejszym słońcem, zaś zimą zapewni dostęp promieniom słonecznym, umożliwiając tym samym osiągnięcie zysków solarnych. Zadaszenie zostało wykonane na niezależnej konstrukcji, co ma znaczenie przy minimalizowaniu ryzyka powstawania mostków termicznych. Ochronę przed przegrzewaniem stanowić będą także **zewewnętrzne żaluzje**.

Wymianę powietrza w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** (wyposażony w rekuperator o sprawności 90%). System wentylacji posiada funkcję nocnego chłodzenia, która może być wykorzystywana do dodatkowego chłodzenia pomieszczeń w okresie letnim. Zimą pomieszczenia będą dogrzewane za pomocą rozproszonych po podłodze **kabli elektrycznych**. Początkowo elektryczny system ogrzewania będzie zasilany energią z sieci, jednak w przyszłości inwestorzy planują zainstalować panele fotowoltaiczne, które będą produkowały energię na potrzeby ogrzewania, oświetlenia i pracy urządzeń elektrycznych. W budynku zostanie zainstalowany **kominek**, specjalnie dostosowany do potrzeb pasywnego budownictwa. Do przygotowywania ciepłej wody użytkowej służyć będzie **pompa ciepła typu powietrze-woda**.

Z zastosowanych w budynku rozwiązań na uwagę zasługuje także **system DWHR** (ang. *drain water heat recovery*), czyli przeciwprądowy wymiennik ciepła w instalacji szarej wody, który pozwala odzyskiwać 75% energii cieplnej ze zużytej w domu wody (pochodzącej z takich procesów, jak mycie naczyń, kąpiel czy pranie).

Ponadto zainstalowany zostanie **system zarządzania energią w budynku**, umożliwiający automatyczne sterowanie pracą poszczególnych urządzeń. Parametry panujące w pomieszczeniach, takie jak temperatura czy strumień doprowadzanego powietrza, będą mierzone i raportowane w celach badawczych.

Zamierzeniem twórców projektu jest spełnienie standardu budynku pasywnego, określanego jako NF15, którym jest dom o zapotrzebowaniu na energię do ogrzania i wentylacji poniżej 15 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Przeprowadzone przez KAPE obliczenia wskazują, że zapotrzebowanie budynku na energię użytkową powinno wynosić zaledwie **7,6 kWh/m<sup>2</sup> na rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **25,6 kWh/m<sup>2</sup> na rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Koszt budowy pasywnego domu o powierzchni 234 m<sup>2</sup> (użytkowej 185 m<sup>2</sup>) szacowany jest na ok. 700 tys. zł. W kosztorysie uwzględniono wartość otrzymanej nagrody oraz wykończenie pomieszczeń. Z przeprowadzonych analiz wynika, że realizacja inwestycji w standardzie pasywnym podniosła koszty budowy domu o ok. 15%. Jak wyjaśniają inwestorzy, to wygrana w konkursie przesądziła o budowie domu w standardzie pasywnym, więc okres zwrotu inwestycji nie był w tym przypadku analizowany. Dla inwestorów najważniejsze jest, że inwestycja w lepsze ocieplenie budynku zagwarantowała im niższe rachunki na lata. Łączny koszt ogrzewania w całym sezonie grzewczym został bowiem skalkulowany na poziomie ok. 1200 zł.



## Energooszczędne osiedle „Krzywa Iwiczna”

Osiedle zlokalizowane w podwarszawskiej miejscowości Nowa Iwiczna to doskonały przykład na to, że energooszczędne i innowacyjne rozwiązania mogą iść w parze z tradycyjną zabudową, nawiązującą charakterem do staropolskich zasad budownictwa.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Osiedle energooszczędnych domów jednorodzinnych.

Inwestor: Firma Dworek Polski.

Projektant i wykonawca: Firma Dworek Polski jest zarówno deweloperem, projektantem, jak i generalnym wykonawcą przedsięwzięcia.

Lokalizacja: Osiedle znajduje się w miejscowości Nowa Iwiczna (gm. Lesznowola), położonej kilkanaście kilometrów na południe od centrum Warszawy (woj. mazowieckie).

Opis inwestycji: Ważnym elementem projektu jest układ przestrzenny nawiązujący do starodawnej sztuki planowania miast oraz pierzejowa zabudowa utrzymana w tradycji polskiego budownictwa. Wąskie i brukowane uliczki, tradycyjne bramy wjazdowe, nieregularny rynek i domy nawiązujące do staropolskiej architektury z pewnością wyróżniają inwestycję na tle współczesnych osiedli mieszkaniowych.



*Domy w zabudowie pierzejowej usytuowane są bezpośrednio wzdłuż osiedlowych uliczek  
(fot. Dworek Polski)*

Na gruncie o powierzchni 4,5 ha zbudowano ok. 140 domów mieszkalnych o różnej powierzchni użytkowej (najczęściej w granicach 90-110 m<sup>2</sup>). Na tyłach każdego domu (średnia wielkość działki to ok. 240 m<sup>2</sup>) zaprojektowano prywatne ogródki, zaś pomiędzy poszczególnymi budynkami znajdują się garaże.





*Drewniane bramy garażowe podkreślają tradycyjny charakter osiedla (fot. ChronmyKlimat.pl)*

W planie osiedla uwzględniono także nieregularny rynek, który ma pełnić funkcje przede wszystkim usługowe i docelowo stać się centrum życia publicznego. Rynek od wschodu zamknięty jest budynkiem tzw. ratusza, od północy zabudową podcieniową (zaprojektowaną z myślą o drobnych lokalach usługowych np. sklepikach, kawiarniach). Budynek „ratusza” nie został jeszcze zagospodarowany, ale w przyszłości może być użytkowany np. jako restauracja, przedszkole lub wielofunkcyjny obiekt spełniający różne potrzeby mieszkańców.



*Budynek ratusza i podcieniowe kamieniczki mają zapewnić mieszkańcom dostęp do podstawowych usług (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Atutem osiedla jest z pewnością zróżnicowany, a jednak spójny charakter zabudowy. W projekcie uwzględniono aż 40 typów domów, które różnią się zarówno wielkością, bryłą, kolorem elewacji, jak i detalem wykończenia. Wszystkie jednak utrzymane są w podobnej stylistyce. Uwagę przykuwają także zadbane strefy wejściowe domów oraz zielone ogródki, zlokalizowane na tyłach budynków.



*Różnorodna zabudowa nawiązująca do tradycyjnego budownictwa to jedna z cech charakterystycznych osiedla (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Obiekty znajdujące się na osiedlu „Krzywa Iwiczna” zbudowane zostały w oparciu o **konstrukcję szkieletową**. Wzorowana na tzw. metodzie kanadyjskiej technologia polega na zastosowaniu drewnianego szkieletu, co w połączeniu z bardzo dobrą izolacją ścian (zastosowano tu wełnę mineralną) niweluje powstawanie mostków cieplnych. Kolejnym źródłem oszczędności energii jest **zwarta, pierzejowa zabudowa**. Wspólne elementy sąsiadujących budynków i mała liczba ścian zewnętrznych ograniczają zapotrzebowanie budynków na ciepło. Cechą charakterystyczną projektu jest także wykorzystanie naturalnego światła i zysków ciepła, osiągnięte dzięki **odpowiedniemu rozmieszczeniu przeszkleń**.

W projekcie wykorzystano **dobrze izolowane dwuszybowe okna** (często nieotwieralne) o stosunkowo wąskich ramach. Zdaniem inwestora taka technologia zapewnia zyski energii i jednocześnie jest rozwiązaniem znacznie tańszym niż stosowane powszechnie w energooszczędnym budownictwie okna o potrójnych szybach.



Wnętrze domu pokazowego (fot. ChronmyKlimat.pl)

Kluczowym elementem systemu ogrzewania jest **kominek z płaszczem wodnym**, opalany biomasą drzewną. System ten jest wykorzystywany przede wszystkim zimą i poza ogrzewaniem pomieszczeń zapewnia ciepłą wodę użytkową. Ciepło uzyskane dzięki pracy kominka (wystarczy godzina grzania dziennie) gromadzone jest w dużym zbiorniku (1000 litrów), a następnie podgrzana woda rozprowadzana jest w ciągu doby do grzejników/ogrzewania podłogowego oraz kranów. Uzupełnieniem ogrzewania kominkowego jest **automatyczny system z grzałkami elektrycznymi, który kontroluje temperaturę pomieszczeń** w domach i może być wykorzystywany przez gospodarzy np. podczas zimowego urlopu. Ponadto zastosowanie kominka z płaszczem wodnym umożliwia połączenie systemu z drobnymi instalacjami wykorzystującymi energię słoneczną (właściciele niektórych z domów znajdujących się na terenie osiedla dodatkowo zainstalowali **kolektory słoneczne**).

W projekcie zastosowano tzw. oddychające ściany, które charakteryzują się możliwie małym oporem dyfuzyjnym. Zachodząca poprzez ściany budynków **wentylacja dyfuzyjna** umożliwia wymianę powietrza w pomieszczeniach.

Domy znajdujące się na terenie osiedla „Krzywa Iwiczna” spełniają wymagania stawiane budownictwu energooszczędnemu. Zapotrzebowanie na energię cieplną mieści się w granicach **30-40 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Zdaniem inwestora ceny domów na osiedlu „Krzywa Iwiczna” są zbliżone do wartości standardowych inwestycji dostępnych na polskim rynku. Z informacji przedstawionej na stronie firmy wynika, że ceny domów aktualnie dostępnych w sprzedaży (o powierzchni użytkowej 96-181 m<sup>2</sup> i działce 240-514 m<sup>2</sup>) wahają się w przedziale 620-860 tys. zł.

Szacunkowe koszty eksploatacji (opłaty dla gminy za wodę i kanalizację oraz rachunki za prąd) wynoszą ok. 250-350 zł miesięcznie. Koszty ogrzewania (związane z zakupem drewna do kominka) wynoszą ok. 1500-2000 zł rocznie. Właściciel domu wyposażonego dodatkowo

w kolektor słoneczny ocenia wydatki swojej 3-osobowej rodziny na ok. 350 zł miesięcznie (uwzględniając w tym rachunki za wodę, energię i uśredniając koszty związane z ogrzewaniem w zimie).

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Główne problemy na drodze do realizacji inwestycji związane były z funkcjonującą w Polsce biurokracją. Już samo uzyskanie pozwolenia na budowę zajęło inwestorom aż 7 lat. Zmian wymagały m.in. zapisy miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. W rezultacie, dzięki współpracy z gminą, udało się zrealizować inwestycję, która odbiega od wytycznych uwzględnionych w początkowej wersji planu zagospodarowania przestrzennego (m.in. możliwa była zmiana układu i szerokości ulic oraz sposobu usytuowania budynków).



## Energooszczędne i pasywne domy na osiedlu „Strumień”

W Solcu, niewielkiej miejscowości położonej w odległości niespełna 30 km od Warszawy, realizowana jest budowa kompleksu energooszczędnych i pasywnych domów jednorodzinnych. Możliwe, że już niebawem jeden z pierwszych wzniesionych na terenie inwestycji budynków będzie mógł poszczycić się mianem certyfikowanego domu pasywnego.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Osiedle energooszczędnych i pasywnych domów jednorodzinnych.

Inwestor: Firma „Domy i Domki”.

Projektant i wykonawca: Inwestycja realizowana jest przez firmę „Domy i domki”, będącą zarówno deweloperem, jak i generalnym wykonawcą przedsięwzięcia. Budynki zostały zaprojektowane przez arch. Joannę Fiszer-Sozańską.

Lokalizacja: Osiedle położone jest w niewielkiej miejscowości Solec (gm. Góra Kalwaria), położonej ok. 25 km na południe od centrum Warszawy (woj. mazowieckie).

Opis inwestycji: W ramach kompleksu przewidziano budowę 9 wolnostojących domów jednorodzinnych (o powierzchni od 130 do 200 m<sup>2</sup>), z których każdy posiada własną posesję (w granicach 900-1300 m<sup>2</sup>). W planie osiedla uwzględniono także wspólną drogę dojazdową.



*Energooszczędny dom wybudowany jako pierwszy z dziewięciu zaprojektowanych w tym miejscu budynków (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Inwestycja realizowana jest stopniowo od wiosny 2011 roku i zakłada budowę domów o różnym standardzie energetycznym – energooszczędnych lub pasywnych. Pierwszy z wzniesionych na terenie osiedla domów to budynek energooszczędny, który obecnie funkcjonuje jako obiekt pokazowy (celowo nie został jeszcze wykończony, aby przyszłemu nabywcy nie odbierać szansy na wprowadzenie zmian w układzie pomieszczeń). Aktualnie prowadzone są także prace związane z budową dwóch kolejnych domów jednorodzinnych. Jeden z nich to obiekt w standardzie pasywnym, którego projekt uzyskał już potwierdzenie zgodności z wymogami stawianymi przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt. Kolejnym etapem certyfikacji, prowadzonej pod nadzorem Polskiego Instytutu Budownictwa Pasywnego i Energii Odnawialnej, będzie m.in. test szczelności oraz weryfikacja wykonania prac zakładanych w projekcie architektonicznym. Budowa kolejnych sześciu budynków (najprawdopodobniej już nie pasywnych, ale energooszczędnych) będzie postępować etapowo, wraz z ich sprzedażą. Przybliżony czas realizacji każdego projektu to ok. 4-5 miesięcy.



*Dom pasywny w trakcie budowy oraz energooszczędny powstające na terenie osiedla  
(fot. ChronmyKlimat.pl)*

Wszystkie domy zaprojektowane w ramach osiedla charakteryzują się dość klasycznym układem przestrzenno-funkcyjnym. Otwartą strefę dzienną (salon połączony z kuchnią i jadalną), dodatkową łazienkę oraz pomieszczenia techniczne zaplanowano na parterze każdego z budynków. Na piętrze zaś przewidziano sypialnie, garderoby oraz główne łazienki. Cechą charakterystyczną domów zaprojektowanych na osiedlu „Strumień” są także rozległe tarasy. Każdy z projektów przewiduje ponadto garaż (w zależności od powierzchni domu jedno- lub dwustanowiskowy).

Osiedle utrzymane jest w nowoczesnej stylistyce, podkreślanej m.in. przez proste bryły budynków, szerokie tarasy oraz przestronne przeszklenia. Do współczesnego charakteru nawiązuje także biało-szara kolorystyka elewacji, wzbogacona o drewniane (oraz imitujące drewno) elementy.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynki charakteryzują się **zwartą bryłą**, która minimalizuje ryzykowno występowania mostków cieplnych. Największe **przeszklenia** (tzw. ogrody zimowe) zostały zaplanowane od strony południowo-wschodniej i południowo-zachodniej, co umożliwia pozyskiwanie energii słonecznej zimą i jednocześnie (w porównaniu do ekspozycji bezpośrednio na południe) osłabiania przegrzewanie się w ciągu lata.

Budynki wnoszone są w **drewnianej konstrukcji szkieletowej** i wszystkie cechują się **ponadstandardową izolacją**. W domach energooszczędnych do ocieplenia ścian zewnętrznych zastosowano 30 cm warstwę izolacji (20 cm warstwa wełny mineralnej połączona z 10 cm warstwą styropianu). W budynku pasywnym natomiast grubość izolacji ścian została zróżnicowana – od strony słonecznej wykorzystano 35 cm izolację, zaś pozostałe ściany ocieplono 40 cm warstwą (w tym przypadku także zastosowano połączenie wełny i styropianu). Skośne dachy ocieplono wełną z gruzem styropianowym (40 lub 50 cm warstwą w przypadku domu pasywnego), tak aby pogodzić potrzeby izolacyjne z

przeciwpożarowymi. W projektach uwzględniono także izolację fundamentów (styropianową w domach energooszczędnych i poliuretanową w budynku pasywnym).



*Drewniany szkielet wypełniony izolacją z wełny mineralnej i styropianu  
(fot. ChronmyKlimat.pl)*

Odpowiednio zaizolowano także zastosowane w budynkach **okna i drzwi**. W przypadku pierwszego z wnoszonych budynków, czyli domu energooszczędnego, zdecydowano się na wybór okien o różnych parametrach, dobranych w zależności od położenia względem stron świata. W domu pasywnym zastosowano nowsze i jeszcze bardziej szczelne okna (wszystkie trzyszybowe o współczynniku przenikania ciepła dla okna poniżej  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Wymianę powietrza w budynkach zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** (wyposażony w rekuperator o sprawności powyżej 80%). Ponadto budynki zostały przygotowane do ewentualnego montażu **gruntowych wymienników ciepła** wspomagających pracę systemu wentylacyjno-grzewczego, jednak ich zastosowanie pozostawiono do decyzji nabywców konkretnych domów (jest to koszt w granicach 5,5 tys. zł). Zakopane w ziemi urządzenie, wykorzystując stałą temperaturę gruntu na odpowiedniej głębokości, wstępnie podgrzewa powietrze wprowadzane do domu zimą, a latem je ochładza.

Deweloper pozostawił nabywcom domów także wybór w zakresie **systemu grzewczego**, który w okresie zimowym będzie wykorzystywany do ogrzewania pomieszczeń. Może to być np. pompa ciepła, piec opalany biomasą, kocioł gazowy czy grzejnik elektryczny. Podobne podejście dotyczy **sposobu przygotowywania ciepłej wody użytkowej** – w założeniu wykorzystywana ma być w tym celu pompa ciepła, ale w zależności od decyzji przyszłych mieszkańców alternatywę stanowi np. dwufunkcyjny piec gazowy, elektryczny bojler czy kolektory słoneczne. Ostateczna konfiguracja systemu grzewczego będzie ustalana indywidualnie dla każdego z budynków.

Domy na osiedlu „Strumień” zostały ponadto wyposażone w **uproszczone systemy zarządzania budynkiem**, które za pomocą multimedialnej aplikacji pozwalają zdalnie

sterować pracą urządzeń elektrycznych (np. regulować oświetlenie czy temperaturę w danych pomieszczeniach).

W przypadku domu pasywnego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania wynosi **14,6 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, co jest zgodne z normami dla tego typu budynków. Natomiast budowane na osiedlu domy energooszczędne potrzebują tej energii **poniżej 40 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Zapotrzebowanie na energię pierwotną, która określa całkowitą efektywność budynku, wynosi odpowiednio **15,3 kWh/m<sup>2</sup>/rok** dla domu pasywnego i **32,6 kWh/m<sup>2</sup>/rok** dla budynków energooszczędnych.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Koszty budowy domów (wykończenie do tzw. stanu deweloperskiego) kształtują się w przedziale od 300 do 550 tys. zł (w zależności od powierzchni i standardu energetycznego). Dodatkowym kosztem będzie wyposażenie budynku w instalacje służące do ogrzewania/chłodzenia pomieszczeń i przygotowywania ciepłej wody użytkowej (zatem w zależności od wybranego systemu koszty wzrastają od kilku do ok. 50 tys. zł). Potencjalny nabywca musi uwzględnić także wydatki związane z zakupem działki (w tym jej ogrodzeniem i doprowadzeniem instalacji), które w zależności od powierzchni posesji kształtują się w przedziale 260 do 390 tys. zł.

Jak wyjaśnia deweloper, szacowanie kosztów eksploatacyjnych na tym etapie budowy jest bardzo trudne, ponieważ zależą one od wybranych przez najemcę instalacji grzewczych oraz w dużej mierze od sposobu użytkowania domu, czyli nawyków przyszłych mieszkańców. Jednak w przypadku energooszczędnych domów budowanych dla prywatnych inwestorów (o metrażu ok. 200 m<sup>2</sup> i wyposażonych w pompy ciepła) wydatki te wynosiły ok. 1500 zł rocznie. Dla porównania, zgodnie z obliczeniami Krajowej Agencji Poszanowania Energii, koszty eksploatacji standardowego budynku<sup>6</sup> o zbliżonym metrażu (ogrzewanego gazem) mogą wynosić prawie 7000 zł rocznie (w przypadku ogrzewania energią elektryczną ponad 15 000 zł rocznie).

---

<sup>6</sup> Wg przyjętych przez KAPE założeń jest to budynek o zapotrzebowaniu na energię cieplną do ogrzewania na poziomie 120 kWh/m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej na rok.





## Energooszczędne osiedle „Sielanka”

Budowane na terenie Tarnowskich Gór osiedle „Sielanka” to jedna z niewielu tak dużych energooszczędnych inwestycji w Polsce. Docelowo w tym miejscu powstanie ok. 150 domów jednorodzinnych, z których zdecydowana większość ma kwalifikować się do programu dopłat oferowanych przez NFOŚiGW.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Osiedle energooszczędnych domów jednorodzinnych.

Inwestor: II-Inwestycje CL (deweloper specjalizujący się w budownictwie jednorodzinym).

Projektant i wykonawca: Firma II-Inwestycje CL jest zarówno deweloperem, jak i generalnym wykonawcą przedsięwzięcia. Domy zaprojektował architekt Tomasz Köhler.

Lokalizacja: Osiedle zlokalizowane jest w północno-zachodniej części Tarnowskich Gór (dzielnica Stare Tarnowice) przy ul. Sielanka, skąd pochodzi nazwa inwestycji.

Opis inwestycji: Inwestycja, realizowana na działce o powierzchni 15 ha, przewiduje budowę ok. 150 energooszczędnych domów jednorodzinnych. W projekcie osiedla uwzględniono zarówno budynki w zabudowie indywidualnej, bliźniaczej, jak i szeregowej. Są to domy o powierzchni od 92 do 186 m<sup>2</sup>, z których każdy posiada własny ogródek (w granicach 280-2000 m<sup>2</sup>).



*Wolnostojące domy budowane w ramach II etapu inwestycji (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Budowa osiedla realizowana jest etapowo od wiosny 2011 roku. W ramach pierwszego etapu inwestycji (kwiecień 2011–czerwiec 2012) wybudowanych zostało 26 jednorodzinnych domów. Aktualnie dobiegają końca prace związane z realizacją drugiego etapu, przewidującego budowę 44 obiektów. Rozpoczęta została także budowa i sprzedaż domów zaplanowanych w ramach trzeciego etapu inwestycji (kolejne 38 budynków). Realizacja IV i V etapu inwestycji przewiduje budowę ok. 50 domów jednorodzinnych.

Wszystkie domy powstające w ramach inwestycji to budynki energooszczędne o zapotrzebowaniu na energię do celów ogrzewania i wentylacji wynoszącym maksymalnie 40 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Projekty realizowane w ramach II–V etapu inwestycji (czyli już po ogłoszeniu programu dopłat NFOŚiGW) zostały ponadto dostosowane pod kątem spełnienia szczegółowych warunków określonych przez Fundusz dla budynków energooszczędnych (tzw. standard NF40). Nabywcy tego typu domów mogą zatem liczyć na 30 tys. zł dofinansowania. Osiedle „Sielanka” jest jedną z pierwszych inwestycji deweloperskich zakwalifikowanych do programu dopłat NFOŚiGW. Aktualnie pozytywną weryfikację uzyskało już 35 wybudowanych domów (tj. wszystkie budynki z II etapu, które dotychczas zostały oddane do użytkowania).



*Domy w zabudowie bliźniaczej zaprojektowane w ramach II etapu inwestycji (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Wspólną cechą wszystkich domów powstających na terenie osiedla jest **zwarta bryła** ograniczająca ryzyko niekontrolowanych strat ciepła.

Nowoczesny charakter budynków podkreślają także **przestronne przeszklenia** umożliwiające wykorzystanie zysków promieniowania słonecznego i zapewniające dopływ naturalnego światła. W projekcie wykorzystano **szczelne i dobrze izolowane okna o potrójnej szybie** oraz **energooszczędne drzwi**.



*Przestronne przeszklenia od strony południowej i wschodniej w domu pokazowym (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Obiekty budowane są w **technologii tradycyjnej**. Istotnym elementem każdego projektowanego domu jest także **ponadstandardowa izolacja termiczna**. Ściany zbudowane są z ceramicznych pustaków, ocieplonych 20 cm warstwą **grafitowego styropianu**. Dachy domów (najczęściej o kącie nachylenia 15°) zaizolowano **welną mineralną** o grubości 35 cm. Przestrzeń pomiędzy dachem a zastosowanym na poddaszu podwieszanym sufitem jest praktycznie w 90% wypełniona izolacją, co nie tylko ogranicza straty ciepła w okresie zimowym, ale także chroni przed przegrzewaniem się górnej kondygnacji w ciągu lata. **Styropian** wykorzystano także do ocieplenia ścian fundamentowych (warstwa 15 cm) oraz podłóg na gruncie (18 cm).

Wymianę powietrza w budynkach zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** (wyposażony w rekuperator o sprawności 95%). Do ogrzewania zastosowano **piece kondensacyjne** (dwufunkcyjne, z zamkniętą komorą spalania) o jednej z najwyższych sprawności dostępnych obecnie na rynku tj. 109%<sup>7</sup>. Zasilany gazem kocioł połączony jest z instalacją niskotemperaturową (ogrzewaniem podłogowym oraz grzejnikami), dzięki czemu ciepło rozprowadzane jest po wszystkich pomieszczeniach. Zarówno praca systemu grzewczego, jak i układu związanego z odzyskiem ciepła i wentylacją budynków **sterowana jest automatycznie**.



*Domy w zabudowie szeregowej zaprojektowane w ramach II etapu inwestycji (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Domy budowane zgodnie z wymogami programu dopłat NFOŚiGW, czyli budynki powstające w ramach aktualnie realizowanego II i III etapu inwestycji, potrzebują do ogrzania 1 m<sup>2</sup> ok. 20-30 kWh/rok, zatem mniej niż określają to wymagania stawiane przez NFOŚiGW dla

<sup>7</sup> Podawana przez producentów sprawność kotłów kondensacyjnych przekracza 100%, co wynika ze sposobu jej obliczania w odniesieniu do wartości opałowej, która nie uwzględnia możliwości wykorzystania dodatkowej energii ze skraplania pary wodnej zawartej w spalinach. Chcąc określić rzeczywistą sprawność kotłów kondensacyjnych, w obliczeniach należałoby uwzględnić nie wartość opałową paliwa, a ciepło spalania. Wówczas sprawność takiego kotła kondensacyjnego wynosiłaby 98%, przy czym sprawność tradycyjnego kotła też byłaby odpowiednio niższa.

standardu NF40. Zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną (EP) tych budynków mieści się w granicach **70-100 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Ceny domów na osiedlu „Sielanka” kształtują się od 370 tys. zł za segment o powierzchni ok. 120 m<sup>2</sup> (wraz z działką ok. 300-400 m<sup>2</sup>) do kwoty ok. 725 tys. zł za wolnostojący budynek o powierzchni ok. 190 m<sup>2</sup> (wraz z działką o pow. ponad 900 m<sup>2</sup>). Zdaniem inwestora budowa domu energooszczędnego w porównaniu do tradycyjnego jest o ok. 20% droższa, jednak dzięki korzyściom wynikającym ze skali i specjalizacji w budownictwie energooszczędnym można oferować te energooszczędne domy w cenach zbliżonych do ofert tradycyjnych. Dodatkowo nabywcy mogą uzyskać dopłatę do kredytu w wysokości 30 tys. zł. W ocenie inwestora koszty ogrzewania w przypadku budownictwa energooszczędnego są minimum o 50-60% niższe w porównaniu do domów o podobnej wielkości, ale wybudowanych w sposób tradycyjny.



## Pasywny kościół w Nowym Targu

Przykład z Podhala pokazuje, że w standardzie pasywnym można budować nie tylko domy mieszkalne, biurowce czy hale sportowe, ale nawet obiekty sakralne. Pasywny kościół w Nowym Targu jest pierwszym tego typu obiektem w Europie.

źródło: Architektura Pasywna Pyszczyk i Stelmach Sp. J.

Rodzaj inwestycji: Pasywny obiekt sakralny.

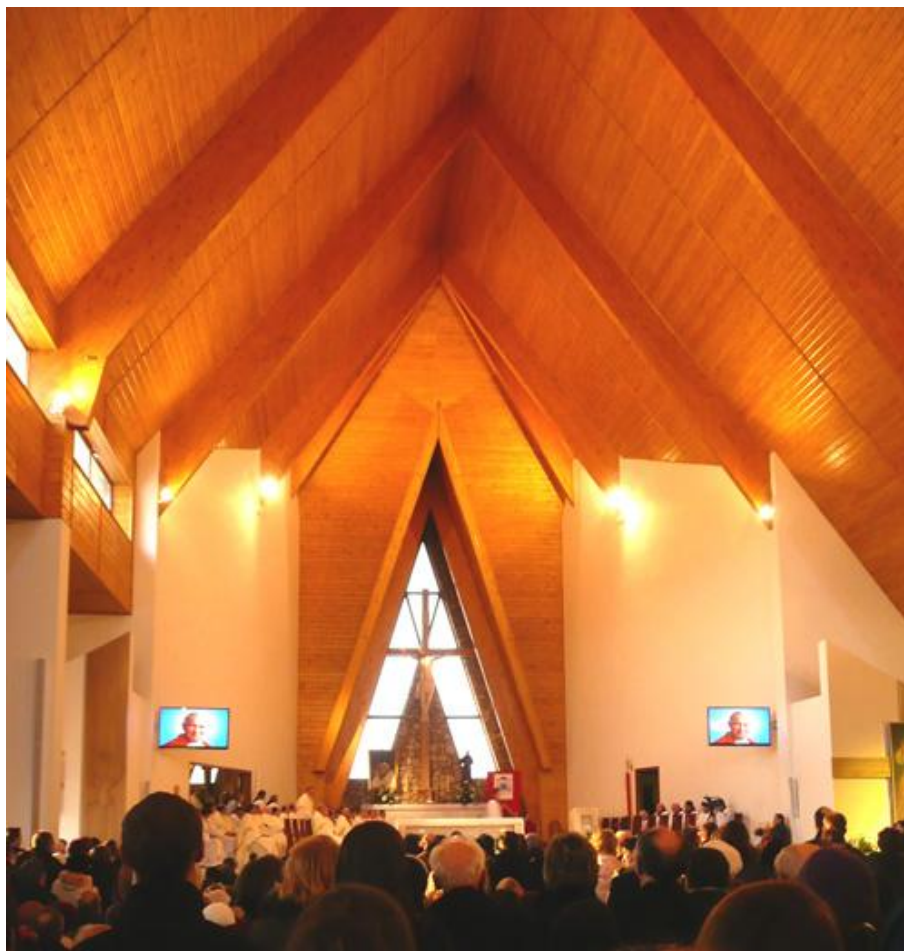
Inwestor: Parafia pw. św. Jana Pawła II w Nowym Targu.

Projektant i wykonawca: Kościół zaprojektowali krakowscy architekci Tomasz Pyszczyk i Marcin Stelmach z pracowni Architektura Pasywna Pyszczyk i Stelmach Sp. J. Za konstrukcję odpowiada lokalny przedsiębiorca Paweł Put.

Lokalizacja: Parafia położona jest na Równi Szaflarskiej w Nowym Targu (woj. małopolskie).

Opis inwestycji: Kościół wraz z towarzyszącym mu budynkiem plebanii został zaprojektowany na działce o powierzchni ok. 7 tys. m<sup>2</sup>. Budowa rozpoczęła się wiosną 2008 roku i trwała ok. 3 lata.

Częściowo podpiwniczony budynek kościoła ma powierzchnię 1740 m<sup>2</sup> (powierzchnia ogrzewana wynosi 1357 m<sup>2</sup>). Zaplanowano w nim miejsca siedzące dla ok. 500 wiernych oraz chór, ulokowany nad głównym wejściem. Wysokość nawy wynosi 19,40 m (ponad 28 m wraz z wieżą). W podpiwniczonej części kościoła zaprojektowano m.in. salę wykładową, sanitariaty oraz zaplecze.



*Wnętrze kościoła (fot. Architektura Pasywna Pyszczyk i Stelmach Sp. J.)*

Architektura obiektu nawiązuje charakterem do zabudowy Podhala, o czym świadczą m.in. strzelisty dach oraz niskie podcienia. Wpisujący się w regionalny krajobraz budynek kryje w sobie wiele nowoczesnych i energooszczędnych rozwiązań.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Obiekt charakteryzuje się dość **zwartą bryłą**, co minimalizuje ryzyko powstawania mostków termicznych. Ukształtowanie dachu, okapów oraz podcieni to nie tylko nawiązanie do tradycji budowlanych Podhala, ale także ochrona budynku przed nadmiernymi skutkami wiatru i opadów atmosferycznych.

Wszystkie przegrody zewnętrzne budynku zostały **odpowiednio ocieplone**, gwarantując współczynnik przenikania ciepła na poziomie  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Do izolacji fundamentów i ścian zewnętrznych wykorzystano styropian (30 cm), zaś na dachu zastosowano wełnę mineralną (40 cm).



Frontowa elewacja budynku (fot. Architektura Pasywna Pyszczyk i Stelmach Sp. J.)

**Duże przeszklenia** zaprojektowano od strony południowej, co pozwala maksymalizować bierne zyski słoneczne w chłodnych porach roku. Przeprowadzona przez architektów analiza nasłonecznienia pozwoliła dostosować położenie okien w taki sposób, aby latem zabezpieczyć budynek przed przegrzaniem, a zimą zapewnić dostęp do naturalnego światła. Na południowej elewacji przeszklenia znajdują się zarówno na wysokości dachu, jak i pod okapem. W projekcie zastosowano **trzyszybowe okna** o współczynniku przenikania ciepła poniżej  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Wymianę powietrza w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, składający się z dwóch centrali wentylacyjnych wyposażonych w rekuperatory o sprawności 91% i 81%. Pierwsza z centrali wentylacyjnych – o wydajności  $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  – służy do wentylacji nawy głównej i kaplicy bocznej (jej praca jest regulowana w zależności od liczby wiernych przebywających w budynku). Druga zaś – o wydajności  $2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  – wykorzystywana jest do wentylacji pozostałych pomieszczeń.

Ponadto w budynku kościoła zastosowano **niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe**, współpracujące z **pompą ciepła** zasilaną studniami głębinowymi. Do podgrzewania wody użytkowej wykorzystywane są **kolektory słoneczne**, umieszczone na dachu (26 sztuk). W lecie nadmiar produkowanej za ich pomocą energii cieplnej odprowadzany jest do gruntu i służy do ogrzania chłodnych posadzek.

Zastosowanie energooszczędnych rozwiązań pozwoliło w przypadku kościoła ograniczyć zapotrzebowanie na ciepło do **13,7 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną do **110 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, co jest zgodne z wymaganiami stawianymi budownictwu pasywnemu.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Realizacja inwestycji w standardzie pasywnym podniosła koszty budowy kościoła o 15-17%, jednak dzięki niższym kosztom utrzymania dodatkowe nakłady powinny zwrócić się w ciągu ok. 15 lat. Wybudowanie kościoła taniego w utrzymaniu było bowiem jednym z głównych założeń realizacji projektu. Jak wyjaśnia ks. Jan Karlak, proboszcz parafii w Nowym Targu, łączne koszty ogrzewania pasywnego kościoła wraz z energią elektryczną za okres półroczny (od października do marca) wynoszą ok. 4,5 tys. zł. Dla porównania, w przypadku tradycyjnych kościołów o podobnej wielkości miesięczne opłaty za samo ogrzewanie to koszt ok. 7,5 tys. zł. Zatem budowa kościoła w standardzie pasywnym pozwala parafii zaoszczędzić w czasie jednego sezonu grzewczego ok. 40 tys. zł.



## Pasywna szkoła w Budzowie

Szkoła w Budzowie to pierwsza w Polsce placówka edukacyjna zbudowana w standardzie pasywnym. W porównaniu do tradycyjnych budynków szkolnych roczne koszty ogrzewania pasywnej szkoły są 40 razy niższe.

źródło: Urząd Gminy Stoszowice

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Gmina Stoszowice.

Projektant i wykonawca: Projekt szkoły powstał w pracowni architektonicznej Bończa Studio, a generalnym wykonawcą była firma Budostal 2.

Lokalizacja: Szkoła znajduje się w miejscowości Budzów (gmina Stoszowice), w województwie dolnośląskim.

Opis inwestycji: Szkoła w Budzowie to pierwsza w Polsce placówka edukacyjna zbudowana w standardzie pasywnym. Budowa obiektu trwała ponad rok. W ramach



inwestycji powstał jednokondygnacyjny budynek o powierzchni ok. 800 m<sup>2</sup>, który zapewnia miejsce do nauki ok. 180 uczniom. Na parterze szkoły znajdują się świetlica, stołówka z zapleczem do przygotowywania posiłków, pokój nauczycielski, szatnie i pomieszczenia gospodarcze. Na piętrze zaplanowano sześć sal lekcyjnych. Placówka funkcjonuje od września 2012 r. (uroczyste otwarcie szkoły odbyło się 26 października 2012 r.).



*Szkolny korytarz (fot. Urząd Gminy Stoszowice)*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Szkoła w Budzowie została zaprojektowana z zachowaniem podstawowych założeń architektonicznych dotyczących budynków pasywnych. **Prosta i zwarta bryła** zapewnia odpowiednią szczelność obiektu. Równie ważne jest prawidłowe **usytuowanie budynku**, umożliwiające maksymalne doświetlenie wnętrza naturalnym światłem. Wyjątkową energooszczędność gwarantuje m.in. **ocieplenie ścian budynku** warstwą srebrnoszarego styropianu z dodatkiem grafitu, którego cząstki dodatkowo absorbują promieniowanie cieplne. W budynku zastosowano **pompy ciepła** oraz **rekuperatory**, umożliwiające odzyskiwanie wywiewanego ciepła. W obiekcie zamontowano także **wydajne energetycznie okna**, które z jednej strony minimalizują straty energii, a z drugiej strony odpowiadają za zyski energii od słońca. Ponadto w przyszłości na dachu budynku mają być zainstalowane **panele fotowoltaiczne**, dzięki którym szkoła będzie mogła pozyskiwać energię słoneczną.



*Budynek szkoły pasywnej (fot. Urząd Gminy Stoszowice)*

Zastosowane technologie sprawiają, że przenikalność przegród jest średnio 3 razy niższa niż w tradycyjnych budynkach, zapotrzebowanie na ciepło 4 razy niższe niż dla budynków pasywnych (**3,16 kWh/m<sup>2</sup>/rok**), a szczelność 3 razy lepsza niż w budynkach pasywnych. Zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosi **71,31 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Ta ilość energii wystarcza na ogrzewanie budynku, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, pracę urządzeń elektrycznych i oświetlenie.



*Budynek szkoły pasywnej (fot. Urząd Gminy Stoszowice)*

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Inwestycja kosztowała prawie 3,4 mln zł i była droższa od tradycyjnego budynku o ok. 10–15% wartości inwestycji. Szacunkowy koszt ogrzania budynku to ok. 1000 zł rocznie. Dla porównania, koszt ogrzania tradycyjnego budynku o podobnej wielkości wynosi rocznie ok. 40 tys. zł (z uwzględnieniem kosztów paliwa oraz wynagrodzenia palacza). Koszty ogrzewania pasywnej szkoły w Budzowie są więc ok. 40 razy niższe. Z wyliczeń władz gminy

(uwzględniających m.in. koszty podobnych inwestycji w sąsiednich samorządach) wynika, że przy założeniu, że cena paliw będzie stała, zwrot nadpłaty nastąpi po ok. 10 latach. Jednak uwzględniając rosnące ceny energii oraz to, że gaz w ciągu 3 lat podrożał niemal 50%, władze gminy szacują, że dodatkowy wydatek zwróci się już po 6–7 latach.



*Sala lekcyjna (fot. Urząd Gminy Stoszowice)*

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Marek Janikowski, wójt gminy Stoszowice i inicjator budowy, wspomina w udzielanych wywiadach, że na ich „zerowy” budynek nie udało się uzyskać znaczącej dotacji, ponieważ nie ma w Polsce programu, który wspierałby budowę niskoenergetycznych budynków użyteczności publicznej. W jego ocenie dotacja w wysokości 20–30% pomogłaby w podejmowaniu decyzji o budowie pasywnych budynków w Polsce. Dla lokalnych władz problemem może być także opracowanie głównych założeń technicznych i przygotowanie programu funkcjonalno-użytkowego (PUF) na potrzeby ogłoszenia przetargu. W pracach przygotowawczych zwrócono się o pomoc do ekspertów z Polski, Czech i Niemiec (m.in. projektantów poznanych podczas wizyty studyjnej w Saksonii, która zainspirowała władze gminy do wybudowania pasywnej szkoły). W wywiadach wójt gminy przestrzega także przed potencjalnymi problemami w relacjach na linii zamawiający – projektant – wykonawca. Podstawą dobrych relacji i zakończenia inwestycji w terminie powinny być precyzyjne zapisy programu funkcjonalno-użytkowego (PUF).



## Energooszczędna szkoła w Chotomowie

Wybudowana na granicy Jabłonna i Chotomowa szkoła podstawowa to z pewnością jeden z najnowocześniejszych budynków użyteczności publicznej na terenie Mazowsza. Nowo otwarta szkoła to także kolejny przykład na to, że polskie samorządy coraz częściej decydują się realizować energooszczędne inwestycje.

źródło: Greenpeace

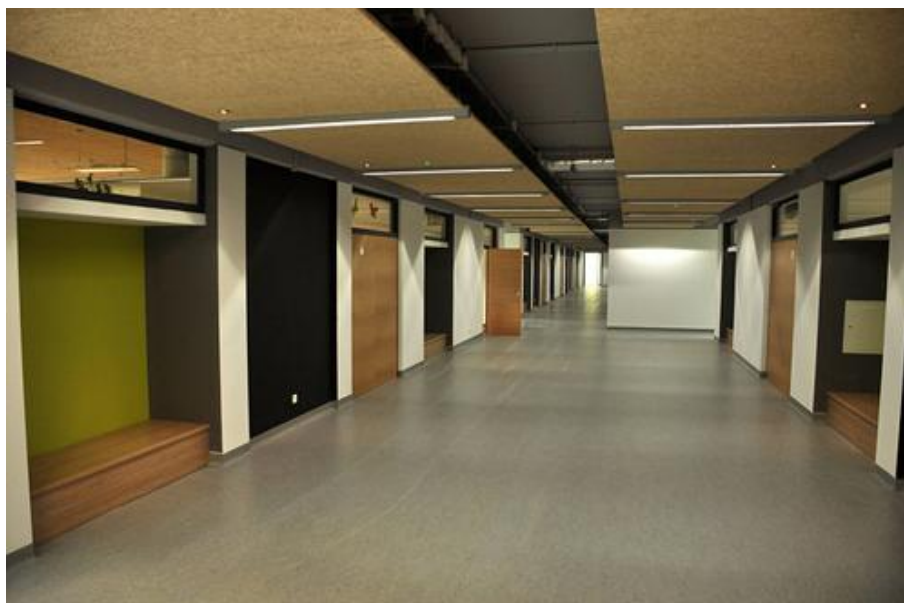
Rodzaj inwestycji: Energooszczędny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Gmina Jabłonna.

Projektant i wykonawca: Projekt szkoły powstał w pracowni architektonicznej 90 Architekti. W realizacji projektu brało udział wielu podwykonawców. Rozwiązania w zakresie energooszczędności budynku dostarczyła firma Euros Energy.

Lokalizacja: Szkoła położona jest przy ul. Partyzantów 124 w Chotomowie (gmina Jabłonna), na terenie województwa mazowieckiego.

Opis inwestycji: Nowa szkoła podstawowa mieści się w dwukondygnacyjnym budynku o łącznej powierzchni ok. 5000 m<sup>2</sup>. Przewidziano w nim m.in. 28 sal lekcyjnych, pomieszczenia administracyjne i pomocnicze, świetlicę oraz salę gimnastyczną o powierzchni 222 m<sup>2</sup>.



*Szkolny korytarz (fot. Greenpeace)*

Budowa szkoły rozpoczęła się wiosną 2012 roku i trwała ponad 2 lata. Placówka rozpoczęła działalność we wrześniu 2014 roku, stając się miejscem do nauki dla ponad 700 dzieci.



*Jedna z sal lekcyjnych (fot. Urząd Gminy Jabłonna)*

Nowoczesny budynek szkoły wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi, salą gimnastyczną, boiskami, placem zabaw oraz pełną infrastrukturą techniczną to pierwszy etap realizacji Centrum Edukacyjno-Kulturalno-Sportowego (CEKS) w Chotomowie. W następnej kolejności planowana jest m.in. budowa gimnazjum, domu kultury oraz biblioteki.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Wykonany w standardzie energooszczędnym budynek szkoły cechuje m.in. **wysoka izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych**. W projekcie zastosowano ponadto **potrójnie szklone okna**. Aby

dotąd dodatkowo wykorzystać **dostęp do naturalnego światła** – w pomieszczeniach i na korytarzach – przewidziano świetliki. Sztuczne oświetlenie (zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne) zostało zaplanowane z wykorzystaniem **energooszczędnych technologii LED**.



*Przeszklenie zapewniające dostęp światła (fot. Urząd Gminy Jabłonna)*

Bardzo ważnym elementem projektu, wpływającym nie tylko na energooszczędność budynku, ale i komfort przebywających w nim uczniów, było zastosowanie **systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**. Wysokiej jakości powietrze dostarczane jest do sal lekcyjnych strumieniem dostosowanym do liczby osób przebywających w danym pomieszczeniu (jakość powietrza w salach na bieżąco monitorują czujniki CO<sub>2</sub>).

Do ogrzewania pomieszczeń zimą i chłodzenia latem wykorzystywane są trzy **pompy ciepła** o łącznej mocy 240 kW. Instalacja ta wykorzystuje 60 pionowych odwiertów, każdy po 85 metrów głębokości, które pozwalają na pokrycie zapotrzebowania budynku na ciepło przez cały rok. Nadzór nad wykonaniem instalacji pomp ciepła sprawował Państwowy Instytut Geologiczny.

Na terenie szkoły znajduje się także **instalacja fotowoltaiczna** o mocy 8 kW, ufundowana przez organizację Greenpeace. Panele fotowoltaiczne, zainstalowane na tzw. trackerze słonecznym (czyli urządzeniu, które podąża za ruchem słońca), umożliwią produkcję ok. 12-13 MWh energii elektrycznej rocznie.



*Budynek energooszczędnej szkoły (fot. Greenpeace)*

Dzięki zastosowaniu energooszczędnych rozwiązań, ilość energii potrzebnej do ogrzania budynku szkoły będzie ok. 7-krotnie niższa w porównaniu do tradycyjnych obiektów. Zgodnie z obliczeniami przeprowadzonymi przez Narodową Agencję Poszanowania Energii (NAPE), zapotrzebowanie budynku na ciepło wynosi **44 kWh/m<sup>2</sup> na rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **98,23 kWh/m<sup>2</sup> na rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: łączny koszt budowy szkoły podstawowej wraz z infrastrukturą wyniósł 20 mln zł i został sfinansowany z budżetu gminy Jabłonna oraz środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska w Warszawie (zakup i montaż pomp ciepła oraz budowa sieci wodociągowo-kanalizacyjnej do szkoły). Jak informują przedstawiciele gminy, złożono wniosek o udzielenie przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej umarzalnej pożyczki w ramach programu LEMUR – wniosek jest obecnie w trakcie oceny.

Decyzja o budowie szkoły w standardzie energooszczędnym wynikała m.in. z chęci obniżenia opłat eksploatacyjnych, ponieważ koszty utrzymania tak dużego obiektu stanowiłyby znaczne obciążenie dla budżetu gminy. Szczegółowe analizy, dotyczące kosztów utrzymania i przewidywanego okresu zwrotu inwestycji, gmina planuje przeprowadzić po zakończeniu trwającego sezonu grzewczego i po pierwszym roku użytkowania.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Prace związane z budową szkoły zakończyły się kilka miesięcy później, niż początkowo zakładano, co wynikało m.in. z przestoju w realizacji inwestycji związanych ze zmianą wykonawcy prac budowlanych. Po niespełna 5 miesiącach od rozpoczęcia budowy gmina odstąpiła od umowy z pierwszym wykonawcą robót, gdyż przedsiębiorstwo to nie dotrzymywało terminów wynikających z harmonogramu robót oraz wadliwie wykonywało niektóre prace budowlane. W grudniu 2012 roku prace na budowie rozpoczął nowy wykonawca – wówczas można było

przystąpić do dalszych prac związanych z budową energooszczędnego obiektu, które zakończyły się w sierpniu 2014 r.



## Energooszczędne laboratorium AGH w Miękinii

Ponad 60-letni budynek, znajdujący się na terenie dawnego kamieniołomu porfiru w podkrakowskiej Miękinii, został w latach 2011-2012 gruntownie zmodernizowany, uzyskując standard budynku energooszczędnego. Obecnie funkcjonuje tu nowoczesny ośrodek dydaktyczny Akademii Górniczo-Hutniczej.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Modernizacja obiektu dydaktycznego do standardu budynku energooszczędnego.

Inwestor: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

Projektant i wykonawca: Zmodernizowany budynek został zaprojektowany przez krakowską pracownię Architektura Pasywna Pyszczek i Stelmach. Przebudową zajmowała się firma Atest-Bud.

Lokalizacja: Budynek zlokalizowany jest w Miękinii koło Krzeszowic, ok. 30 km na zachód od centrum Krakowa (woj. małopolskie).

Opis inwestycji: W 2012 r. na bazie istniejącego budynku powstało nowoczesne **Laboratorium Edukacyjno-Badawcze Odnawialnych Źródeł i Poszanowania Energii AGH w Miękinii**. Ośrodek ten mieści się w dawnym budynku administracyjnym kopalni porfiru, wzniesionym w latach 1946-1950.





*Budynek laboratorium przed przebudową (źródło: Archiwum laboratorium w Miękinii)*

Przeprowadzone prace modernizacyjne związane były nie tylko z poprawą właściwości termoizolacyjnych budynku, ale z przebudową całego obiektu i nadaniem mu nowych funkcji. Dzięki unijnemu wsparciu uczelnia stworzyła w tym miejscu nowoczesny ośrodek edukacyjno-badawczy, zajmujący się przede wszystkim tematyką produkcji energii w oparciu o odnawialne źródła.



*Budynek laboratorium po przebudowie (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Budynek (o powierzchni ponad 900 m<sup>2</sup>) został przystosowany do prowadzenia tematycznych warsztatów i kilkudniowych praktyk. Na parterze zaplanowano m.in. salę wykładową z stanowiskami laboratoryjnymi oraz pokoje biurowe dla pracowników. W części podziemnej, w której dawniej znajdowała się kotłownia i pomieszczenie magazynowe, utworzono pracownię instalacji OZE. Na piętrze budynku zaplanowano strefę noclegową (m.in. 12 pokoi 2-, 3-osobowych, zapewniających nocleg dla 30 osób).



Sala wykładowa (fot. ChronmyKlimat.pl)

Energooszczędny budynek laboratorium to pierwsza z inwestycji, jaką uczelnia zaplanowała na terenie Miękini. Docelowo ma powstać tu Małopolskie Centrum Odnawialnych Źródeł i Poszanowania Energii AGH, w skład którego wejdą liczne obiekty, m.in. modelowy dom pasywny, laboratorium budownictwa naturalnego, mała elektrownia wodna i wiatrowa, mikrobiogazownia oraz laboratorium geotermalne.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Główna fasada budynku znajduje się od strony południowo-zachodniej, co dzięki zaplanowanym **przestronnym przeszkleniom** pozwoliło naturalnie oświetlić i dogrzać znajdujące się w tej części budynku pomieszczenia (m.in. salę warsztatową i pokoje pracowników). W odnowionym budynku zastosowano **szczelne okna i drzwi** spełniające standardy dla budynku pasywnego (o współczynniku przenikania ok.  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Oryginalna kamienna fasada budynku była bardzo dobrze zachowana, dlatego architekci postanowili w pewnych miejscach pozostawić cenny układ murów i zastosować **wewnętrzną izolację ścian**, co nie jest rozwiązaniem często spotykanym. Wówczas zamknięcie powłoki termicznej stanowi **przeszkolona fasada**, która spełnia w projekcie również funkcję izolacyjną. Do **ocieplenia posadzki** wykorzystano 25 cm płyty wykonane z polistyrenu ekspandowanego (EPS), a nowy **dach zaizolowano** 40 cm warstwą wełny mineralnej. Do **izolacji zewnętrznej ścian** zastosowano 30 cm warstwę styropianu, zaś w miejscach, gdzie wykonano **izolację wewnętrzną**, zamontowano 8 cm warstwę pianki poliuretanowej (PIR).



*Przeszklona fasada budynku (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Prace modernizacyjne zakładały także **wymianę systemu wentylacji** – wcześniej w budynku funkcjonowała wentylacja grawitacyjna, która w nowym obiekcie została zamieniona na **wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła** o sprawności powyżej 75%. Nowoczesny system wentylacji składa się z dwóch centrali wentylacyjnych – jedna z nich obsługuje pomieszczenia sanitarne i pokoje hotelowe, druga zaś dostarcza powietrze do pozostałych części budynku.

Do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń wykorzystywane są **cztery pompy ciepła**, których przeznaczenie z uwagi na wymiar edukacyjny zostało czytelnie rozdzielone. Pierwsza z nich odpowiada za przygotowanie ciepła na potrzeby wentylacji, druga służy do zasilania ogrzewania podłogowego. Dwie pozostałe pompy ciepła pracują zamiennie i służą do przygotowywania ciepłej wody użytkowej oraz zasilania niewielkiej liczby konwencjonalnych grzejników, znajdujących się w budynku. Instalacja pomp ciepła daje również możliwość chłodzenia pasywnego<sup>8</sup>.

Jako układ wspomagający przygotowywanie ciepłej wody użytkowej wykorzystywane są **kolektory słoneczne** – zamontowane na dachu kolektory próżniowe (o powierzchni ok. 18 m<sup>2</sup>) oraz ustawione obok budynku kolektory płaskie (ok. 10 m<sup>2</sup>).

W projekcie przewidziano także wykorzystanie **ogni fotowoltaicznych**, jednak ich instalacja nie była projektowana z myślą o zabezpieczeniu potrzeb energetycznych budynku. System fotowoltaiczny pełni przede wszystkim funkcję edukacyjną i jest stale rozbudowywany (obecnie instalacja ma moc ok. 3 kW i jest wykorzystywana do zasilania centrali wentylacyjnej). Zlokalizowane w otoczeniu budynku pole badawcze fotowoltaiki zostało wyposażone w różnego rodzaju ogniwa – monokrystaliczne, polikrystaliczne,

---

<sup>8</sup> Chłodzenie pasywne (inaczej chłodzenie naturalne) pozwala korzystać z naturalnego schładzania pomieszczeń czynnikiem z dolnego źródła, oddającym ciepło do gruntu. Latem temperatura gruntu jest bowiem znacznie niższa od temperatury panującej w pomieszczeniach.

cienkownikowe oraz panele PVT, które produkują nie tylko energię elektryczną, ale także ciepło. Dodatkowo testowana jest praca paneli na stelażu stałym oraz tzw. trackerze, który podąża za położeniem słońca.



*Panele fotowoltaiczne umieszczone na trackerze i stelażu stałym (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Do obsługi technicznej laboratorium wykorzystywany jest **system zarządzania budynkiem BMS<sup>9</sup>**, wzbogacony o czujniki służące celom dydaktycznym (m.in. czujniki temperatury i wilgotności, pozwalające na monitorowanie warunków panujących w przegrodach budynku). System BMS umożliwia m.in. sterowanie oświetleniem, temperaturą oraz wentylacją w każdym pomieszczeniu z osobna. W laboratorium zastosowano także **system DigiEnergy**, który służy do zbierania i archiwizacji parametrów instalacji grzewczo-chłodzącej i jest wykorzystywany zarówno w edukacji studentów, jak i w pracach badawczych.

W projekcie modernizacji przewidziano także **rozwiązania w zakresie oszczędności wody** – woda deszczowa oraz tzw. woda szara<sup>10</sup> są gromadzone i ponownie wykorzystywane np. do spłukiwania toalet czy podlewania roślin.

Modernizacja obiektu pozwoliła na uzyskanie statusu budynku energooszczędnego. Początkowo zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania określono na **350 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, a przeprowadzone prace pozwoliły ograniczyć je do poziomu **40 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Zapotrzebowanie budynku na energię pierwotną wynosi obecnie ok. **60 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa laboratorium kosztowała ok. 6,5 mln zł i została dofinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Małopolskiego

<sup>9</sup> System zarządzania budynkiem (ang. BMS - Building Management Systems).

<sup>10</sup> Woda szara stanowi część zanieczyszczonej wody pozbawionej fekaliiów i wysoko obciążonych ścieków kuchennych.

Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2007-2013. Należy podkreślić jednak, że jest to pełny koszt inwestycji wraz z wyposażeniem.

Roczne koszty ogrzewania obiektu o powierzchni ponad 900 m<sup>2</sup> wynoszą ok. 6,5 tys. zł i można oszacować, że w porównaniu do tradycyjnego budynku opłaty te są 5-krotnie niższe. Trudno jednak porównywać te kwoty z kosztami ogrzewania przed modernizacją, ponieważ budynek był wówczas mniejszy, ogrzewany gazem i nie był używany w takim zakresie jak obecnie. Inwestorzy nie szacowali także przewidywanego okresu zwrotu inwestycji, ponieważ w tym przypadku ograniczenie zapotrzebowania budynku na energię było tylko jedną ze składowych, a nie głównym celem tego projektu. Koszty inwestycji związane były także z nowoczesnym wyposażeniem obiektu, a zastosowane urządzenia grzewcze zostały celowo przewymiarowane, tak aby prezentować studentom szerokie spektrum wykorzystania OZE.



## Pasywna hala sportowa w Słomnikach

Obiekt rekreacyjno-sportowy w Słomnikach to pierwsza w Polsce hala sportowa zaprojektowana w standardzie budownictwa pasywnego. Zastosowane rozwiązania pozwalają oszczędzać rocznie ok. 87% energii i zmniejszyć emisję CO<sub>2</sub> o przeszło 90%.

źródło: Urząd Miejski w Słomnikach

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Urząd Miejski w Słomnikach.

Projektant i wykonawca: Projekt hali powstał w pracowni architektonicznej Architektura Pasywna Pyszczyk i Stelmach Sp. J., a generalnym wykonawcą była firma Budostal 2.

Lokalizacja: Hala sportowa zlokalizowana jest w Słomnikach, w województwie małopolskim.

Opis inwestycji: Obiekt rekreacyjno-sportowy w Słomnikach to pierwsza w Polsce hala sportowa zaprojektowana w standardzie budownictwa pasywnego. Jest to jednocześnie pierwszy pasywny budynek użyteczności publicznej w Polsce, który posiada certyfikat jakości niemieckiego Passivhaus Institut Darmstadt. Budowa obiektu trwała ok. 18 miesięcy

(realizacja projektu – 4 lata). Jednokondygnacyjny budynek hali (o powierzchni użytkowej ok. 1755 m<sup>2</sup>) został funkcjonalno-przestrzennie połączony z budynkiem Zespołu Szkół Ogólnokształcących im. Kazimierza Wielkiego w Słomnikach.



*Budynek pasywnej hali sportowej (fot. Urząd Miejski w Słomnikach)*

Główną część budynku stanowi wielofunkcyjna arena sportowa (boisko o wymiarach 22 na 44 m z możliwością podziału na 2 lub 3 mniejsze części oraz widownia dla ok. 280 osób). Zaprojektowana arena umożliwi uprawianie wielu dyscyplin sportowych, takich jak np. piłka ręczna, piłka nożna halowa, siatkówka, koszykówka, tenis ziemny, zapasy, judo, gimnastyka sportowa i akrobatyka, badminton. W ośrodku sportowym znajduje się także ścianka wspinaczkowa o powierzchni ok. 175 m<sup>2</sup>. Z poziomu trybun dostępne są toalety, natomiast zaplecze szatniowo-sanitarne (z pomieszczeniami towarzyszącymi, takimi jak hol główny, pokój trenerski, siłownia, pokój masażu, pomieszczenia techniczne i magazynowe) znajdują się w wydzielonej, niższej części budynku. Podczas projektowania hali zadbano także o ułatwienie dostępu do obiektu osobom niepełnosprawnym. Budynek użytkowany jest już od stycznia 2011 r. (uroczyste otwarcie hali odbyło się 3 lutego 2011 r.).



*Wielofunkcyjna arena sportowa (fot. Urząd Miejski w Słomnikach)*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Odpowiednie **usytuowanie budynku** (otwarcie na południe) umożliwia maksymalne doświetlenie pomieszczeń naturalnym światłem. Do konstrukcji ścian wykorzystano bloczki silikatowe, charakteryzujące się dużą pojemnością cieplną. Ściany **ocieplono warstwą srebrnoszarego styropianu** o grubości 30 cm, dach zaś pokryto 40 cm warstwą twardej wełny mineralnej na blasze trapezowej, a następnie pokryto papą termozgrzewalną. Wyjątkową energooszczędność gwarantuje ponadto zastosowany **system wentylacji z odzyskiem ciepła** (m.in. rekuperator<sup>1</sup> o sprawności ponad 85%). W budynku zastosowano także **niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe** wspomagane odzyskiem ciepła z wentylacji mechanicznej oraz **energooszczędne okna** z systemem rolet zewnętrznych i wewnętrznych.

Projekt hali spełnia kryteria stawiane budynkom pasywnym przez niemiecki Passivhaus Institut Darmstadt, co potwierdza uzyskany certyfikat Polskiego Instytutu Budownictwa Pasywnego i Energii Odnawialnej (jedynej jednostki w Polsce akredytowanej przez Passivhaus Institut Darmstadt do przeprowadzania certyfikacji budynków pasywnych).

Obiekt charakteryzuje się wysoką termoizolacyjnością przegród zewnętrznych i bardzo niskim zużyciem energii na cele grzewcze na poziomie ok. **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Powłoka budynku ma bardzo dobrą szczelność powietrzną, która pozwala na wyeliminowanie przeciągów i zmniejszenie zużycia energii. Łączne roczne zapotrzebowanie energii pierwotnej na ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody, wentylację i prąd elektryczny przy przeciętnym użytkowaniu nie przekracza **120 kWh na m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej na rok**. Przeprowadzony test szczelności wykazał, że przy różnicy ciśnień 50 Pa krotność wymian powietrza w budynku nie przekracza 0,6 na godzinę. Zastosowane rozwiązania pozwoliły osiągnąć oszczędność zużycia energii o ok. 87% oraz zmniejszenie rocznej emisji CO<sub>2</sub> o przeszło 90%.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa obiektu kosztowała 6,7 mln zł, z czego 1,6 mln zł stanowiło dofinansowanie ze środków unijnych, przyznane w ramach Małopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego. Koszt budowy w porównaniu do tradycyjnych obiektów był wyższy o ok. 12%. Biorąc pod uwagę ceny gazu ziemnego z 2011 r., szacowano, że rocznie na kosztach ogrzewania hali sportowej można zaoszczędzić 35–40 tys. zł. Czas zwrotu inwestycji szacowany jest na ok. 14–15 lat.



## Pasywna hala sportowa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Do ogrzania hali sportowej, wzniesionej na terenie kampusu Uniwersytetu Rolniczego, wystarczy zaledwie 10% energii zużywanej przez tradycyjne obiekty tego typu. Dla uczelni corocznie oznacza to spore oszczędności.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.

Projektant i wykonawca: Budynek zaprojektowali krakowscy architekci z pracowni Architektura Pasywna Pyszczek i Stelmach, zaś generalnym wykonawcą było przedsiębiorstwo Cechini.

Lokalizacja: Hala sportowa znajduje się na terenie kampusu Uniwersytetu Rolniczego, położonego w północno-zachodniej części Krakowa (woj. małopolskie).

Opis inwestycji: Budowa hali sportowej trwała ponad rok, a jej oficjalne otwarcie nastąpiło w marcu 2013 r. Najważniejszą część budynku stanowi arena sportowa o wymiarach 44,5 na 22,5 m, przystosowana do rozgrywek na poziomie krajowym w takich dyscyplinach, jak: piłka ręczna, siatkówka, koszykówka czy piłka nożna halowa. Opuszczane kurtyny umożliwiają podział areny na trzy niezależne boiska treningowe. W projekcie hali przewidziano także widownię dla 150 osób (120 miejsc siedzących oraz ok. 30 miejsc stojących – na koronie trybuny). Ponadto w budynku o powierzchni 1855 m<sup>2</sup> znajdują się hol wejściowy, szatnie, pomieszczenia administracyjne, magazyny sportowe, sala do fitnessu (o powierzchni 100 m<sup>2</sup>) oraz pomieszczenia techniczne, takie jak wentylatornia czy kotłownia.





*Arena sportowa (źródło [www.architekturapasywna.pl](http://www.architekturapasywna.pl))*

Dzięki wyposażeniu hali w profesjonalne nagłośnienie, budynek został przystosowany do organizowania nie tylko rozgrywek sportowych ale i wszelkiego rodzaju imprez wymagających odpowiedniej akustyki (np. koncertów czy turniejów tańca).



*Budynek hali (fot. [ChronmyKlimat.pl](http://ChronmyKlimat.pl))*

Poprzez naturalną kolorystykę elewacji oraz zieleni otaczającą budynek, architekci chcieli podkreślić rolniczy profil uczelni i wkomponować budynek w otaczające go akademickie szklarnie. Główną inspiracją dla architektów były źdźbła trawy – wysokie rośliny trawiaste zostały zasadzone w otoczeniu budynku oraz na zadaszeniu zewnętrznej strefy wejściowej. Jak wyjaśniają architekci, nawiązanie do pochylonego źdźbła trawy jest widoczne także w sposobie podparcia zadaszenia oraz rysunku umieszczonym na głównej elewacji. Zieleni

została zastosowana także na dachu budynku, ale w tym przypadku wykorzystano przede wszystkim różnego rodzaju porosty i rozchodniki.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Hala uniwersytecka hala, jak większość projektowanych budynków pasywnych, charakteryzuje się **zwartą bryłą**, co minimalizuje ryzyko powstawania mostków termicznych. Ponadto wszystkie **przegrody budynku zostały odpowiednio zaizolowane**. Wykonane z bloczków silikatowych ściany zostały ocieplone 30 cm warstwą styropianu ekspandowanego z dodatkiem grafitu. Do izolacji posadzki wykorzystano 40 cm warstwę styropianu, zaś dach zabezpieczono 50 cm warstwą izolacji, złożonej z 40 cm styropianu i 10 cm pianki poliuretanowej PIR.

Główne **przeszklenia** zlokalizowane są od strony południowo-wschodniej, co umożliwia doświetlenie i dogrzanie areny sportowej i szatni. Z uwagi na rozmiar hali (rozpiętość areny wraz z trybunami wynosi ok. 36 m.), pas przeszkleń zastosowano także od strony północno-zachodniej, gwarantując w ten sposób równomierność oświetlenia i tym samym **ograniczając konieczność korzystania ze światła sztucznego**. Energooszczędność obiektu wynika także z zastosowania odpowiednio szczelnej stolarki budowanej. W projekcie wykorzystano trzyszybowe okna (o współczynniku przenikania ciepła dla okna  $U_w=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).



Główne przeszklenia od strony południowo-wschodniej (fot. ChronmyKlimat.pl)

**Południowo-wschodnia orientacja budynku** z uwagi na duże odchylenie w kierunku wschodnim nie jest rozwiązaniem optymalnym dla budownictwa pasywnego, ale wynika m.in. z kształtu działki. Takie położenie, w porównaniu do orientacji południowej, oznacza zimą mniejsze zyski ciepłe i większe narażenie na problem przegrzewania się wnętrza w okresie letnim. Aby **zminimalizować ryzyko przegrzewania się budynku**, zastosowano **zewnętrzny system zacinający** (aluminiowe żaluzje sterowane automatyką słoneczno-wiatrową).



*Zacieniające żaluzje (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Kolejnym elementem zabezpieczającym przed przegrzewaniem jest **możliwość przewietrzania budynku**. W projekcie przewidziano system wentylacji nocnej, funkcjonujący w oparciu o otwieranie okien na przeciwległych ścianach areny sportowej, czyli tzw. **naturalną wentylację poprzeczno-wyporową**. System wentylacji naturalnej sterowany jest automatycznie, a dzięki sprzężeniu układu z czujnikami deszczu i wiatru jego użytkowanie w nocy jest bezpieczne. W obiekcie zamontowano ponadto **wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła** o sprawności w granicach 81-83%. System składa się z dwóch centrali wentylacyjnych, z których jedna obsługuje pomieszczenia sanitarne, druga zaś główną arenę i pozostałe części budynku.

Zadaniem układów wentylacyjnych jest nie tylko dostarczenie świeżego powietrza, ale także **rozprowadzenie po budynku chłodu lub ciepła**. Uzupełnieniem systemu grzewczego jest **ogrzewanie podłogowe**, które funkcjonuje tylko w zespołach szatniowych – źródłem ciepła jest tu kondensacyjny kocioł gazowy. Gaz wykorzystywany jest również do **przygotowywania ciepłej wody użytkowej**. Zdaniem architektów wykorzystanie w tym celu np. kolektorów słonecznych nie byłoby uzasadnione, ponieważ jest to budynek akademicki, który w okresie letnim, kiedy to kolektory mogą produkować najwięcej energii, praktycznie nie jest użytkowany.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa hali kosztowała ok. 8 mln zł, przy czym dodatkowe nakłady, wynikające z przyjęcia standardu budynku pasywnego, stanowiły ok. 12% wartości inwestycji. Na całkowity koszt budowy znaczny wpływ miała konieczność przygotowania terenu, jaki został przeznaczony pod tę inwestycję (m.in. rozbiórka dawnej kotłowni i przełożenie wszystkich instalacji).

W porównaniu do tradycyjnych obiektów, hala sportowa wybudowana w standardzie pasywnym zużywa około 90% mniej energii na cele grzewcze. Szacuje się, że zastosowane przy budowie rozwiązania pozwolą uczelni zaoszczędzić ok. 50 tys. złotych rocznie, a tym

Samą inwestycją w standard pasywny, w zależności od cen gazu, ma szansę zwrócić się w ciągu 12-15 lat.



## Sala gimnastyczna w standardzie pasywnym w Bydgoszczy

Pasywny budynek, stanowiący część Zespołu Szkół Katolickich w Bydgoszczy, cechuje przede wszystkim niskie zapotrzebowanie na energię. Zastosowane rozwiązania pozwoliły ponadto osiągnąć wysoki komfort akustyczny – i to nawet w pomieszczeniach lekcyjnych zlokalizowanych bezpośrednio pod salą gimnastyczną.

źródło: Zespół Szkół Katolickich w Bydgoszczy

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Zespół Szkół Katolickich Pomnik Jana Pawła II w Bydgoszczy.

Projektant i wykonawca: Budynek zaprojektował arch. Bartosz Kamiński, zaś generalnym wykonawcą było przedsiębiorstwo „Zakład Budowlany Błociński Zdzisław”.

Lokalizacja: Szkoła położona jest przy ul. Nowodworskiej 17 w Bydgoszczy (woj. kujawsko-pomorskie).

Opis inwestycji: Pasywny obiekt, w którym znajduje się szkolna sala gimnastyczna, został dobudowany w 2013 roku do istniejącego już od kilku lat budynku szkoły, stanowiącego siedzibę Zespołu Szkół Katolickich Pomnik Jana Pawła II w Bydgoszczy. Mieści się tu szkoła podstawowa, gimnazjum oraz liceum, do których łącznie uczęszcza 567 uczniów.

Nowa część kompleksu to dwukondygnacyjny budynek o powierzchni ok. 1043 m<sup>2</sup>. Na parterze zaplanowano sale lekcyjne, pomieszczenia socjalne oraz sanitarne. Na piętrze zaś znajduje się wyposażona w niewielkie trybuny sala gimnastyczna o wymiarach ok. 30 na 21 m, przystosowana do gry m.in. w piłkę halową, koszykówkę i siatkówkę.



*Budynek szkoły z dobudowaną salą gimnastyczną (fot. Zespół Szkół Katolickich w Bydgoszczy)*

Pasywny budynek sali gimnastycznej został zaprojektowany i wykonany zgodnie z wymogami stawianymi przez Passivhaus Institut Darmstadt, jednak – jak dotąd – nie zostało to potwierdzone właściwym certyfikatem. Inwestor ma w planach zlecenie wykonania niezbędnych pomiarów (m.in. próby szczelności) i uzyskanie formalnego potwierdzenia spełniania pasywnego standardu.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek sali gimnastycznej w standardzie pasywnym stanowi integralną część wybudowanej kilka lat wcześniej szkoły, więc architektura obiektu nawiązuje do wyglądu całego kompleksu. **Prosta bryła** to także sposób na minimalizację ryzyka powstawania mostków cieplnych.

Jednym z podstawowych rozwiązań wpływających na ograniczenie potrzeb energetycznych budynku jest **odpowiednia izolacja przegród zewnętrznych**. Do izolacji ścian fundamentowych i posadzki zastosowano styropian (odpowiednio 12 i 8 cm). Ściany zewnętrzne zostały ocieplone już 35 cm warstwą styropianu, zaś do izolacji dachu wykorzystano 17 cm płyty wykonane z pianki poliuretanowej PIR (na łączeniach warstwa pianki rośnie do 21 cm).

Istotnym elementem projektu było także **zapewnienie odpowiedniej izolacji akustycznej**. Projekt wyciszenia sali gimnastycznej, przygotowany przez specjalistów od wibroakustyki z krakowskiej AGH, pozwolił osiągnąć wysoki komfort akustyczny nawet w zlokalizowanych bezpośrednio pod salą pomieszczeniach dydaktycznych. Odpowiednią akustykę zapewnia w tym przypadku odizolowana od konstrukcji budynku podłoga pływająca. Do izolacji podłogi wykorzystano trzy warstwy płyt z wełny mineralnej skalnej (o grubości 5 cm każda), które ułożone na mijankę tworzą sztywną membranę bez mostków akustycznych.



Szkolna sala gimnastyczna (fot. ChronmyKlimat.pl)

Przed niekontrolowaną ucieczką ciepła z budynku zabezpiecza także **prawidłowo dobrana i zamontowana stolarka okienna**. W projekcie zastosowano okna trzyszybowe o współczynniku przenikania ciepła na poziomie ok.  $U_w=0,7 \text{ W/m}^2/\text{K}$ . Przeszklenia zainstalowano metodą tzw. ciepłego montażu, który eliminuje ryzyko powstawania mostków termicznych.

**Największe przeszklenia w budynku zaplanowano od strony zachodniej**, co nie jest całkowicie zgodne z założeniami budownictwa pasywnego i ogranicza zyski z promieniowania słonecznego. W tym przypadku południowa, czyli optymalna w budownictwie pasywnym, orientacja budynku nie była jednak możliwa ze względu na ograniczenia przestrzenne (budynek sali gimnastycznej łączy się ze szkołą właśnie ścianą południową). W ocenie twórcy projektu to ustawienie jest jednak korzystne w przypadku hali sportowej, ponieważ umożliwia komfortowe korzystanie ze światła dziennego bez konieczności instalowania systemów zacięniających.



Przeszkłona elewacja od strony zachodniej (fot. Zespół Szkół Katolickich w Bydgoszczy)

Wymianę powietrza w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, wyposażony w rekuperator o sprawności 80%. System ten wykorzystuje ciepło zużytego powietrza, które normalnie zostałyby odprowadzone z wentylacji bezpośrednio na zewnątrz. W okresach zimowych głównym źródłem ogrzewania budynku pasywnego, w tym sal dydaktycznych na parterze, jest nagrzewnica – element systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. W sali gimnastycznej ogrzewanie włącza się tylko w dni o temperaturze poniżej zera – wtedy świeże powietrze napływające bezpośrednio z zewnątrz byłoby zbyt chłodne, aby zapewnić komfort użytkownikom obiektu. Ponadto zarówno sala gimnastyczna, jak i sale lekcyjne wyposażone są w zasilane z kotłowni gazowej grzejniki, pełniące funkcję ogrzewania awaryjnego.

W przypadku budynku sali gimnastycznej w Bydgoszczy zapotrzebowanie na energię ciepłą wynosi zaledwie **9,82 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **25,74 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa pasywnego budynku sali gimnastycznej wraz z towarzyszącymi pomieszczeniami dydaktycznymi kosztowała ok. 3 mln złotych. Inwestycja została zrealizowana z własnych środków oraz dofinansowania udzielonego przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu.

Inwestorów pozytywnie zaskoczył fakt, że w porównaniu do tradycyjnego obiektu wybudowanie sali w standardzie pasywnym podniosło koszty inwestycyjne o maksymalnie 10%. Co istotne, po wybudowaniu sali i rozpoczęciu użytkowania nowych pomieszczeń nie stwierdzono wzrostu zużycia energii na potrzeby ogrzewania całego kompleksu. Nakłady poniesione na budowę w pasywnym standardzie powinny zatem zwrócić się w ciągu ok. 5,5 roku.



## Energooszczędne przedszkole w Siemianowicach Śląskich

Prywatne przedszkole w Siemianowicach Śląskich to przykład inwestycji, która zużywa mało energii i powstała w ekspresowym tempie. Jest to bowiem jeden z największych obiektów w Polsce wzniesionych z elementów prefabrykowanych.

źródło: MultiComfort

Rodzaj inwestycji: Energooszczędny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Stowarzyszenie na Rzecz Rozwoju Pedagogiki Waldorfskiej (właściciel I Społecznego Przedszkola w Siemianowicach Śląskich).

Projektant i wykonawca: Projekt przedszkola przygotowała „Pracownia Projektowa Adam Skrzypczyk Architekt”, zaś wykonawcą była firma „MultiComfort”, producent prefabrykowanych domów energooszczędnych i pasywnych.

Lokalizacja: Przedszkole zlokalizowane jest w południowo-zachodniej części Siemianowic Śląskich, na granicy z Chorzowem (woj. śląskie).

Opis inwestycji: Pomysł na zrealizowanie inwestycji zrodził się w momencie, w którym właścicielom prywatnego przedszkola w Siemianowicach Śląskich wymówiono dotychczasowy lokal. Zdecydowali się oni wówczas na zakup gruntu i zbudowanie własnego obiektu przeznaczonego na funkcjonowanie tego typu placówki.

Budynek przedszkola postanowiono wznieść w nowoczesnej i energooszczędnej technologii, opartej na wcześniejszym przygotowaniu elementów konstrukcyjnych, które następnie montowane są już na placu budowy. Montaż prefabrykowanej konstrukcji rozpoczął się 25 listopada 2013 r. i trwał zaledwie 7 dni. Po tym etapie nastąpiły prace związane z rozproszaniem wszystkich instalacji i wykończeniem budynku, który został oddany do użytkowania 11 czerwca 2014 r.





*Budowa przedszkola z prefabrykowanych elementów (źródło: MultiComfort)*

Dwukondygnacyjny budynek o całkowitej powierzchni 611,84 m<sup>2</sup> został zaprojektowany z przeznaczeniem dla ok. 100 podopiecznych. Na parterze znajdują się dwie duże sale zajęć z zapleczem sanitarnym dla dzieci, szatnia dla przedszkolaków, szatnia personelu oraz pomieszczenia techniczne. Na piętrze zlokalizowano również dwie duże sale zajęć z zapleczem sanitarnym dla dzieci, małą salę zajęć, kuchnię z zapleczem, a także pomieszczenia techniczne i porządkowe.



*Jedna z sal zajęciowych (źródło: MultiComfort)*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek charakteryzuje się stosunkowo **prostą bryłą**, co ogranicza ryzyko tworzenia się mostków termicznych, a co za tym idzie – niekontrolowanej utraty ciepła. **Największe przeszklenia** znajdują się od strony południowej, gdzie zaplanowano główne pomieszczenia przedszkola tj. sale zajęć dla dzieci. **Południowa orientacja budynku** umożliwia uzyskanie jak największych zysków energii słonecznej i doświetlenie sal naturalnym światłem, co ma znaczenie nie tylko z perspektywy oszczędności energii, ale także komfortu przebywających tu dzieci. Rozwiązaniem wpływającym na energooszczędność budynku są **trzykierunkowe okna** instalowane metodą ciepłego montażu w warstwie izolacji.



*Elewacja południowa (źródło: MultiComfort)*

Konstrukcja budynku powstała w technologii prefabrykowanej, opartej na szkieletcie drewnianym. Zastosowane w projekcie drewno konstrukcyjne zostało zabezpieczone przeciwogniowo i odpowiednio zaizolowane. Budynek został posadowiony na płycie fundamentowej ocieplonej płytami styropianowymi o grubości 10 cm. Do izolacji ścian użyto wełny mineralnej (16 cm) oraz styropianu z dodatkiem neoporu (10 cm). Dzięki zastosowanej technologii ściany budynku uzyskały współczynnik izolacyjności  $U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Drewniana konstrukcja dachu została zaizolowana wełną mineralną o grubości 30 cm.



*Elewacja północna (źródło: MultiComfort)*

Wymianę powietrza w budynku przedszkola zapewnia system **wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, wyposażony w **dwa rekuperatory** o sprawności 95%. Oddzielnie zaprojektowano wentylację w pomieszczeniach technicznych. Do ogrzewania pomieszczeń i przygotowywania ciepłej wody użytkowej wykorzystywany jest **kondensacyjny kocioł gazowy**. Ciepło rozprowadzane jest po budynku za pomocą **niskotemperaturowego systemu ogrzewania podłogowego**, co jest rozwiązaniem wybranym także z uwagi na komfort przebywających w przedszkolu dzieci.

Opisane wyżej rozwiązania pozwoliły ograniczyć zapotrzebowanie budynku na energię użytkową do poziomu **58 kWh/m<sup>2</sup>/rok<sup>11</sup>**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną do **135,6 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Koszt budowy placówki w stanie deweloperskim wraz z wszystkimi instalacjami (w tym rekuperacją) wyniósł ok. 1,3 mln zł netto. Zdaniem wykonawcy koszt inwestycji jest w tym przypadku porównywalny z budową tradycyjnego obiektu. Budynek został oddany do użytkowania w czerwcu tego roku, a więc dokładne dane dotyczące kosztów ogrzewania będą dostępne dopiero w przyszłym roku, po zakończeniu okresu grzewczego. Jednak na podstawie wcześniejszych doświadczeń wykonawcy przewidują, że w porównaniu do tradycyjnego budynku koszty ogrzewania przedszkola powinny być kilkukrotnie niższe.



## Poznańska kawiarnia w budynku pasywnym

„Czytogruszka” to z pewnością unikatowe miejsce w Polsce. Ta poznańska kawiarnia z częścią warsztatową mieści się bowiem w budynku o standardzie pasywnym.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek usługowy.

Inwestor: Małgorzata Bronikowska i Wojciech Barański, właściciele „Czytogruszki”.

Projektant i wykonawca: Architektura budynku to koncepcja wypracowana wspólnie przez pracownie „OYSTER” i „PASYWNYM<sup>2</sup>”. Za realizację projektu zgodnie z wymogami budownictwa pasywnego odpowiadała arch. Agnieszka Figielek z pracowni „PASYWNYM<sup>2</sup>”. Generalnym wykonawcą była firma „Drew Dom Grzegorz Gryguć”.

---

<sup>11</sup> Jest to wartość nieco wyższa niż graniczny poziom (40 kWh/m<sup>2</sup>/rok) przyjęty dla budynków energooszczędnych w programie dopłat oferowanych przez NFOŚiGW. Z drugiej strony podział na klasy energetyczne budynków nie został ostatecznie zdefiniowany i równie często przytaczana jest klasyfikacja opracowana przez Stowarzyszenie na rzecz Zrównoważonego Rozwoju, zgodnie z którą budynek energooszczędny charakteryzuje się zapotrzebowaniem na energię użytkową w granicach 45-80 kWh/m<sup>2</sup>/rok.

Lokalizacja: Budynek znajduje się na terenie Szczepankowa, południowo-wschodniej części Poznania (woj. wielkopolskie).

Opis inwestycji: „Czytogruszka” to miejsce, które zaprasza zarówno do nauki, zabawy, rozwijania talentów i pasji, jak również spotkań i odpoczynku. Stworzone zostało przede wszystkim z myślą o dzieciach, jednak także dorośli znajdą tu ciekawą propozycję spędzania wolnego czasu. W budynku tym, zaprojektowanym zgodnie z założeniami architektury pasywnej, odbywają się różnego rodzaju warsztaty, m.in. plastyczne, muzyczne, taneczne, ruchowe, teatralne, fotograficzne i przyrodnicze. Funkcjonuje tu także kawiarnia serwująca zdrową i lokalną żywność.



Front budynku – elewacja północna (fot. ChronmyKlimat.pl)

W parterowym budynku (o pow. użytkowej 130 m<sup>2</sup>) zaplanowano główną przestrzeń warsztatową, salę kawiarni, kuchnię z zapleczem socjalnym, toalety oraz pomieszczenie techniczno-gospodarcze. Na przynależącej do budynku działce przewidziano miejsca do zabawy dla dzieci (np. piaskownicę), niewielki sad i przydomowy ogródek warzywny.



Główna sala warsztatowa (fot. ChronmyKlimat.pl)

Budowa obiektu rozpoczęła się w sierpniu 2013 roku, a już 6 miesięcy później budynek był gotowy do użytkowania. Obecnie inwestorzy są w końcowej fazie starań o certyfikat Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt (Niemcy) – sam projekt architektoniczny został już pozytywnie zweryfikowany.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek charakteryzuje się **prostą bryłą**, dość nietypowo rozplanowaną na planie sześciokąta. Tak zaprojektowana forma to wypadkowa kilku czynników – kształtu działki, miejscowych warunków zabudowy (odległości względem ulicy, sąsiednich budynków i przebiegającego przez działkę kanału drenarskiego) oraz oczywiście **lokalizacji obiektu względem stron świata**, tak istotnej w przypadku inwestycji pasywnych.

Budynek został wykonany w **prefabrykowanej technologii szkieletowej**. Podstawę konstrukcji stanowi izolowana 30 cm warstwą styropianu  **płyta fundamentowa**. Jej zastosowanie zapewnia ciągłość izolacji, a tym samym zapobiega powstawaniu mostków cieplnych. Cała konstrukcja budynku opiera się na użyciu **belek dwuteowych wypełnionych izolacją z włókna drzewnego** (40 cm w przypadku ścian i 50 cm w przypadku dachu).

Poza ponadstandardową izolacją przed stratami ciepła chroni także **szczelna i prawidłowo zamontowana stolarka okienna i drzwiowa**. W budynku zastosowano trzyszybowe okna o współczynniku przenikania ciepła  $U_w$  w granicach 0,61-0,83 W/m<sup>2</sup>K oraz odpowiednie dla domów pasywnych drzwi ( $U_d = 0,78$  W/m<sup>2</sup>K). Największe **przeszklenia zaplanowano od strony południowej**, co zimą pozwala maksymalnie wykorzystać zyski ciepłe z promieniowania słonecznego. Przed przegrzewaniem się budynku latem chronią **zacieniające markizy** przewidziane w projekcie na południowej elewacji. Zastosowanie przestronnych przeszkleń ma także znaczenie z perspektywy **doświetlenia naturalnym światłem** zaplanowanych w tym miejscu pomieszczeń, czyli sali warsztatowej i kawiarnianej.

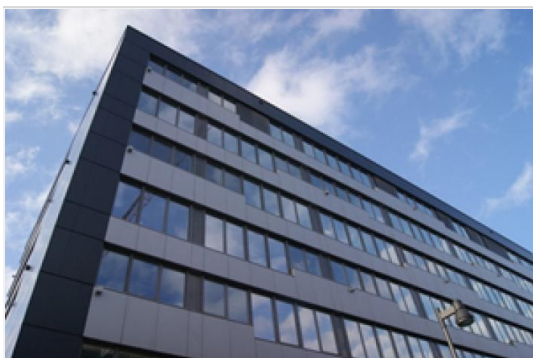


Widok od strony ogrodu – elewacja południowa (fot. Mariusz Jagniewski)

W budynku zastosowano **wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła** wyposażoną w rekuperator o sprawności 84%. Pracę układu wentylacyjnego wspomaga **gruntowy wymiennik ciepła**, który – wykorzystując niemal stałą temperaturę gruntu – zimą wstępnie podgrzewa powietrze wprowadzane do budynku, a latem je schładza. Do dogrzewania pomieszczeń zimą i przygotowywania ciepłej wody użytkowej w ciągu całego roku wykorzystuje się **piec gazowy**. Ciepło rozprowadzane jest po budynku **niskotemperaturowym ogrzewaniem podłogowym** (obieg powietrza odbywa się w rurach umieszczonych w płycie fundamentowej).

Zgodnie z obliczeniami wykonanymi w programie do projektowania domów pasywnych (PHPP), obiekt spełnia wymagania stawiane przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt. Zapotrzebowanie na ciepło wynosi **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną nie przekracza **120 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa obiektu (do stanu deweloperskiego) kosztowała ok. 450 tys. zł. Zdaniem arch. Agnieszki Figielek osiągnięcie standardu pasywnego podniosło koszty budowy o jakieś 10% w stosunku do tradycyjnego budynku. Średnie rachunki za energię (ogrzewanie i przygotowywaniu ciepłej wody użytkowej) wynoszą w sezonie grzewczym ok. 180 zł miesięcznie, zaś w pozostałej części roku – ok. 100 zł na miesiąc. Budynek użytkowany jest od stycznia 2014 roku i okazał się na tyle „ciepły”, że już w marcu nie było potrzeby dodatkowo ogrzewać go gazem. Jak oceniają inwestorzy, koszty utrzymania „Czytogruszki” są ponad siedmiokrotnie niższe od wydatków, które ponoszą w związku z eksploatacją własnego domu mieszkalnego. Przy takich oszczędnościach inwestycja w standard pasywny ma szansę zwrócić się zwrócić w ciągu ok. 5 lat.



## Energooszczędny biurowiec Górnośląskiego Parku Przemysłowego

Nowoczesny budynek Goepfert-Mayer to pierwszy z czterech energooszczędnych biurowców zaplanowanych w ramach kompleksu GPP Business Park. Od sierpnia 2013 r. katowicki biurowiec jako jeden z niewielu w Europie może szczyścić się certyfikatem BREEAM na najwyższym poziomie „outstanding”.

źródło: ChronmyKlimat.pl

Rodzaj inwestycji: Energooszczędny budynek biurowy.

Inwestor: Górnośląski Park Przemysłowy.

Projektant i wykonawca: Budynek został zaprojektowany przez pracownię „Tomasz Radzyński Architekci” i „Group-Arch”. Generalnym wykonawcą była firma Spec Bau Polska. W pracach związanych z budową i wyposażeniem budynku uczestniczyły także firmy zrzeszone w ramach koordynowanego przez Górnośląski Park Przemysłowy Klastra Budownictwa Pasywnego i Energooszczędnego.

Lokalizacja: Biurowiec położony jest w odległości ok. 2 km od ścisłego centrum Katowic (woj. śląskie), przy ulicy Konduktorskiej.

Opis inwestycji: Budynek, nazwany na cześć pochodzącej z Katowic laureatki Nagrody Nobla z fizyki Marii Goepfert-Mayer, jest pierwszym z czterech energooszczędnych biurowców kompleksu GPP Business Park. Biurowce (każdy o pow. 7 800 m<sup>2</sup>) to 7-kondygnacyjne budynki połączone podziemnym garażem. Budowa pierwszego z nich trwała 18 miesięcy i zakończyła się w sierpniu 2012 roku. Aktualnie dobiegły końca także prace związane z oddaniem do użytkowania drugiego budynku oraz rozpoczęta została budowa trzeciego biurowca. Czwarty z zaplanowanych w ramach kompleksu budynków powinien powstać do końca 2015 roku. Na pozostałym terenie inwestycyjnym GPP Business Park (łącznie ok. 8 ha) powstała już także hala produkcyjno-magazynowa, a w przyszłości planowana jest także budowa hotelu oraz utworzenie parku rekreacyjnego o powierzchni ok. 1,5–2 ha. Cała inwestycja realizowana jest na terenach poprzemysłowych, jakie pozostały po zlikwidowanych państwowych zakładach metalurgicznych „Silesia”.



*Pierwszy z biurowców kompleksu GPP Business Park (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Na parterze biurowca Goeppert-Mayer zaprojektowano m.in.: sale konferencyjne (mogące pomieścić od 10 do 120 osób), recepcję, pomieszczenia administracyjne oraz restaurację. Pierwsze piętro biurowca dedykowane jest mniejszym firmom (znajdują się tu głównie pomieszczenia o pow. 17-27 m<sup>2</sup>). Kolejne kondygnacje (2-6 piętro) zaprojektowano zaś w taki sposób, że istnieje możliwość wynajęcia całego piętra (ok. 1080 m<sup>2</sup>), połowy (ok. 540 m<sup>2</sup>) lub podziału przestrzeni na 4 niezależne biura o pow. ok. 270 m<sup>2</sup> każde. Ostatnia kondygnacja budynku została przeznaczona na pomieszczenia techniczne. Na każdym piętrze zorganizowano ok. 126 stanowisk pracy.

W sierpniu 2013 r. biurowiec Goeppert-Mayer jako pierwszy w Polsce uzyskał certyfikat BREEAM<sup>12</sup> na poziomie „outstanding”, będąc wówczas zaledwie drugim budynkiem w Europie z tak wysoką oceną.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Cechą charakterystyczną biurowca jest **prosta bryła i duża ilość przeszkleń**, które zapewniają dostęp do światła dziennego wszystkim użytkownikom budynku. Do izolacji zastosowano m.in. **wełnę mineralną** (20-30 cm warstwę na ścianach i 30 cm na dachu). W projekcie wykorzystano także szczelne okna (trzeszybowe zestawy wypełnione argonem) o współczynniku przenikania ciepła dla okna  $U_w = 0,5$  (W/m<sup>2</sup>K). Ponadto okna wyposażono w **system automatycznie sterowanych żaluzji zewnętrznych**.

---

<sup>12</sup> BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) to jeden z najpopularniejszych systemów wielokryterialnej oceny jakości budynków. Metoda ta została stworzona przez Building Research Establishment (BRE) w Wielkiej Brytanii w 1990 r. Jej głównym celem jest ocena budynków pod kątem ich przyjazności dla środowiska naturalnego oraz komfortu przyszłego użytkownika.





*System automatycznie sterowanych żaluzji zewnętrznych (fot. ChronmyKlimat.pl)*

Wśród nowoczesnych rozwiązań zastosowanych w budynku Goeppert-Mayer na szczególną uwagę zasługuje system **trigeneracji**, wykorzystywany w biurowcu zarówno do produkcji prądu elektrycznego, ciepła, jak i chłodu. Technologia ta polega na produkcji energii elektrycznej z gazu ziemnego, gdzie odpadowym zjawiskiem jest produkcja energii cieplnej. Powstające ciepło może być następnie wykorzystywane do przygotowywania ciepłej wody użytkowej, ogrzewania powietrza zewnętrznego w układzie wentylacji czy też do produkcji chłodu.

Wiele z nowoczesnych urządzeń zastosowanych w budynku to rozwiązania, które pozwalają na ograniczenie kosztów eksploatacyjnych budynku, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego komfortu pracy w pomieszczeniach. Należy do nich z pewnością **wysokosprawny system wentylacji z odzyskiem ciepła**, umożliwiający dostarczenie świeżego powietrza do wszystkich pomieszczeń znajdujących się w budynku (w katowickim budynku dostarczane jest 36 m<sup>3</sup> powietrza/osobę/godzinę). System wentylacyjny składa się m.in. z centrali klimatyzacyjnej umożliwiającej odpowiednią obróbkę świeżego powietrza oraz belek chłodząco-grzewczych, które dostarczają świeże powietrze do pomieszczeń i jednocześnie odpowiadają za indywidualną regulację temperatury. Dodatkowo system wyposażony jest w agregat chłodniczy wspomagający pracę systemu trigeneracji oraz wodny nawilżacz powietrza zapewniający odpowiednią wilgotność powietrza. W przypadku katowickiego biurowca, odzysk ciepła z wykorzystywanego w budynku powietrza przekracza 80%.

Z perspektywy komfortu pracy szczególne znaczenie ma także zastosowana w budynku **automatyka** oraz **liczne czujniki** kontrolujące m.in. obecność osób oraz panujące w pomieszczeniach warunki (np. temperaturę czy stężenie CO<sub>2</sub>). **Inteligentne systemy** (zintegrowane z umieszczoną na dachu stacją pogodową) regulują m.in.: wymianę powietrza w budynku, położenie żaluzji zewnętrznych czy dopływ sztucznego oświetlenia. Zastosowane w budynku **energooszczędne oświetlenie** przez większą część dnia stanowi „uzupełnienie” światła naturalnego, rozjaśniając się lub ściemniając, w zależności od warunków panujących

na zewnątrz (tak aby przy każdym stanowisku pracy zapewnić zgodne z normą natężenie oświetlenia na poziomie 500 lx). Ponadto, współpracując z czujnikami obecności, systemy automatycznie wyłączają oświetlenie w sytuacji, gdy w pomieszczeniu nie znajduje się żadna osoba.



*Automatyczna regulacja dopływu sztucznego oświetlenia (fot. ChronmyKlimat.pl)*

W budynku zastosowano także **energooszczędne windy** wyposażone w wysokowydajny system odzyskiwania energii, który generuje oszczędności m.in. dzięki przetwarzaniu energii wyzwolonej przy hamowaniu dźwigu w energię elektryczną. Biurowiec został ponadto wyposażony w **system pozwalający odzyskać i wtórnie wykorzystać wody opadowe**. Konstrukcja zaprojektowanego na budynku „zielonego dachu” pozwala wychwycić wodę opadową i wykorzystać ją do spłukiwania toalet. W budynku zamontowano także **wodooszczędne baterie umywalkowe** (wylewające max. 1,8 l wody na minutę).

Zastosowane w biurowcu Goeppert-Mayer energooszczędne rozwiązania pozwoliły ograniczyć zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i wentylacji do poziomu **28 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, przy pracy budynku na trzy zmiany. Zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosi ok. **110 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa biurowca kosztowała prawie 40 mln zł, z czego ponad 18 mln zł stanowiło dofinansowanie przyznane w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013. W ocenie inwestorów, w porównaniu do budowanych wówczas biurowców, energooszczędny budynek Goeppert-Mayer był droższy o ok. 15%.

Miesięczne koszty mediów (woda, prąd, ciepło, chłód i wentylacja) wynoszą ok. 1 euro dla m<sup>2</sup> wynajmowanej powierzchni, co stanowi połowę, a czasem nawet i 1/3 kosztów ponoszonych w tradycyjnych budynkach.



## Energooszczędny biurowiec Euro-Centrum w Katowicach

Od kwietnia 2009 roku na terenie Euro-Centrum Parku Przemysłowego w Katowicach funkcjonuje energooszczędny biurowiec, który w porównaniu do standardowych budynków zużywa tylko 1/3 energii.

źródło: Euro-Centrum Park Przemysłowy

Rodzaj inwestycji: Energooszczędny budynek biurowy.

Inwestor: Euro-Centrum Park Przemysłowy.

Projektant i wykonawca: Autorem projektu była pracownia architektoniczna Projekt Grupa Sławomira Kostura, aranżację wnętrz przygotowała pracownia Art-Design Grażyny i Tomasza Zarzyckich. Wykonawcą budowy była firma Inwestdom.

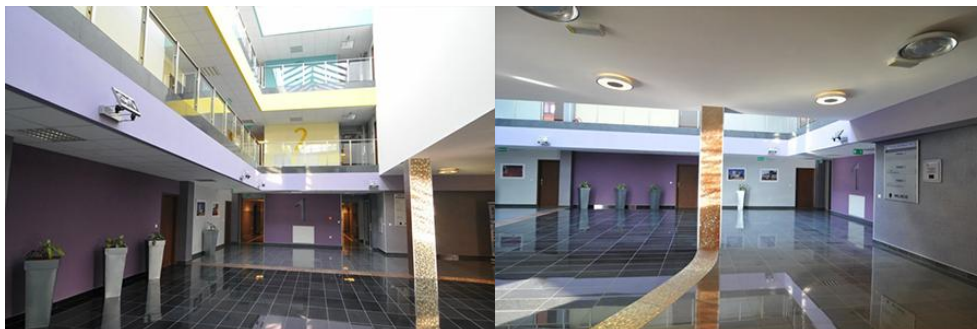
Lokalizacja: Biurowiec zlokalizowany jest przy ul. Ligockiej w Katowicach (woj. śląskie).

Opis inwestycji: Energooszczędny biurowiec wchodzi w skład kompleksu nowoczesnych budynków o charakterze biurowym, usługowym i konferencyjno-wystawowym, które tworzą Euro-Centrum Park Przemysłowy i Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny.



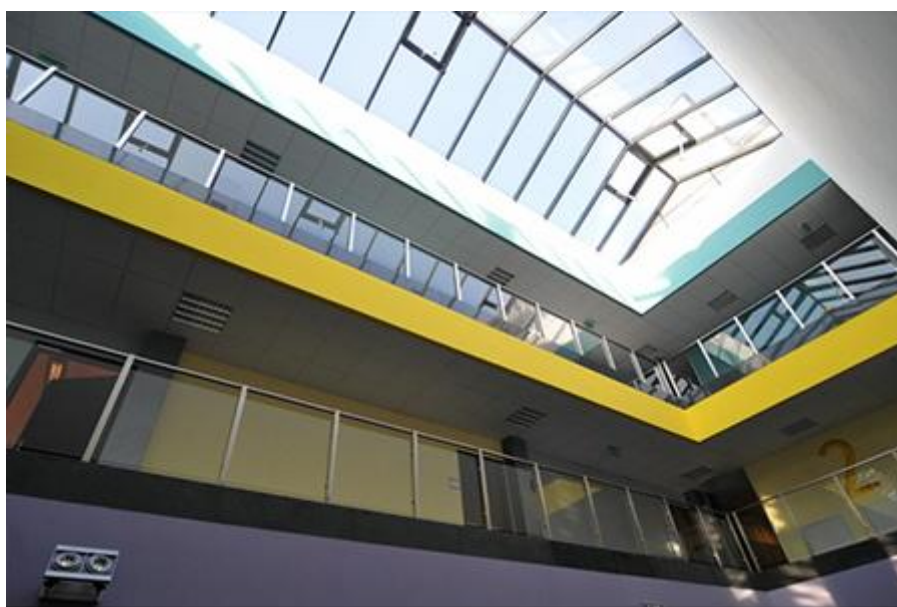
*Energooszczędny biurowiec (fot. Euro-Centrum Park Przemysłowy)*

W trzypiętrowym budynku o powierzchni 2 404 m<sup>2</sup> znajduje się 40 lokali biurowych, zapewniających miejsce do pracy dla ok. 150 osób. Dodatkowo foyer budynku może być wykorzystywane jako przestrzeń ekspozycyjna. Z biurowca korzystają głównie małe i średnie przedsiębiorstwa, działające w sektorze technologii energooszczędnych oraz branży informatycznej. Budynek wykorzystywany jest w dni robocze, w weekendy zaś system przechodzi w stan uśpienia. Projekt budynku powstał w oparciu o pomysł austriackiego biura Weizer Energie – Innovations – Zentrum, który został zaadaptowany do lokalnych warunków. Biurowiec został oddany do użytku w kwietniu 2009 r. (budowa trwała ok. 10 miesięcy).



Wnętrze biurowca (fot. Euro-Centrum Park Przemysłowy)

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Na energooszczędność obiektu ma wpływ już sama jego konstrukcja. **Zwarta forma** zapewnia korzystną proporcję powierzchni ścian (oddających ciepło) do powierzchni pomieszczeń, które tego ciepła wymagają. Przy projektowaniu układu komunikacyjnego wykorzystano centralne przeszklenie, które zapewniając **dostęp naturalnego światła**, sprawia, że ciąg komunikacyjny nie wymaga za dnia dodatkowego oświetlenia. Dostęp do naturalnego światła mają także pomieszczenia biurowe, które zlokalizowane zostały „na zewnątrz”. Zaś w „środkowej” części budynku (pozbawionej okien) zaprojektowano pomieszczenia niewymagające ciągłego oświetlenia (stanowiące zaplecze socjalne).



Centralne przeszklenie zapewniające dostęp światła (fot. Euro-Centrum Park Przemysłowy)

W celu ograniczenia strat ciepłych w budynku zastosowana została **ponadstandardowa izolacja termiczna**. Na dachu znajduje się 30 cm warstwa styropianu, w ścianach zewnętrznych 20 cm izolacja styropianowa, a na podłodze 15 cm osłona z polistyrenu. W obiekcie zastosowano **okna o potrójnym szkleniu** i współczynnika przenikania ciepła 0,5 W/m<sup>2</sup>K. Ponadto na południowej i zachodniej ścianie budynku umieszczono **żaluzje fasadowe**, które posiadają czujniki nasłonecznienia i wiatru oraz dodatkowy własny system zarządzania. W zależności od pogody uchylają się lub otwierają, a podczas burzy automatycznie składają.

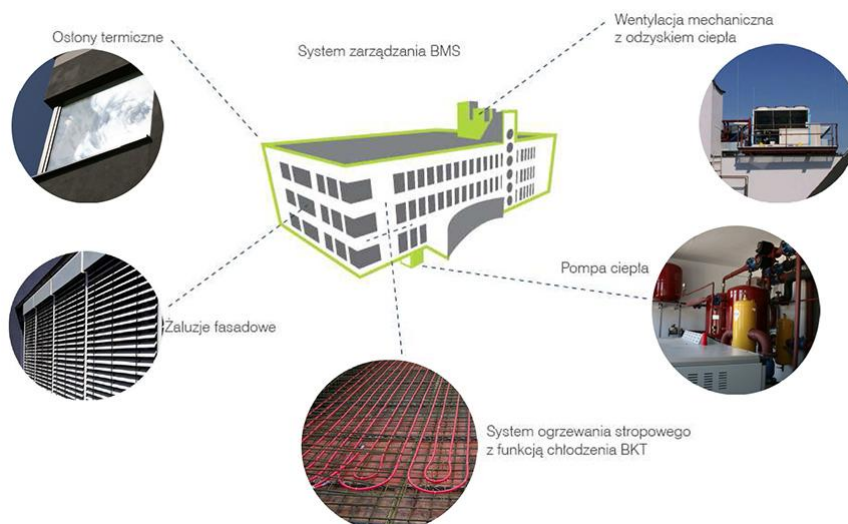


*Energooszczędny biurowiec (fot. Euro-Centrum Park Przemysłowy)*

Budynek wyposażony został w **system BMS<sup>13</sup>**, który steruje wszystkimi urządzeniami. Automatyczny system kontroluje temperaturę na poszczególnych piętrach i w zależności od panujących warunków decyduje o ewentualnym dodatkowym chłodzeniu lub grzaniu. Gdy biurowiec nie jest wykorzystywany (w dni wolne od pracy), system ten sprawia, że budynek przechodzi w stan uśpienia (elementy wentylacji są wówczas całkowicie zamykane dla zaoszczędzenia zgromadzonego wewnątrz ciepła). W budynku nie zainstalowano centralnego ogrzewania ani klimatyzacji, ogrzewanie i chłodzenie zapewnia **system ogrzewania stropowego z funkcją chłodzenia BKT<sup>14</sup>** oraz **pompa ciepła**. System rur BKT (z chłodzącą lub grzejącą wodą rozprowadzaną na poszczególne piętra) zlokalizowany jest w płytach żelbetowych o grubości 30 cm, tworzących konstrukcję budynku. Wykorzystywane są w nim właściwości akumulacyjne ścian, które latem absorbują nadmiar ciepła, a zimą izolują. Ogrzewanie budynku zapewnia pompa ciepła wykorzystująca energię geotermalną. Ciepło uzyskane z gruntu ogrzewa wodę, a następnie przekazuje ją systemowi BKT. W sezonie zimowym napędzenie pompy przy zużyciu 1 kW energii elektrycznej daje 4 kW energii cieplnej. Uzupełnieniem systemu BKT jest **wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła**. Zamontowany na dachu rekuperator w sezonie zimowym odzyskuje 75% energii cieplnej z wywiewanego powietrza, latem zaś agregat wody lodowej schładza czerpane z zewnątrz powietrze, nawiewane do wnętrza biurowca.

<sup>13</sup> System zarządzania budynkiem (ang. BMS - Building Management Systems).

<sup>14</sup> System stropów aktywowanych termicznie, zwany w skrócie BKT (niem. Betonkerntemperierung).



Prezentacja systemów zastosowanych w energooszczędnym biurku  
(źródło: Euro-Centrum Park Przemysłowy)

Zastosowane rozwiązania sprawiają, że rocznie możliwe jest zaoszczędzenie 2/3 standardowo używanej energii. Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania wynosi **32 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **185 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Koszt inwestycji (niecałe 10,5 mln zł) był o ok. 10% wyższy w porównaniu do standardowego biurowca. Budowa obiektu została dofinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Zastosowanie energooszczędnych rozwiązań sprawia, że eksploatacja budynku jest bardzo atrakcyjna ekonomicznie. Koszt ogrzewania budynku wynosi ok. 1100 zł miesięcznie (przy założeniu, że sezon grzewczy trwa 8 miesięcy w roku oraz według średniej ceny 1 kWh ciepła w latach 2010-2011 z wykorzystaniem pompy ciepła). Budynek jest eksploatowany od 4 lat. Szacuje się, że w przypadku tego rodzaju budownictwa czas zwrotu inwestycji wyniesie kilkanaście lat.



## Pasywny biurowiec Euro-Centrum w Katowicach

Pasywny biurowiec otwarty w lutym 2014 r. to kolejna z energooszczędnych inwestycji zrealizowanych w ramach katowickiego Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum. Ten wyposażony w nowoczesne laboratoria obiekt zużywa 8 razy mniej energii niż tradycyjne budynki.

źródło: Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek biurowo-usługowo-laboratoryjny.

Inwestor: Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny.

Projektant i wykonawca: Projekt budynku przygotowała pracownia architektoniczna Projekt Grupa Sławomir Kostur. W realizacji projektu brało udział kilku wykonawców.

Lokalizacja: Budynek zlokalizowany jest w zachodnio-południowej części Katowic (woj. śląskie), przy ul. Ligockiej 103.

Opis inwestycji: Budynek pasywny został wybudowany w ramach kompleksu nowoczesnych budynków o charakterze biurowym, usługowym i konferencyjno-wystawowym, które tworzą Euro-Centrum Park Przemysłowy i Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny. W 2009 r. na terenie inwestycji powstał także biurowiec energooszczędny, którego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania wynosi 32 kWh/m<sup>2</sup>/rok.

Oddany do użytkowania w 2014 roku budynek pasywny jest siedzibą Euro-Centrum Parku Naukowo-Technologicznego, który w swojej działalności koncentruje się na rozwoju technologii energooszczędnych i OZE. W 5-kondygnacyjnym budynku (o powierzchni użytkowej 7 500 m<sup>2</sup>) zaplanowano nie tylko pomieszczenia administracyjno-biurowe, ale także sale konferencyjno-szkoleniowe oraz technologiczne laboratoria. W obiekcie utworzono m.in. laboratorium procesów w budownictwie energooszczędnym (umożliwiający ocenę materiałów budowlanych np. pod kątem ich odporności na działanie czynników zewnętrznych czy szybkość starzenia się) oraz laboratorium właściwości cieplnych budynków (służące do badania występowania mostków cieplnych, szczelności budynku, poziomu hałasu, natężenia światła czy komfortu cieplnego). W budynku utworzono także laboratorium inteligentnych sieci energetycznych, stację klimatyczno-meteorologiczną oraz nowoczesne centrum gromadzenia i przetwarzania danych.



*Pasywny biurowiec (fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)*

Z zasobów dostępnych w budynku pasywnym mogą korzystać firmy technologiczne, które prowadzą działalność badawczą, rozwojową lub innowacyjną, przy czym priorytetowo traktowane są przedsiębiorstwa o profilu związanym z poszanowaniem energii, odnawialnymi źródłami energii i nowoczesnymi technologiami informatycznymi.



*Przeszkłone wejście do siedziby Parku Naukowo-Technologicznego (fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)*

Budowa biurowca rozpoczęła się w sierpniu 2011 roku, a jego oficjalne otwarcie nastąpiło w lutym 2014. W maju 2013 roku projekt został wyróżniony nagrodą „Green Building 2013”, przyznawaną przez Komisję Europejską najbardziej energooszczędnym budynkom w Europie.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek został zaprojektowany z zachowaniem głównych zasad budownictwa pasywnego, tak aby możliwie ograniczyć straty ciepła i jednocześnie zmaksymalizować zyski solarne. **Zwarta bryła** minimalizuje ryzyko powstawania mostków termicznych, a **duże przeszklenia** umożliwiają wykorzystanie zysków ciepła z promieniowania słonecznego i zapewniają dostęp naturalnego



światła. Aby zwiększyć wykorzystanie światła dziennego przy projektowaniu układu komunikacyjnego wykorzystano centralne przeszklenie, a pomieszczenia biurowe przewidziano w obwodzie budynku.



Centralne przeszklenie zapewniające dopływ światła dziennego (fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)

W celu ograniczenia strat ciepłych w budynku zastosowano **ponadstandardową izolację termiczną** (np. ściany zewnętrzne ocieplono styropianem o grubości 30 cm) oraz **energooszczędne trzyszybowe okna** (o współczynniku przenikania ciepła dla okna  $U_w=0,7$  W/m<sup>2</sup>K), wyposażone w **zewnętrzne żaluzje**, które chronią przed przegrzewaniem się pomieszczeń.



Zewnętrzne żaluzje oraz panele fotowoltaiczne umieszczone na fasadzie budynku i w pasach międzyokiennej (fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)

W budynku zastosowano **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** (z rekuperatorem pozwalającym odzyskać z wywiewanego powietrza 80% energii cieplnej). Do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń wykorzystywany jest system składający się z **sond**

**geotermalnych** (umieszczonych 50 m pod ziemią), **instalacji pomp ciepła i stropów grzewczo-chłodzących BKT** (wypełnionych w zależności od pory roku ciepłą lub zimną wodą).



*Kaskada pomp ciepła (fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)*

W budynku zamontowano także **10 próżniowych paneli kolektorów słonecznych**, które wykorzystywane są do podgrzewania wody użytkowej i wspomagania systemu grzewczego. Istotnym elementem projektu są także **panele fotowoltaiczne**, umożliwiające produkcję energii elektrycznej. Ogniwa fotowoltaiczne umieszczono zarówno na dachu (231 modułów), jak i elewacji (108 modułów pionowo na fasadzie i 80 modułów ustawionych pod kątem w pasach międzyokiennej). Zastosowano także 36 ruchomych modułów fotowoltaicznych (zamontowanych na trzech ruchomych platformach, tzw. trackerach), które śledzą pozorną wędrówkę słońca i dostosowują swoje położenie w celu maksymalizacji ilości produkowanej energii. Różny sposób montowania paneli fotowoltaicznych spełnia w projekcie także funkcje badawcze, pokazując w jaki sposób położenie modułów przekłada się na produkcję prądu. Moc całej instalacji fotowoltaicznej to 107 kWp, co w założeniu ma pokryć roczne zapotrzebowanie na energię systemów technologicznych budynku, a więc ogrzewania, chłodzenia i wentylacji.



Ruchome moduły fotowoltaiczne (fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)

Optymalizację zużycia energii zapewnia **system zarządzania budynkiem BMS**, który reguluje pracę poszczególnych urządzeń i kontroluje warunki panujące w budynku.



Prezentacja systemów zastosowanych w pasywnym budynku  
(fot. Euro-Centrum Park Naukowo-Technologiczny)

Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań do produkcji energii opartej na źródłach odnawialnych w połączeniu ze znaczącym obniżeniem jej zapotrzebowania sprawiło, że budynek jest niemal samowystarczalny energetycznie. Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania wynosi **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **82 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Całkowity koszt inwestycji (wzniesienie budynku oraz jego wyposażenie) to 35,8 mln zł. Projekt został dofinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego<sup>15</sup>. Realizacja projektu w standardzie pasywnym podniosła koszty budowy o ok. 5% w porównaniu do standardowego budownictwa. Budynek został otwarty 28 lutego 2014 r. Roczne doświadczenia z użytkowania budynku dowodzą niskich kosztów jego eksploatacji. Opłaty za energię grzewczą wynoszą ok. 1000 zł miesięcznie. W przypadku tego rodzaju budownictwa przewidywany czas zwrotu inwestycji wynosi ok. 4-6 lat.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Pod koniec 2012 r. ogłoszono upadłość ówczesnego generalnego wykonawcy inwestycji. Konieczność przeprowadzenia przetargów i wyłonienia kolejnych wykonawców opóźniła finał inwestycji, który pierwotnie planowany był na 2013 r.

---

<sup>15</sup> Powstanie budynku pasywnego zostało dofinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w związku z realizacją projektu „Utworzenie Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum – rozwój i zastosowanie nowych technologii w obszarze poszanowania energii i jej odnawialnych źródeł”.

# Inwestycje zagraniczne



## Pasywny dom „Crossway” w Wielkiej Brytanii

Ten charakterystyczny brytyjski dom o łukowatym sklepieniu jest przykładem tego, jak współczesna architektura może połączyć lokalne materiały i tradycyjne rzemiosło z nowoczesnymi technologiami, aby uzyskać efektywnie energetycznie budynek jednorodzinny.

źródło: Hawkes Architecture

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Prywatny (rodzina Państwa Hawkes).

Projektant i wykonawca: Budynek zaprojektował arch. Richard Hawkes, który jest jednocześnie właścicielem domu. Za projekt konstrukcji budowlanej odpowiadali Michael Ramage i Philip Cooper z Wydziału Architektury Uniwersytetu w Cambridge. Generalnym wykonawcą inwestycji była firma Ecolibrium Solutions.

Lokalizacja: Dom położony jest w miejscowości Staplehurst, na terenie hrabstwa Kent, w południowo-wschodniej Anglii.

Opis inwestycji: Wybudowany w roku 2009 dom „Crossway” jest jednym z pierwszych domów pasywnych w Wielkiej Brytanii o standardzie potwierdzonym certyfikatem.

Najbardziej charakterystycznym elementem budynku jest dach w kształcie łuku. Sklepienie o rozpiętości 20 metrów pokryte jest z zewnątrz trawą i inną roślinnością, co pomaga obiektowi wtopić się w otaczający go wiejski krajobraz.



Otoczenie budynku (źródło: Hawkes Architecture)

W wyposażonym w cztery sypialnie budynku (o powierzchni ok. 255 m<sup>2</sup>) zastosowano technikę zapożyczoną ze średniowiecznej architektury, która polega na wykorzystaniu cienkich cegieł do budowy lekkich i wytrzymałych konstrukcji. Podstawą projektu jest tzw. sklepienie katalońskie, zwane też tamburynowym (ang. *timbrel vaulting*), wywodzące się z okolic Morza Śródziemnego. Jest to styl charakterystyczny m.in. dla Katalonii, gdzie został rozpowszechniony w XIX wieku. Jednak najstarszy przykład tego typu budowli pochodzi z Walencji i datuje się go na rok 1382.



Charakterystyczny dach w kształcie łuku (źródło: Hawkes Architecture)

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Patrząc na budynek „Crossway” można bez wątpienia stwierdzić, że projektowanie w standardzie

pasywnym w żaden sposób nie ogranicza wyobraźni architekta. **Łukowe sklepienie** nie tylko nadało budynkowi charakteru, ale także zapewniło silne strukturalne oparcie, eliminując w ten sposób potrzebę wykorzystania energochłonnych materiałów budowlanych (takich jak żelazobeton). Duża masa i bezwładność termiczna bryły pozwala utrzymać stałą temperaturę w pomieszczeniach, bez konieczności instalacji systemu centralnego ogrzewania czy klimatyzacji.

Podczas budowy i urządzania domu starano się stosować głównie **naturalne lub pochodzące z odzysku materiały** (takie jak glina, drewno, len czy przetworzone szkło i guma). Tam, gdzie było to możliwe, projektanci wykorzystali **lokalnie produkowane materiały budowlane**, ograniczając w ten sposób emisję zanieczyszczeń związanych z ich transportem. Między innymi wykorzystane w projekcie dachówki wyprodukowano z gliny, którą wydobywa się zaledwie kilka kilometrów od domu.



*Łukowe sklepienie wykonane z lokalnie produkowanych materiałów (źródło: Hawkes Architecture)*

Na zmniejszenie zapotrzebowaniu budynku na energię wpływ miała przede wszystkim **odpowiednia izolacja przegród zewnętrznych**. Konstrukcja ścian i części dachu wykonana jest głównie z belek o przekroju dwuteowym wypełnionych izolacją z przetworzonej makulatury. Do izolacji fundamentów i posadzki wykorzystano zaś styropian.

Ważną rolę odgrywa **południowa orientacja budynku**. Duże przeszklenia zaplanowane od strony południowej elewacji wpuszczają do wnętrza naturalne światło i ciepło promieni słonecznych. Odpowiednio zamontowane **trzyszybowe okna** (o współczynnika przenikania ciepła  $U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) i **szczelne drzwi** ( $U_d = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) także zmniejszają zapotrzebowanie na energię, minimalizując jej niekontrolowane straty.



Przestronne przeszklenia od strony południowej (źródło: Hawkes Architecture)

Zastosowany w budynku **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** zapewnia prawidłową cyrkulację powietrza w budynku i jego całkowitą wymianę co dwie godziny. W okresie letnim (od kwietnia do września) okna są otwierane i stosowana jest wówczas wentylacja naturalna.

Energia użytkowa czerpana jest ze słońca z wykorzystaniem pierwszego w Wielkiej Brytanii systemu hybrydowego łączącego **fotowoltaikę i kolektory słoneczne**. Za pomocą jednej instalacji do obiektu dostarczana jest więc zarówno energia elektryczna, jak i ciepło. W budynku zamontowano także **kocioł na biomasę** o mocy 11kW, który zaopatruje go w energię, jeśli przez dłuższy czas nie ma słońca.

Ponadto pasywny dom „Crossway” został wyposażony w systemy pozwalające na **wykorzystanie wód opadowych i oczyszczonych ścieków szarych**. Właściciele zdecydowali się także na wybór **energooszczędnego sprzętu RTV/AGD** oraz **oświetlenia LED**.

Prowadzony we współpracy z Uniwersytetem w Cambridge ponad 4-letni monitoring wykazał, że zapotrzebowanie budynku na ciepło wynosi **14,82 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **54,59 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa domu kosztowała ok. 445 tys. £. Z informacji uzyskanych od inwestora wynika, że to około 25% więcej niż w przypadku tradycyjnego brytyjskiego domu o zbliżonej powierzchni. Jednak, jak podkreśla inwestor, był to projekt o charakterze eksperymentalnym, gdzie najważniejsze było przetestowanie różnych technologii w praktyce, a nie wielkość poniesionych nakładów. Z tego powodu nie określano także przewidywanego czasu zwrotu inwestycji. Właściciele bardzo chwalą



sobie niskie koszty eksploatacyjne. Uwzględniając produkcję nadwyżek energii, można uznać, że pasywny dom Państwa Hawkes nie tylko nie generuje kosztów, ale także na siebie zarabia – średnio ok. 150£ rocznie. Utrzymanie domu o podobnej wielkości to dla brytyjskich rodzin koszt nawet 3000 £ – twierdzi architekt.



## Pasywny dom „Larixhaus” w Hiszpanii

„Larixhaus” to pierwszy na Półwyspie Iberyjskim dom pasywny, którego konstrukcja opiera się na wykorzystaniu słomy i drewna. Inwestorzy szukali domu, który byłby komfortowy, „naturalny” i tani w utrzymaniu. Projekt „Larixhaus” spełnił wszystkie te wymagania.

źródło: [www.larixhaus.cat](http://www.larixhaus.cat)

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Jordi Vinadé i Itziar Pagès (osoby prywatne, rodzina z dziećmi).

Projektant i wykonawca: Dom zaprojektowali hiszpańscy architekci Nacho Martí Morera, Maria Molins i Oriol Martí. Generalnym wykonawcą była firma Farhaus.

Lokalizacja: Budynek znajduje się w niewielkiej miejscowości Collsuspina, położonej ok. 70 km na północ od Barcelony (w Hiszpanii).

Opis inwestycji: „Larixhaus” to projekt kompaktowy (powierzchnia użytkowa wynosi ok. 94 m<sup>2</sup>). Przestrzeń została rozplanowana dość przewrotnie – na parterze znajduje się przedpokój, dwie sypialnie, łazienka i pomieszczenie gospodarcze. Na piętrze zaś zaaranżowano otwartą przestrzeń – salon połączony z kuchnią, jadalnią i stanowiskiem do pracy.

Z uwagi na wykorzystanie prefabrykowanych elementów, budowa domu trwała tylko 5 miesięcy (budynek wybudowano w 2013 roku). Zastosowanie prefabrykatów pozwoliło nie tylko zaoszczędzić czas, ale także zminimalizować koszty i praktycznie wyeliminować powstawanie odpadów na placu budowy.



*Budowa domu „Larixhaus” (fot. [www.larixhaus.cat](http://www.larixhaus.cat))*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Dom został wybudowany w technologii staw bale, która polega na wznoszeniu budynków w oparciu o **drewniany szkielet wypełniany kostkami słomy**. Przez zastosowanie głównie **naturalnych i odnawialnych materiałów budowlanych** (tj. certyfikowane drewno, słoma i korek z lokalnego źródła) zminimalizowano zużycie energii i emisje CO<sub>2</sub> związane z budową domu.



*Technologia budowy w oparciu o drewno i słomę (fot. [www.larixhaus.cat](http://www.larixhaus.cat))*

**Szczelna obudowa budynku, ocieplenie wykonane m.in. ze słomy i korka izolacyjnego oraz trzyszybowe okna** (pokryte powłoką niskoemisyjną i wypełnione argonem) pozwoliły ograniczyć niepotrzebne straty ciepła. W lecie komfort zapewnia przemyślane umiejscowienie i orientacja okien wyposażonych w dodatkowe zacielenia (rolety, zadaszenia) na fasadzie południowej.

Zastosowanie naturalnych materiałów budowlanych w połączeniu z **systemem wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** zapewnia wysoką jakość dostarczanego powietrza i przyjemny mikroklimat wewnątrz pomieszczeń. Rekuperator zastosowany w systemie wentylacyjnym pozwala odzyskać 80% ciepła zawartego w usuwanym z budynku powietrzu.

Zimą do dogrzewania pomieszczeń zlokalizowanych na parterze wykorzystywane są **grzejniki elektryczne**, zaś na piętrze **kominek opalany biomasą**. W projekcie zastosowano także kompaktową **powietrzną pompę ciepła**, która umożliwia przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

W przyszłości planowana jest także instalacja **systemu fotowoltaicznego** z przyłączeniem do sieci, który zapewni budynkowi samowystarczalność energetyczną oraz instalacja **systemu odzysku wody deszczowej**.

Staranne przygotowanie i wykonanie projektu pozwoliło ograniczyć zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania do **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosi **96 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.



*Drewniana obudowa budynku (fot. [www.larixhaus.cat](http://www.larixhaus.cat))*

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Z informacji uzyskanych bezpośrednio od inwestora wynika, że koszty budowy wyniosły 1211 euro/m<sup>2</sup> (łącznie ok. 113 800 euro), czyli ok. 14% drożej niż w przypadku standardowego domu. Inwestorzy szacują jednak, że oszczędności związane z obniżonym zużyciem energii (dom zużywa 75-80% mniej energii, niż wymaga obecnie hiszpańskie prawo budowlane) sprawiają, że różnica w kosztach zwróci się po 8-10 latach.

Po kilkumiesięcznym okresie użytkowania inwestorzy bardzo pozytywnie oceniają funkcjonowanie poszczególnych instalacji i warunki panujące w domu. – Tegoroczna zima nie była zbyt sroga (najniższa temperatura wynosiła jak dotąd 4°C, podczas gdy zazwyczaj spada do minus 6-8°C), jednak możemy śmiało powiedzieć, że dom sprawdza się doskonale. Okna pozwalają nam w pełni korzystać z energii słonecznej i dzięki temu możemy utrzymać w domu właściwą temperaturę. Grzejniki zlokalizowane na parterze włączaliśmy tylko na noc, na krótko. Kominiek na piętrze wykorzystywany był sporadycznie, tylko dla przyjemności. W domu utrzymujemy komfortową dla nas temperaturę na poziomie 19-20°C, ponieważ nie lubimy, gdy jest zbyt ciepło. W czasie ciepłych, słonecznych dni do chłodzenia domu wykorzystujemy okna. Dzięki wentylacji powietrze jest czyste i przede wszystkim wilgoć się nie kondensuje – przez co klimat w domu jest bardzo dobry.

W przyszłości inwestorzy zamierzają monitorować zużycie energii w swoim domu. W tym celu planują zorganizować zbiórkę pieniędzy (tzw. *crowdfunding*) dla dwuletniego projektu badawczego. – Chcielibyśmy wiedzieć, ile dokładnie energii zużywamy na ogrzewanie, wentylację, przygotowywanie ciepłej wody czy oświetlenie domu. Informacje wynikające z takiej analizy byłby dla nas bardzo przydatne i pozwoliłyby zdobyć więcej doświadczenia w użytkowaniu tego typu budynków – wyjaśnia inwestor.



## Samowystarczalny dom w Rumunii

„PRISPA” to projekt zrealizowany przez zespół studentów z Rumunii – przyszłych architektów, inżynierów i projektantów. Zbudowali oni prosty, jednorodzinny dom zasilany energią słoneczną, który produkuje nawet 20% energii więcej niż sam zużywa.

źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org)

Rodzaj inwestycji: Jednorodzinny dom wolnostojący o dodatnim bilansie energetycznym (tzw. budynek plus energetyczny).

Inwestor: Instytucje współpracujące i firmy, które były sponsorami projektu. Pełna lista partnerów i sponsorów dostępna jest na stronie: [www.prispa.org/partners/](http://www.prispa.org/partners/).

Projektant i wykonawca: Zespół wykładowców i studentów kierunków związanych m.in. z budownictwem, architekturą i projektowaniem wnętrz. Projekt został zrealizowany przez Techniczny Uniwersytet Budownictwa Lądowego (UTCB), Uniwersytet Architektury i Urbanistyki im. Iona Mincu (UAUIM) i Politechnikę w Bukareszcie (UPB), w partnerstwie z rumuńskim Uniwersytetem Sztuk Pięknych. Więcej informacji o zespole znajduje się na stronie: [www.prispa.org/team/](http://www.prispa.org/team/).

Lokalizacja: niewielka miejscowość w pobliżu Bacău, miasta położonego we wschodniej Rumunii.

Opis inwestycji: Przygotowania do realizacji projektu rozpoczęły się na początku 2011 roku, kiedy zespół studentów zapragnął przedstawić własny projekt domu zasilanego energią słoneczną w międzynarodowym konkursie dla uniwersytetów „Solar Decathlon Europe”, organizowanym w roku 2012 w Madrycie. Ich projekt pn. „PRISPA House” zajął 2. miejsce w kategorii „Efektywność energetyczna”, 2. miejsce w kategorii „Nagroda publiczności” i 9. miejsce w ogólnym rankingu 18 zespołów biorących udział w konkursie.



*Prezentacja domu w Madrycie (źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org))*

Jednak „PRISPA” to nie tylko prototyp przygotowany na konkurs, ale przede wszystkim dom o wysokiej klasie energetycznej zaprojektowany z myślą o mieszkańcach Rumunii. Największym wyzwaniem było stworzenie domu, który odpowiadałby potrzebom przeciętnej rodziny (cena, komfort mieszkania, możliwość przystosowania do własnych potrzeb), a jednocześnie był odzwierciedleniem tradycji rumuńskiego budownictwa.

Przed prezentacją na konkursie w Madrycie dom „PRISPA” został zbudowany w Bukareszcie i udostępniony odwiedzającym. W Madrycie (według tego samego projektu) w 13 dni zbudowano w pełni funkcjonalny dom. Obecnie dom „PRISPA” dotarł już do celu swojej podróży – został zakupiony przez rumuńską rodzinę i na nowo zbudowany w pięknej wiejskiej scenerii w pobliżu Bacău.



*Prezentacja domu w Bukareszcie (źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org))*

W projekcie domu o powierzchni ok. 80 m<sup>2</sup> uwzględniono salon, jadalnię, kuchnię, wydzieloną przestrzeń do pracy, sypialnię i łazienkę. Wysoki sufit nadaje wnętrzu przestronności i umożliwia korzystanie z antresoli nad kuchnią (ta dodatkowa przestrzeń może być wykorzystana jako sypialnia dla gości, miejsce do zabawy lub

pracy). Ważnym elementem projektu jest także ganek (rum. *prispa*) z przedsionkiem, typowy dla domów budowanych w tym regionie. Na tyłach domu znajduje się zaplecze techniczne.



*Aranżacja wnętrza podczas prezentacji w Madrycie (źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org))*

Dzięki prefabrykowanym elementom i prostej technologii dom jest łatwy do zbudowania (na jego złożenie wystarczy 30 dni). Równie szybko można też go rozmontować. Struktura modułowa pozwala ponadto na dostosowanie domu do potrzeb klienta – bez wpływu na ogólną koncepcję projektu możliwe jest np. zwiększenie powierzchni użytkowej, zmiana kształtu pomieszczeń lub układu funkcjonalnego.



*Aranżacja wnętrza podczas prezentacji w Bukareszcie (źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org))*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Przy projekcie domu „PRISPA” wykorzystano głównie **naturalne materiały**, przede wszystkim drewno.

Glina, często wykorzystywana w lokalnej architekturze, została tutaj zastosowana do wykończenia ścian wewnętrznych, m.in. ze względu na swoje właściwości higroskopijne (wchłaniania wilgoci). Na wiele sposobów wykorzystano także metal – dach pokryto blachą cynkową, a elementy konstrukcji połączono metalowymi łącznikami.

**Konstrukcja** domu „PRISPA” opiera się na dwóch elementach: prefabrykowanych panelach konstrukcyjnych i przenośnych modułach (moduł składający się z kuchni i łazienki oraz moduł obejmujący zaplecze techniczne). Panele konstrukcyjne **izolowane są wełną mineralną**, a od strony wnętrza domu pokryte płytą gipsową, co zapewnia ochronę przeciwpożarową.

Poza dobrą izolacją na ograniczenie strat ciepła wpływa także **zwarta bryła i kompaktowa wielkość domu**. Główny element projektu – **ganek** – odgrywa tu podwójną rolę: reprezentuje tradycyjną architekturę, a równocześnie chroni wnętrze domu przed przegrzewaniem w lecie. Zimą natomiast wpuszcza promienie słoneczne do domu.

Ponadto ganek w połączeniu z kształtem dachu i jego **południową orientacją** naturalnie powiększa nasłonecznioną powierzchnię, która stanowi doskonałe miejsce do umieszczenia **paneli fotowoltaicznych**. Tak skonstruowany **dach** sprawia także, że od strony północnej (gdzie dach sięga aż do ziemi) tworzy się przestrzeń do przechowywania, która równocześnie stanowi ochronę przed słynnym w Rumunii północnym wiatrem i śniegiem. Drugą strefą buforową jest tradycyjny **przedsionek** przy wejściu do domu, który reguluje ciśnienie i temperaturę wewnątrz budynku.



Charakterystyczna bryła domu „PRISPA” (źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org))

Mocną stroną domu „PRISPA” jest niewątpliwie wykorzystanie **naturalnego oświetlenia** w każdym z pomieszczeń, co nie tylko ogranicza zużycia energii, lecz także wpływa na poczucie komfortu. **Potrójnie szklone okna**, umiejscowione na wschodniej i zachodniej fasadzie, zostały dodatkowo pokryte specjalną powłoką, która zapewnia dostęp światła, ale nie przepuszcza ciepła. Rozwiązanie to zabezpiecza przed kumulowaniem



się energii słonecznej wpadającej przez okna (tzw. efekt szklarni). W lecie można dodatkowo kontrolować ilość wpadającego światła dzięki **drewnianym okiennicom**.

**Sztuczne oświetlenie** zostało zaprojektowane tak, aby zapewnić wystarczającą ilość światła w każdym z pomieszczeń. W domu zainstalowane są także **czujniki** mierzące m.in. jakość i temperaturę powietrza oraz poziom wody w zbiornikach. Zamontowano także **system zarządzania**, który pozwala automatycznie obsługiwać zainstalowane w domu urządzenia.

W budynku wykorzystano nawiewno-wywiewną **wentylację mechaniczną z wymiennikiem ciepła**, która nie tylko zapewnia stały dopływ schłodzonego lub ogrzanego powietrza, ale także odzyskuje ciepło z powietrza zużytego. Zastosowane w projekcie **kompaktowe urządzenie** odpowiada zarówno za wentylację, ogrzewanie, jak i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Jego działanie opiera się na **pompie ciepła**, która dostosowuje swoją wydajność do aktualnego zapotrzebowania na energię. Zimą, kiedy temperatura na zewnątrz spada poniżej  $-5^{\circ}\text{C}$ , można korzystać z  **dodatkowego systemu grzewczego** (paneli na podczerwień umieszczonych w salonie, sypialni i łazience).

Dom „PRISPA” wyposażony jest także w **2 kolektory słoneczne** umożliwiające przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz **32 panele fotowoltaiczne** do produkcji energii elektrycznej.



*Kolektory słoneczne i panele fotowoltaiczne zamontowane na dachu (źródło: [www.prispa.org](http://www.prispa.org))*

Zapotrzebowanie na energię cieplną budynku wynosi **12,40 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, czyli mniej niż wartość progowa dla budynku pasywnego (**15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**). Dom „PRISPA” uzyskał pozwolenie na przyłączenie do sieci, tworząc precedens dla domów zasilanych energią słoneczną w Rumunii.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Prototyp domu kosztował ok. 120 000 euro – koszt ten obejmuje

zarówno konstrukcję, wykończenie zewnętrzne i wewnętrzne, drzwi oraz okna, jak i wyposażenie (fotowoltaika, kolektory słoneczne, system wentylacyjno-grzewczy, urządzenia elektryczne i sanitarne). Prototyp był droższy niż wersja przeznaczona do produkcji masowej, ponieważ wykorzystano w nim trochę inne materiały. Różnica w materiałach związana jest z koniecznością dostosowania prototypu domu do trzykrotnego transportu, montowania i rozmontowywania.

Zgodnie z założeniem projektu pełna wersja przeznaczona do sprzedaży nie będzie kosztowała więcej niż 70 000 euro – jest to graniczna wartość wyznaczona w rządowym systemie wsparcia mieszkalnictwa w Rumunii (program „Pierwszy dom”).

Przy odpowiedniej eksploatacji (i prawidłowym wdrożeniu rozwiązań) możliwa jest produkcja energii, która w pełni pokrywać będzie potrzeby mieszkańców domu. Poczynione w ten sposób oszczędności pozwalają szacować czas zwrotu inwestycji na około 12-15 lat (w najgorszym wypadku). Dom postawiony w Bukareszcie produkował jednak ok. 20% więcej energii, niż wynosiło szacunkowe zużycie. Możliwość sprzedaży nadwyżek energii do sieci zapewniałaby dochód szacowany na ok. 1700 euro rocznie, co dodatkowo skróciłoby czas zwrotu inwestycji.



## Pasywny dom w północnym Londynie

Mieszkańcy tego londyńskiego domu cenią sobie nie tylko niskie koszty utrzymania, ale także wysoką jakość powietrza wewnątrz budynku – tak ważną w przypadku osób chorujących na astmę.

źródło: bere:architects, fot. Tim Crocker

Rodzaj inwestycji: Dom jednorodzinny w standardzie pasywnym.

Inwestor: Prywatny.

Projektant i wykonawca: Budynek zaprojektowała londyńska pracownia bere:architects, zaś generalnym wykonawcą była firma Visco.

Lokalizacja: Dom znajduje się w dzielnicy Camden, położonej w północnej części Londynu (Wielka Brytania).

Opis inwestycji: Budowa domu określanego mianem „Camden Passive House” rozpoczęła się we wrześniu 2009 roku i trwała około 10 miesięcy. Latem 2010 roku budynek uzyskał certyfikat przyznawany przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt, będąc wówczas pierwszym tego typu obiektem w Londynie.

Dwukondygnacyjny budynek o powierzchni 118 m<sup>2</sup> ma dość nietypowy układ w porównaniu do tradycyjnych wolnostojących domów w Wielkiej Brytanii. Parter składa się z dwóch sypialni z łazienkami, podczas gdy otwarta kuchnia, jadalnia i pokój dzienny znajdują się na piętrze budynku. Taki sposób rozplanowania przestrzeni wynikał z ograniczeń dotyczących wysokości zabudowy – dom nie mógł być wyższy niż przylegający garaż sąsiedniego budynku. Architekci postanowili zatem zaprojektować budynek zagłębiony na około 3 metry w ziemi.



*Pasywny budynek od strony ulicy (źródło: bere:architects, fot. Tim Crocker)*

Pod koniec 2010 roku do pasywnego domu wprowadzili się właściciele. Wówczas rozpoczęto 2-letnie badanie, w ramach którego monitorowano m.in. warunki panujące w budynku, sprawność poszczególnych urządzeń oraz komfort odczuwany przez mieszkańców.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Konstrukcja budynku opiera się na **prefabrykowanym szkielecie drewnianym**, zaś na poziomie parteru dom otoczono betonowym murem oporowym, który stanowi zabezpieczenie przed osuwaniem się gruntu. Elewacja budynku została wykonana z drewna modrzewiowego.



*Drewniana elewacja budynku (źródło: bere:architects, fot. Jefferson Smith)*

Ponadto budynek charakteryzuje się **prostą bryłą** oraz **ponadstandardową izolacją**, wykonaną przy użyciu wełny mineralnej, włókien drzewnych i pianki poliuretanowej PIR. Wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  dla takich elementów jak ściany, podłoga czy dach mieści się w granicach  $0,07-0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ponieważ dom mieści się w gęsto zabudowanej dzielnicy Londynu, duży wpływ na bilans energetyczny obiektu oraz na sam projekt miał cień rzucany przez sąsiadujące budynki. Ważnym elementem projektu było zatem określenie **najlepszego usytuowania domu na działce** oraz zaplanowanie **optymalnego rozmieszczenia i powierzchni przeszkleń**. Planując rozmieszczenie okien, architekci brali pod uwagę nie tylko możliwość doświetlenia wnętrza i pozyskania zysków solarnych, ale także zachowanie prywatności domowników. **Przestronne przeszklenia** zaprojektowano zatem **od strony południowej** – szczególnie w znajdującym się na piętrze salonie, w którym w porównaniu do znajdujących się niżej sypialni potrzeba prywatności jest nieco mniejsza.

W budynku zastosowano **trzykolorowe okna** przeznaczone do domów pasywnych (o współczynnika przenikania ciepła  $U_w = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Ponadto obiekt został

wyposażony w automatycznie sterowane **rolety zewnętrzne**, które stanowią ochronę przed przegrzewaniem się w ciągu lata i jednocześnie zapewniają mieszkańcom więcej prywatności.



*Przestronne przeszklenia w salonie (źródło: bere:architects, fot. Tim Crocker)*

Rozplanowanie okien ma znaczenie także z perspektywy możliwości wietrzenia budynku. Poza dużymi oknami od strony południowej w sypialni i w salonie, w projekcie przewidziano także mniejsze okna po przeciwnej (północnej) stronie. Dzięki temu dom ma zapewnioną **naturalną wentylację**.

Równocześnie wymianę powietrza w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** (wyposażony w rekuperator o sprawności 92%). Z uwagi na zdrowotne problemy mieszkańców domu, w systemie wentylacji zastosowano ponadto specjalne filtry, które eliminują z powietrza zanieczyszczenia. Do ogrzewania pomieszczeń oraz przygotowywania ciepłej wody użytkowej wykorzystywany jest **gazowy kocioł kondensacyjny**, współpracujący z **kolektorami słonecznymi**. System jest wyposażony także w **grzałkę elektryczną**.

Istotnym elementem projektu było także **zaplanowanie zintegrowanej z budynkiem zieleni**. W tym celu przewidziano zarówno ogród od strony południowej, jak i dwa zielone dachy (pokryte polnymi kwiatami). Ponadto mur otaczający budynek został obsadzony bluszczem. W projekcie uwzględniono także **system odzysku wody deszczowej**, wykorzystywanej do podlewania roślinności.

Roczne zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania i wentylacji wynosi **13 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **90 kWh/m<sup>2</sup> rocznie**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa „Camden Passive House” kosztowała ok. 450 tys. £ (łącznie z

murem oporowym zbudowanym wokół domu). Jak wyjaśniają architekci, budowa domów pasywnych o prostej konstrukcji jest średnio 10-20% droższa niż budynków wzniesionych zgodnie z aktualnie obowiązującymi w Wielkiej Brytanii przepisami. Ze względu na specyficzną konstrukcję i konieczność zagłębienia budynku w ziemi, koszty inwestycyjne pasywnego domu w dzielnicy Camden ciężko jednak porównywać z typowymi budynkami. Wiadomo za to, że londyński dom zużywa 90% mniej energii, co przekłada się na niższe koszty utrzymania. Jak oceniają architekci, koszty eksploatacji tego pasywnego domu stanowią 20% opłat ponoszonych w przypadku budynków wzniesionych zgodnie z aktualnymi przepisami oraz 12% opłat charakterystycznych dla typowych brytyjskich zasobów mieszkaniowych. Z przeprowadzanej ankiety wynika, że na inwestorach wrażenie zrobiły nie tylko niskie rachunki za energię, ale także wysoka jakość powietrza wewnątrz domu i wynikające z niej korzyści zdrowotne. Jak wyjaśniają architekci, przewidywany okres zwrotu inwestycji w dużej mierze zależy od wahań cen paliw i w tym przypadku nie został szczegółowo określony.



## Pasywny budynek „Tighthouse” w Nowym Jorku

Ponad stuletni dom, odnowiony w roku 2012, jest pierwszym certyfikowanym budynkiem pasywnym w Nowym Jorku. W porównaniu do tradycyjnych domów zużywa 90% mniej energii na ogrzewanie, dzięki czemu ma szansę stać się wyznacznikiem nowych trendów w architekturze Brooklynu.

źródło: Fabrica718

Rodzaj inwestycji: Modernizacja domu szeregowego do standardu budynku pasywnego.

Inwestor: Prywatny.

Projektant i wykonawca: Zmodernizowany budynek został zaprojektowany przez amerykańską pracownię Fabrica 718. Przebudowę zajmowała się firma WM Dorvillier & Co przy współpracy m.in. z biurem ZeroEnergy Design, odpowiedzialnym za rozwiązania z zakresu budownictwa pasywnego.

Lokalizacja: Budynek usytuowany jest w dzielnicy Park Slope, w północno-zachodnim Brooklynie, na terenie Nowego Jorku (USA).

Opis inwestycji: Ponad stuletni obiekt, wzniesiony w roku 1899, to typowy dla Brooklynu budynek szeregowy. W roku 2012 został gruntownie przebudowany i odnowiony, co pozwoliło sprostać standardom wyznaczanym budynkom pasywnym.

W ramach przebudowy dom zyskał m.in. nową fasadę, trzecie piętro, taras na dachu oraz podwójnej wysokości studio artystyczne zlokalizowane na parterze. Poza tym wprowadzono wiele rozwiązań, które nie tylko ograniczają zapotrzebowanie budynku na energię, ale także poprawiają komfort jego użytkowania.



*Taras zaplanowany na dachu budynku (źródło: Fabrica718, fot. Hai Zhang)*

Obecnie powierzchnia użytkowa budynku wynosi 195 m<sup>2</sup>. Na poziomie piwnicy i parteru zaprojektowano wysoką pracownię, gabinet oraz pomieszczenie techniczno-gospodarcze. Pierwsze piętro to otwarta przestrzeń kuchni, jadalni i salonu – tworzących strefę dzienną – oraz niewielka toaleta. Na pozostałych dwóch kondygnacjach zaplanowano trzy sypialnie, garderobę, dwie łazienki, pomieszczenie gospodarcze i taras. Do posiadłości przynależy także ogród, zlokalizowany na tyłach budynku.



*Strefa dzienna zlokalizowana na pierwszym piętrze (źródło: Fabrica718, fot. Hai Zhang)*

Dom, ochrzczony mianem „Tighthouse”, jest pierwszym nowojorskim budynkiem, który otrzymał certyfikat Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt. Ponadto znalazł się w gronie tegorocznych finalistów nagrody „Passive House Award 2014”.

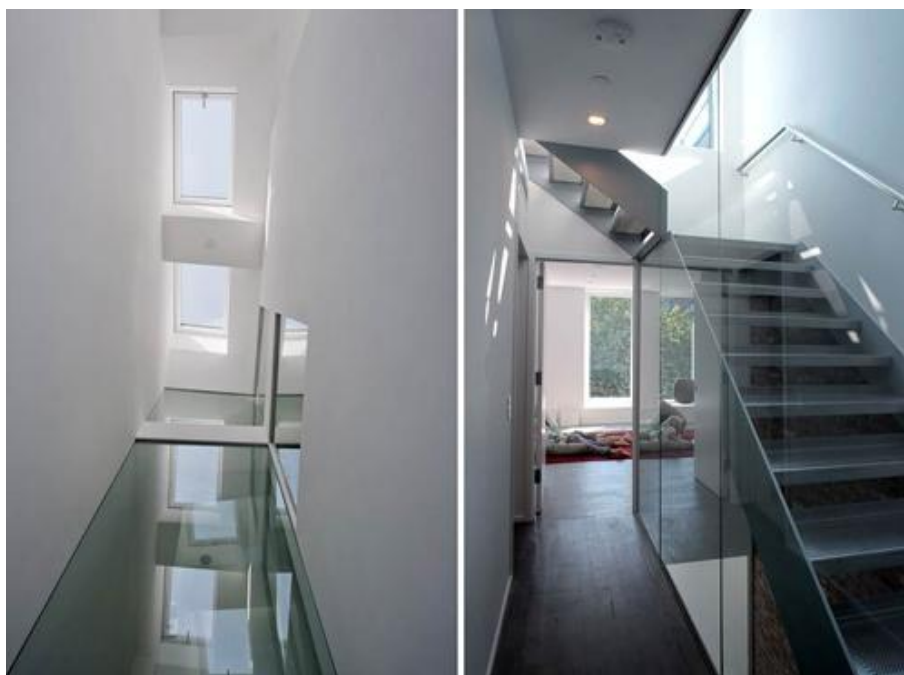
Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Jednym z podstawowych elementów przebudowy była **poprawa izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych** i **minimalizacja ryzyka powstawania mostków cieplnych**. Projektanci zdecydowali się na usunięcie oryginalnych drewnianych gzymsów i elewacji z piaskowca. W zamian fasada budynku została ocieplona 10-centymetrową warstwą pianki izolacyjnej i pokryta szarym stiukiem. Od frontu dodano zdobienia wykonane z włókna szklanego, które nawiązują do tradycyjnych detali. Tej samej grubości izolację zastosowano także wewnątrz budynku. Zdaniem projektantów zastosowanie podwójnej izolacji (na zewnątrz i wewnątrz) zapewnia odpowiednią ochronę termiczną i dodatkowo tłumi hałas dochodzący z ulicy. Ponieważ w Nowym Jorku występują duże wahania temperatur, architekci obawiali się, że w tym przypadku zastosowanie izolacji jedynie od wewnątrz mogłoby spowodować zmrażanie i rozmrażanie struktury ściany, które groziłyby jej uszkodzeniem.





Frontowa i tylna elewacja budynku (źródło: Fabrica718, fot. Hai Zhang)

Wykorzystana w projekcie **stolarka okienna** (potrójnie szkolne okna wypełnione argonem) i **drzwiowa** charakteryzuje się niskim współczynnikiem przenikania ciepła, wynoszącym zarówno dla okien, jak i drzwi ok.  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Aby zmaksymalizować **wykorzystanie światła dziennego**, a tym samym ograniczyć zużycie energii związanej z korzystaniem ze sztucznego oświetlenia, w postaci dachowej zaprojektowano okna, które doświetlają ciąg komunikacyjny (wykonane ze stali i szkła schody biegnące przez środek budynku).



Doświetlony ciąg komunikacyjny (źródło: Fabrica718, fot. Hai Zhang)

Dobudowane trzecie piętro ma nachylony dach, na którym zainstalowano **kolektory słoneczne** (o pow. 5 m<sup>2</sup>), służące do ogrzewania wody, oraz **panele fotowoltaiczne** (o mocy 2,5 kW), które ograniczają zapotrzebowanie na energię elektryczną pobieraną z sieci. Dom nie jest podłączony do sieci gazowej. Odpowiednie ogrzewanie (i chłodzenie) budynku zapewnia **powietrzna pompa ciepła**. Przepływ świeżego powietrza w budynku umożliwia efektywny **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, wyposażony w rekuperator o sprawności 80%. Powietrze wewnątrz budynku jest wymieniane raz na trzy godziny.

W budynku zainstalowano **energooszczędne oświetlenie** (LED lub fluorescencyjne) oraz **zdalny system** kontrolowania i monitorowania zużycia energii. W projekcie przewidziano także instalację pozwalającą na **wykorzystanie wody deszczowej**. Ponadto niektóre z zastosowanych przy renowacji materiałów (jak np. drewno podłogowe) pochodzi z odzysku.

Zastosowanie zasad budownictwa pasywnego pozwoliło w tym przypadku ograniczyć zapotrzebowanie na energię do ogrzewania do **14 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną do **104 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Julie Torres Moskovitz – autorka projektu domu pasywnego – szacuje, że osiągnięcie standardu pasywnego podniosło koszty renowacji budynku o około 5% (63 tys. \$). Oczekuje się, że ta kwota zwróci się w ciągu 10 lat dzięki oszczędnościom w rachunkach za energię. Jak ocenia projektantka, przebudowa domu do standardu pasywnego (bez skomplikowanych prac architektonicznych) to w tym regionie koszt około 2-5 tys. \$/m<sup>2</sup>.

Po pierwszym roku eksploatacji roczny rachunek za energię związaną z ogrzewaniem i chłodzeniem domu oraz podgrzewaniem wody wyniósł, w przypadku czteroosobowej rodziny, 518 \$, czyli 20% przeciętnego rachunku dla nowojorskiego domu o podobnej powierzchni. Równocześnie w ciągu tego roku uniknięto w ten sposób emisji 16 ton CO<sub>2</sub>, co – jak zauważa projektantka – odpowiada usunięciu z dróg czterech samochodów osobowych.



## XIX-wieczny angielski dom w standardzie budynku pasywnego

Czy dom liczący przeszło 150 lat można przekształcić w budynek pasywny? Oto przykład z serca Londynu. Zmodernizowany wiktoriański dom zużywa teraz 83% mniej energii, emituje 70% mniej CO<sub>2</sub> i dzięki niższym rachunkom za energię pozwala zaoszczędzić mieszkańcom ponad 1200 funtów (ok. 6000 zł) rocznie.

źródło: [www.octaviahousing.org.uk](http://www.octaviahousing.org.uk)

Rodzaj inwestycji: Modernizacja domu szeregowego do standardu budynku pasywnego.

Inwestor: Octavia Housing (brytyjska organizacja zajmująca się m.in. budownictwem socjalnym). Projekt został zrealizowany dzięki rządowemu wsparciu (w ramach programu „Retrofit for the Future”).

Projektant i wykonawca: Plan modernizacji został zaprojektowany przez biuro architektoniczne Paul Davis + Partners, zaś wykonawcą była firma Princedale EcoHaus.

Lokalizacja: Dom położony jest w centralnej części Londynu (Wielka Brytania) w pobliżu Holland Park (100 Princedale Road).

Opis inwestycji: Wybudowany w latach 60. XIX w. trzypiętrowy dom przy 100 Princedale Road to pierwszy zmodernizowany budynek w Wielkiej Brytanii, który otrzymał certyfikat domu pasywnego. Wielkość, wiek zabudowań oraz lokalizacja w centrum Londynu stanowiły dodatkowe wyzwania przy planowaniu prac modernizacyjnych. Ponieważ dom jest stosunkowo nieduży (całkowita powierzchnia wewnętrzna to 115 m<sup>2</sup>), a ocieplić można go było tylko od wewnątrz (wymogi konserwatorskie nie pozwalały na zmianę elewacji), priorytetem było oszczędne zaplanowanie przestrzeni. Kilkumiesięczne prace remontowe zakończono w październiku 2010 roku, a w marcu 2011 do zmodernizowanego budynku wprowadzili się pierwsi lokatorzy (4-osobowa rodzina).

Modernizacja budynku (wraz z dwoma innymi domami wyremontowanymi przez Octavia Housing w celach porównawczych) to element innowacyjnego projektu

„Princedale”, finansowanego w ramach rządowego programu ograniczania emisji w istniejących budynkach socjalnych. Zrozumienie i wdrożenie najlepszych praktyk w zakresie modernizacji budynków jest, zdaniem brytyjskiego rządu, kluczem do realizacji celu redukcji emisji CO<sub>2</sub> w Wielkiej Brytanii o 80% do roku 2050. Aby zrealizować przyjęte cele, rząd (za pośrednictwem Technology Strategy Board – brytyjskiej agencji wspierającej rozwój innowacji) przygotował program „Retrofit for the Future” i zorganizował konkurs dla wzorcowych projektów modernizacyjnych (w rezultacie dofinansowano modernizację ponad 100 budynków).



Front zmodernizowanego budynku (źródło: [www.octaviahousing.org.uk](http://www.octaviahousing.org.uk))

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Głównym wyzwaniem dla architektów było przygotowanie projektu spełniającego standardy budynku pasywnego dla wiktoriańskiego domu o statusie zabytku. Przed modernizacją budynek był w bardzo złym stanie technicznym (nierówne belki, niestabilne schody, nieszczelne okna, zawilgocona piwnica). **Planując modernizację, projektanci mieli na względzie nie tylko ograniczenie zapotrzebowania na energię, lecz także poprawę jakości powietrza w pomieszczeniach, lepsze wykorzystanie przestrzeni i spełnienie wymogów konserwatorskich.** W efekcie w całym domu udało się

zastosować innowacyjne rozwiązania, wykorzystując dostępne materiały i tradycyjne techniki budowlane.



*Wnętrze domu po modernizacji (źródło: [www.octaviahousing.org.uk](http://www.octaviahousing.org.uk))*

Jednym z podstawowych elementów przebudowy była poprawa izolacji termicznej. Ze względu na wymogi konserwatorskie materiały izolacyjne zastosowano wewnątrz budynku. **Szczelna warstwa izolacji wewnętrznej** znacząco ogranicza ucieczkę ciepła, jednak wiąże się z pewnym ograniczeniem powierzchni użytkowej budynku. Aby zminimalizować te straty, usunięte zostały ściany kominkowe (co wpłynęło także na ogólną szczelność budynku). Dzięki temu na wyższych piętrach utracono tylko 2 m<sup>2</sup> powierzchni, a ponadto dotychczas niezamieszkałą piwnicę przekształcono w kuchnię i dodatkową łazienkę. W kuchni zamontowano okno, co umożliwiło wykorzystanie światła dziennego również w tym pomieszczeniu.

Na potrzeby inwestycji zaprojektowano specjalne **trzyżybowe okna**, imitujące tradycyjne dla tej epoki okna otwierane pionowo. **Szczelne drzwi wejściowe** także zostały zaprojektowane z uwzględnieniem wymagań konserwatora zabytków. Unikanie powstawania mostków termicznych i eliminowanie wszelkich potencjalnych nieszczelności widoczne jest w każdym detalu projektu, np. **nowa skrzynka na listy** (w przeciwieństwie do starej zamontowanej w drzwiach) jest wbudowana w ścianę i w ten sposób nie ingeruje w zewnętrzną przegrodę termiczną budynku.



Nowe i szczelne okna (źródło: [www.octaviahousing.org.uk](http://www.octaviahousing.org.uk))

Wentylację i ogrzewanie w budynku zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, który nie tylko usuwa powietrze z budynku, lecz także dostarcza świeże powietrze zewnętrzne. Powietrze wpadające do budynku jest ogrzewane/chłodzone przez **gruntowy wymiennik ciepła** wbudowany pod podłogą piwnicy. Gdy temperatura na zewnątrz spada, zamontowana **pompa ciepła** może wspomóc ogrzewanie powietrza wchodzącego do budynku. Eliminuje to konieczność instalacji kotłów, kaloryferów czy ogrzewania podłogowego.

Ponadto w budynku zainstalowano **system płaskich kolektorów słonecznych**, wykorzystujący technologię zbiornika buforowego. Około 2/3 ciepłej wody użytkowej zapewnia właśnie zbiornik buforowy połączony z trzema kolektorami słonecznymi zainstalowanymi na południowej stronie dachu. Pomimo surowych restrykcji co do zmiany wyglądu budynku, pozwolono zainstalować kolektory słoneczne, a to ze względu na kształt dachu, dzięki któremu kolektory nie są widoczne z ulicy.

W ramach projektu przeprowadzono kompleksową modernizację budynku. Poza opisanymi wyżej rozwiązaniami wymianie poddano także podłogi, schody i taras. Na nowo zaprojektowano i urządzono przestrzeń. O poprawie efektywności

energetycznej myślano także podczas wyboru **wyposażenia** (wszystkie urządzenia o standardzie minimum A++). W budynku zastosowano również **energooszczędne oświetlenie**.

Dzięki zastosowaniu zasad budownictwa pasywnego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania zmniejszono do **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną do **81 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.



*Taras zlokalizowany na tyłach domu (źródło: [www.octaviahousing.org.uk](http://www.octaviahousing.org.uk))*

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Całkowity koszt modernizacji (w tym robocizna i materiały) wyniósł około 178 tys. funtów, z czego prawie 90 tys. funtów to koszty związane z oszczędzaniem energii. Projekt otrzymał jednak dofinansowanie w wysokości 150 tys. funtów z rządowego programu „Retrofit for the Future”.

Przebudowa domu do standardu pasywnego sprawiła, że opłaty za ogrzewanie i energię spadły o ok. 60%, co pozwala zaoszczędzić mieszkańcom ponad 1200 funtów rocznie (ok. 6000 zł). W zależności od zakładanego wzrostu cen energii (5 lub 10% rocznie) szacuje się, że koszt modernizacji budynku zwróci się w oszczędnościach po

odpowiednio 26 lub 17 latach. Ograniczenie kosztów eksploatacyjnych jest szczególnie ważne w przypadku budownictwa socjalnego.

Poza informacjami dotyczącymi poziomu zużycia energii czy wielkości rachunków przez pierwsze 2 lata użytkowania monitorowano także prawidłowe funkcjonowanie budynku. Pomiary warunków panujących w pomieszczeniach (temperatura, wilgotność, stężenie CO<sub>2</sub>) potwierdziły, że bez względu na porę roku w zmodernizowanym budynku odczuwa się wysoki komfort życia.

## Pasywny budynek mieszkalny w Raon-l'Étape

Dom z lat 50. XX w., usytuowany we francuskiej miejscowości Raon-l'Étape, został w roku 2010 gruntownie zmodernizowany. Przeprowadzone prace budowlane na tyle ograniczyły zapotrzebowanie budynku na energię, że teraz spełnia on wymagania budownictwa pasywnego. To pierwszy tego typu projekt zrealizowany we Francji.

Rodzaj inwestycji: Przebudowa tradycyjnego bloku mieszkalnego w celu osiągnięcia standardów budynku pasywnego.

Inwestor: Właściciel lokali socjalnych (Le Toit Vosgien).

Projektant i wykonawca: Projekt został przygotowany przez biuro architektoniczne Architecture & Creation, przy wsparciu ze strony biura badawczego Terranergie, zajmującego się m.in. usługami budowlanymi.

Lokalizacja: Budynek znajduje się w miejscowości Raon-l'Étape, położonej w północno-wschodniej Francji (region Lotaryngia).

Opis inwestycji: Budynek zlokalizowany jest w centralnej części miasta. Składa się z 28 trzypokojowych lokali mieszkalnych oraz świetlicy, gdzie odbywają się zajęcia pozaszkolne dla dzieci i młodzieży.

Renowacja obejmowała remont całego budynku z zachowaniem ścian zewnętrznych oraz wewnętrznych ścian nośnych. Zachowanie i wykorzystanie istniejącej konstrukcji pozwoliło znacząco ograniczyć koszty budowy. Ponadto, w porównaniu do zburzenia i ponownego wzniesienia budynku, przebudowa wiązała się z mniejszą uciążliwością dla środowiska i okolicznych mieszkańców (zwłaszcza jeśli chodzi o wykorzystanie



zasobów, emisję zanieczyszczeń i hałasu oraz konieczność transportu odpadów i materiałów konstrukcyjnych).

Podczas renowacji budynek został także przystosowany dla osób niepełnosprawnych (m.in. zainstalowano w nim zewnętrzną windę).

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Inwestorzy postawili przed sobą ambitny cel – odnowiony budynek miał osiągnąć wymagane standardy energetyczne i otrzymać certyfikat domu pasywnego. Udało się to osiągnąć m.in. dzięki **odpowiedniej izolacji termicznej** (co najmniej 30 cm ocieplenia na wszystkich ścianach). W projekcie zastosowano także **szczelne drzwi i trzyszybowe okna** wyposażone w żaluzje.

Przeprowadzone prace nie tylko ograniczyły zapotrzebowanie budynku na energię, lecz także w znaczący sposób wpłynęły na poprawę estetyki budynku (m.in. dzięki zastosowaniu drewnianej elewacji). Zmianie uległ także system komunikacyjny, zlokalizowany teraz na zewnątrz budynku.

Zmniejszenie strat energii zapewnia również zastosowany w zmodernizowanym budynku system **wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**. Energia potrzebna do ogrzewania budynku i przygotowywania ciepłej wody użytkowej pochodzi z **kotła na biomase** (zrębki drzewne) oraz z **kolektorów słonecznych** o powierzchni ok. 23 m<sup>2</sup>.

Zmodernizowany dom uzyskał certyfikat budynku pasywnego, przyznawany przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt. Według obliczeń zgodnych z PHPP<sup>16</sup> zapotrzebowanie na energię cieplną wynosi **14 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **80 kWh/m<sup>2</sup>/rok** (ta ilość energii wystarcza na ogrzewanie budynku, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, pracę urządzeń elektrycznych i oświetlenie).

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Całkowity koszt renowacji to ok. 2,7 mln euro. Zachowanie i wykorzystanie istniejącej konstrukcji w porównaniu do sytuacji ponownego wznoszenia budynku pozwoliło ograniczyć koszty budowy o około 500 tys. euro.

*Zdjęcia budynku dostępne są na stronie:*

[www.passivhausprojekte.de/index.php?lang=en#d\\_1360](http://www.passivhausprojekte.de/index.php?lang=en#d_1360).

---

<sup>16</sup> Program PHPP jest narzędziem służącym do projektowania budynków pasywnych, opracowanym przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt.



## Energooszczędny budynek socjalny w Barcelonie

Wybudowany w rozwijającej się części miasta blok mieszkalny to pierwszy budynek wielorodzinny w Barcelonie, który osiągnął najwyższy standard energetyczny (klasa A). Przewidziano w nim 95 mieszkań komunalnych.

źródło: PMHB, fot. Jordi Surroca

Rodzaj inwestycji: Energooszczędny budynek wielorodzinny.

Inwestor: Patronat Municipal de l'Habitatge de Barcelona (PMHB) – agencja budownictwa komunalnego, działająca w ramach urzędu miasta Barcelony.

Projektant i wykonawca: Projektem budynku zajęła się pracownia SaAS Sabaté Associats, zaś generalnym wykonawcą była firma Dragados.

Lokalizacja: Budynek położony jest przy ulicy Roc Boronat, znajdującej się w północno-wschodniej części Barcelony (Hiszpania).

Opis inwestycji: Energooszczędny budynek przy Roc Boronat został wybudowany w roku 2012 z myślą o mniej zamożnej części hiszpańskiego społeczeństwa przez barcelońską agencję Patronat Municipal de l'habitatge, zajmującą się udostępnianiem przystępnych cenowo mieszkań komunalnych.

Budynek położony jest w nowoczesnej i dynamicznie rozwijającej się części miasta, określanej mianem dzielnicy 22@. Ten niegdyś zaniedbany, przemysłowy obszar Barcelony od 2000 roku jest sukcesywnie przekształcany w ramach jednego z największych programów rewitalizacji miast w Europie.



*Energooszczędny budynek w Barcelonie (źródło: PMHB, fot. Jordi Surroca)*

Dzięki wpasowaniu budynku w trójkątną działkę budowlaną wytworzyło się wewnętrzne patio, gdzie umieszczono główne pionowe komunikacyjne. W projekcie przewidziano części o wysokości 6 i 7 pięter oraz niewielki fragment 3-kondygnacyjny. Zaplanowano także podziemny parking. W budynku o całkowitej powierzchni 12 297 m<sup>2</sup> znajduje się 95 mieszkań, które projektowano z myślą o rodzinach średniej wielkości. Mieszkania mają powierzchnie od 45 do 78 m<sup>2</sup>.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Spełnienie wysokich norm w zakresie efektywności energetycznej było możliwe m.in. dzięki zastosowaniu **ponadstandardowej izolacji termicznej** przegród zewnętrznych. Pomiędzy konstrukcją budynku a jego pokryciem pozostawiono wolną przestrzeń, dzięki czemu zarówno fasada, jak i dach są wentylowane, co sprawia, że latem się nie przegrzewają.

Zabezpieczenie przed nadmiernym promieniowaniem słonecznym stanowią także **przesuwne okiennice**, które oddalone są od elewacji o ok. metr, tworząc w ten sposób niewielkie zadaszone balkony. Tak okiennice, jak **szczelna stolarka okienna** wykonane są z drewna.



*Drewniany system zacinający (źródło: PMHB, fot. Jordi Surroca)*

W celu chłodzenia i ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych budynek został podłączony do lokalnej sieci „Districlima”, stworzonej w 2004 roku dla dzielnicy 22@. Miejski system ogrzewania i chłodzenia opiera się na wykorzystaniu jako głównego źródła energii pary wodnej, generowanej w pobliskim zakładzie przeróbki miejskich odpadów. Do przygotowywania ciepłej wody używane są **kolektory słoneczne** zamontowane na dachu budynku.

Ważnym elementem projektu był także **odpowiedni dobór materiałów budowlanych**. Wykorzystano materiały o stosunkowo małym wpływie na środowisko, których produkcja, ponowne wykorzystanie lub utylizacja wymagają minimalnej ilości energii. Zarówno okna, jak i drzwi czy okiennice wykonano z certyfikowanego drewna. Do wzniesienia ścian zewnętrznych użyto płyt cementowych, wzmocnionych włóknami celulozowymi (w porównaniu do podobnych materiałów do ich produkcji zużywa się mniej energii, a ponadto można je poddać recyklingowi). W projekcie wykorzystano także bardziej przyjazne środowisku farby i inne materiały wykończeniowe.



*Wewnętrzne patio (źródło: PMHB, fot. Jordi Surroca)*

W budynku zastosowano **rozwiązania ograniczające zużycie wody**: wodooszczędne baterie czy toalety z podwójnym systemem spłukiwania, zaś na patio posadzono rośliny wymagające rzadkiego podlewania. Ponadto w projekcie przewidziano **energooszczędne oświetlenie**, a w częściach wspólnych zamontowano **czujniki ruchu**, które pozwalają ograniczyć ilość zużywanego światła, a tym samym zmniejszyć opłaty mieszkańców. Nie bez znaczenia jest także wybór energooszczędnych wind.

Zgodnie ze świadectwem energetycznym zapotrzebowanie budynku na energię pierwotną wynosi **14,40 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa wielorodzinnego bloku kosztowała 10 515 934 euro. Jak wyjaśnia przedstawiciel inwestora, wybudowane w ramach inwestycji mieszkania są sprzedawane lub wynajmowane po cenie 20% niższej od ceny rynkowej. Agencja budownictwa komunalnego otrzymuje za darmo teren, gdzie w imieniu urzędu miasta Barcelony stawia budynki, biorąc na siebie koszt budowy, wynagrodzeń i usług. Późniejsze koszty utrzymania leżą już po stronie lokatorów i są zależne od ich nawyków. Między innymi z tego względu dla inwestycji nie określano przewidywanego okresu zwrotu. Emisje związane ze zużyciem energii w przypadku

tego budynku szacowane są na 3,7 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, podczas gdy dla budynku referencyjnego jest to 22,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.



## Pasywne domy „Komfort Husene” w Danii

Pasywne domy jednorodzinne wybudowane w ramach inwestycji „Komfort Husene” to pilotażowy projekt, którego głównym celem było szerzenie wiedzy na temat budownictwa pasywnego. Zaangażowanie w projekt wielu architektów, inżynierów i wykonawców stworzyło pole do wymiany doświadczeń, umożliwiło zdobycie praktycznej wiedzy i dało wyraźny impuls do rozwoju pasywnego budownictwa w Danii.

źródło: [www.komforthusene.dk](http://www.komforthusene.dk)

Rodzaj inwestycji: Pasywne domy jednorodzinne.

Inwestor: Isover (marka materiałów izolacyjnych, która wchodzi w skład oferty produktów budowlanych firmy Saint-Gobain) we współpracy z lokalną firmą Zeta Invest oraz bankiem Middelfart Sparekasse.

Projektant i wykonawca: W realizację projektu zaangażowano wielu architektów, inżynierów i wykonawców (w niektórych przypadkach także producentów), którzy pracując w zespołach, zajmowali się realizacją poszczególnych domów. Wśród architektów znalazły się m.in. pracownie Aart, Møller Nielsens Tegnestue, Jordan + Steenberg, Aarhus Arkitekterne, Bjerg Arkitektur, Arkitektfirmaet, Ravn Arkitektur, +M Arkitekter, Arkitekt Finn Prip.

Lokalizacja: Inwestycja zlokalizowana w miejscowości Skibet, na zachód od duńskiego miasta Vejle.

Opis inwestycji: Przygotowania do realizacji inwestycji rozpoczęto w roku 2007, kiedy to idea budownictwa pasywnego nie była wśród duńskich architektów i wykonawców dobrze poznana. Głównym założeniem projektu była współpraca przedstawicieli różnych firm i biur projektowych w celu wypracowania wspólnych

koncepcji jednorodzinnych domów, które spełniałyby wyznaczone w Niemczech standardy budownictwa pasywnego i jednocześnie odpowiadałyby wymaganiom duńskiego społeczeństwa.

Zarówno sama realizacja projektu, jak i prowadzony przez kolejne lata (2008-2011) monitoring uzyskanych efektów dostarczyły duńskim projektantom i wykonawcom praktycznej wiedzy na temat pasywnego budownictwa. W trakcie realizacji projektu organizowane były także warsztaty, podczas których poszczególne zespoły mogły wymieniać się doświadczeniami i korzystać z wiedzy ekspertów.

W ramach inwestycji „Komfort Husene” planowano budowę 10 różnych domów jednorodzinnych, które nawiązywałyby do tradycji duńskiego budownictwa i charakteryzowały się niskim zużyciem energii. Ważnym elementem każdego projektu miało być także zapewnienie wysokiego komfortu, jeśli chodzi o warunki panujące wewnątrz budynku (m.in. temperatura i wilgotność powietrza, ilość alergenów).

Ostatecznie powstało 8 domów, które uzyskały certyfikaty przyznawane przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt. Są to budynki o powierzchni użytkowej od 170 do 250 m<sup>2</sup>.

Budowę rozpoczęto w trzecim kwartale 2007 roku, a rok później domy wystawiono na sprzedaż. Oficjalna inauguracja projektu z udziałem Connie Hedegaard, ówczesnej duńskiej minister ds. klimatu i energii<sup>17</sup>, odbyła się we wrześniu 2008 roku.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Poszczególne domy różnią się między sobą m.in. wyglądem i detalem wykończenia, mają jednak kilka wspólnych cech. Charakterystyczna dla wszystkich projektów jest np. **prosta i zwarta bryła**, która ogranicza straty ciepła.



*Domy wybudowane w ramach inwestycji „Komfort Husene” (źródło: [www.komforthusene.dk](http://www.komforthusene.dk))*

<sup>17</sup> W latach 2010-2014 komisarz UE ds. działań w dziedzinie klimatu.

Jednym z głównych założeń każdego projektu była budowa domu, w którym zminimalizowane zostałyby ryzyko wystąpienia mostków termicznych<sup>2</sup>. W ramach inwestycji sprawdzono wpływ **zastosowania różnych technik konstrukcyjnych** (powstały zarówno budynki murowane, jak i domy zbudowane w oparciu o konstrukcje drewniane). Wszystkie projekty cechuje jednak **odpowiednia izolacja termiczna** (minimum 30 cm na ścianach i 45 cm na podłodze i dachu).

Istotnym elementem wszystkich projektów są także **szczelne i dobrze izolowane okna o potrójnej szybie**, które pozwalają kontrolować temperaturę wewnątrz budynku. W zimie, kiedy potrzebne jest dodatkowe ciepło, słońce powinno padać na szyby. **Duże przeszklenia** zaplanowano więc w przypadku większości projektów **na południowej fasadzie budynku**, co sprzyja pozyskiwaniu energii promieniowania słonecznego. W lecie zaś okna powinny być poza zasięgiem promieni słonecznych – w tym celu wykorzystano różne rodzaje rolet czy zadaszeń.



*Domy wybudowane w ramach inwestycji „Komfort Husene” (źródło: [www.komforthusene.dk](http://www.komforthusene.dk))*

W domach zbudowanych w ramach inwestycji „Komfort Husene” zastosowano kontrolowany system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. W większości domów zastosowano inteligentne systemy, które regulują dopływ świeżego powietrza w zależności od wilgotności i stężenia CO<sub>2</sub> wewnątrz budynku. Dodatkowo, aby polepszyć sprawność urządzeń wentylacyjnych, zastosowano **gruntowy wymiennik ciepła** (urządzenie to, wykorzystując stałą temperaturę gruntu na odpowiedniej głębokości, wstępnie podgrzewa powietrze wpływające do domu zimą, latem zaś je ochładza). Budynki wyposażone są w **kompaktowe urządzenia grzewcze z gruntową pompą ciepła**, które odpowiadają zarówno za wentylację, ogrzewanie, jak i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

Domy wybudowane w ramach inwestycji „Komfort Husene” spełniają kryteria stawiane budynkom pasywnym przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt. Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania nie przekracza **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na całkowitą energię pierwotną wynosi poniżej **120 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.



Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Analizy przeprowadzone dla budynków o zbliżonej powierzchni (ok. 170 m<sup>2</sup>) wykazały, że w porównaniu do standardowego duńskiego domu (zbudowanego według standardów z 2006 roku) cena domu pasywnego była o ok. 9 % wyższa. Jednak roczne koszty eksploatacyjne w przypadku domu pasywnego były o ok. 80% niższe.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Podczas realizacji inwestycji miał miejsce światowy kryzys finansowy, który dotknął też realizatorów projektu „Komfort Husene”. Problemy finansowe niektórych z członków konsorcjum wpłynęły m.in. na wstrzymanie budowy dwóch z dziesięciu początkowo planowanych domów. Ponadto inwestorzy początkowo planowali sprzedać domy, jednak ze względu na kryzys rynek nieruchomości nie był zbyt aktywny. Dlatego też na przełomie wiosny i lata 2009 roku zdecydowano się na ich wynajmowanie. Warto jednak pamiętać, że w tamtych latach był to projekt pilotażowy, nierealizowany wcześniej w Danii na tak dużą skalę. Wiedza zgromadzona podczas realizacji projektu i późniejsza wymiana doświadczeń przyczyniła się do szerzenia idei budownictwa pasywnego wśród duńskich architektów, inżynierów i wykonawców i zachęciła przemysł budowlany do realizowania tego typu inwestycji.



## Samowystarczalne osiedle „Greenwatt Way” w Wielkiej Brytanii

Zeroenergetyczne domy zbudowane w 2010 r. w południowej Anglii w ciągu roku generują taką ilość energii, która w zupełności wystarcza na zaspokojenie potrzeb mieszkańców. Jej nadmiar sprzedawany jest do ogólnokrajowej sieci.

źródło: Scottish and Southern Energy

Rodzaj inwestycji: Zeroenergetyczne osiedle domów mieszkalnych.

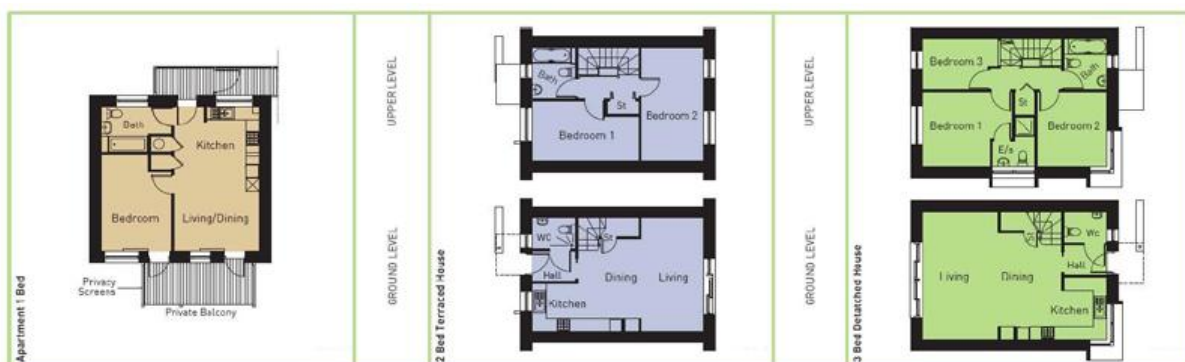
Inwestor: Scottish and Southern Energy (SSE).

Projektant i wykonawca: Projekt osiedla powstał w pracowni PRP Architects, a generalnymi wykonawcami były firmy Bramall Construction i AECOM.

Lokalizacja: Osiedle znajduje się w mieście Slough, położonym na terenie hrabstwa Berkshire w południowej Anglii.

Opis inwestycji: Głównym założeniem projektu była budowa zeroenergetycznych domów, które w ciągu roku generują ilość energii wystarczającą na zaspokojenie potrzeb swoich mieszkańców. Monitoring, prowadzony przez dwa lata od zakończenia budowy, miał na celu zbadanie poziomu produkcji i zużycia energii oraz sposobu jej wykorzystywania przez mieszkańców osiedla.

Prace budowlane rozpoczęto w grudniu 2009 r., zaś domy oddano do użytku niecały rok później (we wrześniu 2010 r.). Inwestycja składa się z 10 domów o różnej powierzchni (od ok. 45 do 94 m<sup>2</sup>) i funkcjonalności (mieszkania, domki szeregowe oraz domy jednorodzinne). Na terenie osiedla znajdują się dwa jednopoziomowe mieszkania (salon połączony z kuchnią i jadalnią, osobna sypialnia), trzy dwupoziomowe domki posiadające dwie oddzielne sypialnie oraz pięć dwupoziomowych domów posiadających trzy osobne sypialnie (z czego trzy domy w zabudowie szeregowej, a dwa pozostałe funkcjonujące jako osobne domy jednorodzinne). Mieszkania i domy znajdujące się na terenie osiedla są wynajmowane pracownikom Scottish and Southern Energy (SSE) i ich rodzinom, miejscowym pracownikom (we współpracy z urzędem miasta) oraz mieszkańcom, którzy zgodzili się wziąć udział w prowadzonych przez SSE badaniach monitorujących efekty projektu.



Typy domów zaprojektowanych na terenie osiedla (źródło: Scottish and Southern Energy)

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Jednym z podstawowych zagadnień analizowanych na etapie przygotowywania projektu osiedla było odpowiednie **usytuowanie budynków**. Budynek skierowany na południe czerpie więcej energii ze słońca – jest to optymalne ustawienie, jeśli chodzi o produkcję energii elektrycznej i ciepła. Jednak ze względu na uwarunkowania miejskiej architektury nie zawsze możliwe jest zaprojektowanie domu skierowanego dokładnie na południe. W przypadku osiedla „Greenwatt Way” fasady większości domów

skierowane są w kierunku wschodnim i zachodnim, co stanowiło znaczące wyzwanie, zarówno jeśli chodzi o projekt wykorzystania energii słonecznej w budynku, jak i ustawienie jak największej powierzchni dachu w kierunku południowym. W projekcie zastosowano **różne sposoby konstrukcji domów** (w celu lepszego zbadania wpływu stosowania odmiennych technik budowlanych stosowanych na terenie Wielkiej Brytanii). Cztery domy wybudowano z zastosowaniem lekkiej konstrukcji drewnianej, podczas gdy pozostałe opierają się na bardziej tradycyjnej technice murowanej. Wszystkie zaś charakteryzuje wysoki standard wykonania i **zwiększona izolacja cieplna** (współczynnik utraty ciepła w każdym przypadku wynosi poniżej 0,8 W/m<sup>2</sup>K). Budynki zostały wyposażone w **szczelne, potrójnie szklone okna**.



*Domy w zabudowie szeregowej (źródło: Scottish and Southern Energy)*

Domy czerpią energię elektryczną z **paneli fotowoltaicznych**, które pokrywają całą powierzchnię dachu, a ogrzewanie i ciepła woda użytkowa pochodzą z innowacyjnego **systemu centralnego ogrzewania** o niskiej temperaturze i znikomych stratach ciepła. System centralnego ogrzewania czerpie energię z czterech odnawialnych źródeł: **gruntowych pomp ciepła, powietrznych pomp ciepła, technologii solarnej (kolektorów słonecznych) oraz kotłów na biomasę**. Pokrycie dachów budynków panelami fotowoltaicznymi (o łącznej mocy 63 kWp<sup>18</sup>) zapewnia wystarczającą ilość energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, aby uzyskać zerową wartość emisji CO<sub>2</sub> netto w każdym z domów, bez względu na sposób jego ogrzewania. Nadmiar energii elektrycznej jest sprzedawany do sieci ogólnokrajowej. W budynkach zastosowano **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**. Utrzymanie komfortowej temperatury w pomieszczeniach zapewnia ponadto

---

<sup>18</sup> kWp (kilowatt peak) – moc szczytowa ustalana w standardowych warunkach testowych.

umieszczony w północnej części dachu **system naturalnej wentylacji**, który latem „wyciąga” ciepłe powietrze z domu, a dodatkowo umożliwia **doświetlenie pomieszczeń naturalnym światłem dziennym**.

Domy i mieszkania zostały ponadto wyposażone w **energooszczędne urządzenia i inteligentne liczniki**, które pozwalają mieszkańcom monitorować i ograniczać zużycie energii. W większości domów zastosowano także **system odzysku tzw. szarej wody**, umożliwiający powtórne wykorzystanie (np. do spłukiwania toalet) wody zużywanej w czasie domowych procesów, takich jak mycie naczyń, kąpiel czy pranie. W projekcie osiedla zaplanowano także **scentralizowany system odzyskiwania wody deszczowej**, który zbiera tzw. deszczówkę, która następnie może być wykorzystywana do spłukiwania toalet, podlewania kwiatów lub mycia samochodów. Na terenie osiedla przewidziano także **stację do ładowania samochodów elektrycznych**.

Zastosowane rozwiązania sprawiają, że domy zlokalizowane na osiedlu mają znacznie ograniczone zapotrzebowanie na energię do ogrzewania (ok. **44 kWh/m<sup>2</sup>/rok**).

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Całkowity budżet inwestycji wyniósł 3,65 mln funtów, łącznie z projektem. Może się wydawać, że to dużo jak na 10 domów/mieszkań, ale jak tłumaczy inwestor, dodatkowe poniesione koszty były spowodowane m.in. testowaniem różnorodnych metod budowlanych i technologii stosowanych wewnątrz domów, testowaniem kilku różnych źródeł ciepła, pracami badawczymi (prowadzonymi zarówno na etapie przygotowywania projektu, wykonania instalacji i monitoringu rezultatów), dodatkowym wyposażeniem umożliwiającym ciągłą obserwację sprawności i komfortu użytkowania. Z uwagi na badawczy charakter projektu, inwestor nie określał także przewidywanego okresu zwrotu inwestycji – jak sam wyjaśnia, w tym przypadku to przetestowanie różnych technologii, a nie zwrot poniesionych nakładów, było najważniejsze.

Zeroenergetyczne osiedle oferuje jednak wiele korzyści dla mieszkańców, takich jak: niższe rachunki na energię i wodę, możliwość dodatkowego zysku ze sprzedaży nadmiaru energii do sieci, wyposażenie mieszkań/domów w energooszczędne urządzenia, prywatne patia i wspólny ogród (dostępny tylko dla mieszkańców osiedla), drzewa owocowe i grządki przygotowane pod uprawę warzyw, pomieszczenie do przechowywania rowerów, możliwość korzystania ze wspólnego samochodu elektrycznego i dostęp do punktu ładowania zainstalowanego przy parkingu.

Wyniki analiz przeprowadzonych po pierwszym roku użytkowania osiedla pokazały, że w porównaniu do początkowo zakładanych parametrów domy zużywają jeszcze mniej energii elektrycznej i ciepłej wody, jednak znacznie więcej ciepła do ogrzewania pomieszczeń. Roczne opłaty za energię były jednak zbliżone do prognozowanych (ok.

500 funtów w przypadku domów posiadających trzy osobne sypialnie). W porównaniu do tradycyjnych brytyjskich domów opłaty za utrzymanie domów na osiedlu „Greenwatt Way” są ponad dwukrotnie niższe. Panele fotowoltaiczne generują ok. 51 MWh energii elektrycznej rocznie, z czego domy zlokalizowane na osiedlu zużywają rocznie 26 MWh.



## Pasywny kompleks mieszkaniowy „Lodenareal” w Austrii

W 2009 r. w Innsbrucku zrealizowano największy wówczas na świecie projekt z zakresu budownictwa pasywnego – osiedle „Lodenareal”. Celem inwestycji było wybudowanie komfortowych i możliwie najtańszych w utrzymaniu mieszkań, które docelowo byłyby wynajmowane osobom o niskich dochodach.

źródło: Neue Heimat Tirol

Rodzaj inwestycji: Osiedle wielorodzinnych budynków pasywnych.

Inwestor: Neue Heimat Tirol (austriacka organizacja specjalizująca się w budowie energooszczędnych domów dla osób o niskich dochodach oraz zarządzaniu mieszkaniami socjalnymi).

Projektant i wykonawca: Kompleks mieszkaniowy został zaprojektowany przez pracownię „DIN A4 Architektur” oraz „K2 Architekten”.

Lokalizacja: Osiedle znajduje się w północno-wschodniej części Innsbrucku, położonego w zachodniej Austrii.

Opis inwestycji: W 2005 r. urząd miasta Innsbruck wraz z tamtejszą Izbą Architektów zorganizowali konkurs na zagospodarowanie 3-hektarowego terenu położonego wzdłuż rzeki Inn, gdzie niegdyś mieściła się fabryka tkanin. Zwycięski

projekt obejmował 3 zespoły mieszkaniowe, każdy złożony z dwóch budynków w kształcie litery „L”. Dwa z nich zostały zaprojektowane dla Neue Heimat Tirol przez pracownie „DIN A4 Architektur” i „K2 Architekten”, które zajęły odpowiednio pierwsze i drugie miejsce w konkursie. Trzeci z zespołów mieszkaniowych został zaprojektowany dla innego austriackiego dewelopera firmy ZIMA przez biuro Wulz & König.



*Budynki zaprojektowane dla Neue Heimat Tirol (źródło: Neue Heimat Tirol)*

Pasywny kompleks mieszkaniowy zaprojektowany dla Neue Heimat Tirol tworzą cztery pięciopiętrowe budynki w kształcie litery „L”, ustawione po dwa w sposób tworzący między nimi duże wewnętrzne patio. W ramach inwestycji, obejmującej łącznie 26 tys. m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej, wybudowano 354 mieszkania. Wokół budynków zaprojektowano także park o powierzchni ok. 8 200 m<sup>2</sup>, a na północno-zachodniej krawędzi osiedla (na brzegu rzeki) powstała przystań.

Standard pasywnego osiedla został poświadczony certyfikatem Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Projekt austriackich architektów charakteryzuje m.in. **prosta bryła**, **stosunkowo duże przeszklenia** i obszerne balkony (odpowiednio zamontowane i ocieplone, aby uniknąć tworzenia się mostków cieplnych). Do **izolacji budynków** wykorzystano głównie styropian (m.in. 24-30 cm ocieplenie na ścianach zewnętrznych, 30-36 cm na dachu i 18 cm na podłodze). Z punktu widzenia zmniejszenia strat ciepła znaczenie ma także zastosowanie **energooszczędnych okien** (potrójnie szklonych o współczynniku przenikania ciepła  $U_w = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) oraz prawidłowy ich montaż.



*Jednym z istotnych założeń projektu były przestronne balkony (źródło: Neue Heimat Tirol)*

Budynki wyposażono w **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła** funkcjonujący w połączeniu z **gruntowymi wymiennikami ciepła** i **pompami ciepła**. W zależności od potrzeb, pompa wykorzystywana jest do ogrzewania powietrza nawiewanego do pomieszczeń bądź do jego dodatkowego chłodzenia. Każda klatka schodowa jest wyposażona w centralę wentylacyjną, która zasysa powietrze z zewnątrz przez wieże wentylacyjne znajdujące się na podwórku. Świeże powietrze dostarczane jest do sypialni i do salonów przez specjalny system rur (rozieszczonych w ścianach), a zużyte jest wyprowadzane przez łazienkę, WC i kuchnię.

Do ogrzewania mieszkań i podgrzewania wody wykorzystywany jest także **kocioł na pellet** (o mocy 300 kW), a w sytuacjach zwiększonego zapotrzebowania na ciepło (w okresie zimowym) używany jest ponadto **kocioł gazowy** (o mocy 326 kW). Ponad połowę zapotrzebowania na ciepłą wodę pokrywają zamontowane na dachu **kolektory słoneczne** (pow. 1 050 m<sup>2</sup>).



Wizualizacja osiedla (źródło: Neue Heimat Tirol)

Zastosowanie m.in. wyżej opisanych rozwiązań pozwoliło ograniczyć zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji do poziomu **14 kWh/m<sup>2</sup>/rok** i uniknąć emisji ok. 680 ton CO<sub>2</sub> rocznie. Zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosi **117 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Realizacja inwestycji kosztowała 52 mln euro. Inwestorzy szacowali wówczas, że w porównaniu do standardowych budynków było to ok. 5-6 % więcej (uwzględniając otrzymaną dotację – ok 1,5% więcej). Przewidywany okres zwrotu w tym przypadku wynosi poniżej 10 lat.

Analiza kosztów użytkowania budynków pokazała, że koszty ogrzewania mieszkań w budynkach pasywnych wynoszą miesięcznie ok. 15 centów/m<sup>2</sup>. Dla porównania w domach o standardzie energooszczędnym opłaty te kształtują się na poziomie ok. 45 centów/m<sup>2</sup>/miesiąc.

Po pierwszym roku użytkowania budynków ocenie poddano także komfort życia i zadowolenie mieszkańców osiedla. Przeprowadzone badania potwierdziły, że bardzo niskie zużycie energii nie wiąże się z obniżeniem komfortu. Wewnątrz budynku panuje przyjemna temperatura 24°C, nawet jeśli na zewnątrz temperatury dochodzą do -15°C. Pomiary jakości powietrza także przyniosły przekonujące rezultaty: w sypialniach wyposażonych w system wentylacji zawartość CO<sub>2</sub> w powietrzu nie przekraczała dopuszczalnej granicy 1500 ppm. Dla porównania, w mieszkaniach bez wentylacji zawartość CO<sub>2</sub> przekracza często nawet 4000 ppm. Na pytanie dotyczące ogólnego zadowolenia ponad 90% odpowiedziało „bardzo zadowolony” lub „zadowolony”. Jeśli chodzi o ogrzewanie, 96% było „bardzo zadowolonych” albo



„zadowolonych”. Ocena systemu wentylacji z odzyskiem ciepła pokazała, że około 80% mieszkańców ocenia ją jako „bardzo dobrą” lub „dobrą”.

Niskie koszty eksploatacyjne i wysoki komfort sprawiają, że zainteresowanie budownictwem pasywnym w tym regionie bardzo szybko rośnie. Przykładowo w 2009 roku na terenie Tyrolu jedynie 2% nowo wybudowanych domów miało standard budynku pasywnego, w 2010 było to już 10%, a w 2011 aż 50%<sup>19</sup>.



## Pasywna szkoła Montessori w okolicach Monachium

Patrząc na budynek niemieckiej szkoły prowadzonej metodą Montessori, można przekonać się, że projektowanie w standardzie pasywnym nadal pozostawia architektom dużo swobody, jeśli chodzi o formę budynku.

źródło: [www.jacobkanzleiter.com](http://www.jacobkanzleiter.com), fot. Jakob Kanzleiter

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Montessori Verein Landkreis Erding (jedno z niemieckich Stowarzyszeń Przyjaciół Montessori) oraz rząd Bawarii.

Projektant i wykonawca: Projekt szkoły powstał w niemieckiej pracowni ArchitekturWerkstatt Vallentin, zaś generalnym wykonawcą była firma Ingenieurbüro Lackenbauer.

Lokalizacja: Szkoła mieści się na przedmieściach miejscowości Aufkirchen, w niewielkiej odległości na wschód od lotniska w Monachium (Niemcy).

Opis inwestycji: Projekt niemieckiej szkoły Montessori to przykład tego, jak nowoczesny budynek można wkomponować w naturalny krajobraz. Położoną na

---

<sup>19</sup> źródło: Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt, [www.passivhaustagung.de/fuenfzehnte/englisch/download/Presse/15PHT\\_PM\\_15Tagung\\_EN\\_20110609.pdf](http://www.passivhaustagung.de/fuenfzehnte/englisch/download/Presse/15PHT_PM_15Tagung_EN_20110609.pdf).

obrzeżach niewielkiej miejscowości szkołę otaczają tereny wiejskie, dlatego architekci zaprojektowali pokryty roślinnością dach, który „falując”, unosi się i łagodnie opada na okoliczne pola. W ten sposób bryła budynku łączy się z krajobrazem i oba zmieniają się wraz z porami roku. Poza „falującym” zielonym dachem projektanci zastosowali także zakrzywione fasady. W rezultacie każde z pomieszczeń zaplanowanych w budynku ma inny kształt, co sprawia, że poszczególne sale dydaktyczne stanowią odrębną przestrzeń, z którą identyfikują się uczniowie.



*Pokryty roślinnością dach pasywnej szkoły (fot. Jakob Kanzleiter, [www.jacobkanzleiter.com](http://www.jacobkanzleiter.com))*

W dwupiętrowym budynku (o powierzchni użytkowej 3 649 m<sup>2</sup>) zaplanowano m.in. 10 sal lekcyjnych, 9 specjalistycznych pracowni, stołówkę oraz salę gimnastyczną. W projekcie uwzględniono także pomieszczenia administracyjne, sanitarne i techniczne. Zlokalizowane w południowo-wschodniej części główne wejście prowadzi przez rotundę wkomponowaną w fasadę budynku. Dalej znajduje się przestronny hol, który sięga aż po dach. Dzięki przesuwnej ścianie działowej hol można dodatkowo powiększyć o salę gimnastyczną i wykorzystywać podczas większych wydarzeń szkolnych. Wówczas w holu można ustawić ruchome trybuny.



Szkolny hol (fot. Jakob Kanzleiter, [www.jacobkanzleiter.com](http://www.jacobkanzleiter.com))

W budynku mieści się zarówno szkoła podstawowa, jak i średnia (10 klas w niemieckim systemie nauczania). Obiekt został wybudowany w roku 2004 i otrzymał certyfikat Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt. Ponadto znalazł się w gronie budynków nominowanych do nagrody „Passive House Award 2014”.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: **Oryginalna bryła** budynku to wypadkowa poszukiwań formy zapewniającej efektywność energetyczną oraz estetyki pozwalającej wkomponować budynek w otaczający go wiejski krajobraz. Przy konstrukcji budynku zastosowano **elementy murowane oraz konstrukcje drewniane**, co zdaniem architektów pozwoliło w najlepszy sposób wykorzystać zalety i betonu, i drewna. Ponadto budynek charakteryzuje się **odpowiednią izolacją przegród zewnętrznych**, pozwalającą ograniczyć do minimum niekontrolowane straty ciepła.

Zgodnie z podstawowymi zasadami budownictwa pasywnego, architekci zorientowali najdłuższą oś budynku **wzdłuż linii wschód-zachód**, tak aby w głównym pomieszczeniach osiągnąć maksymalne zyski solarne i odpowiednio je doświetlić. **Przestronne okna** sal lekcyjnych wychodzą więc na południe, zaś pomieszczenia administracyjne, sanitarne i techniczne znajdują się po stronie północnej. W obiekcie zastosowano **trzyszybowe okna** przeznaczone do budynków pasywnych (o współczynniku przenikania ciepła  $U_w$  w granicach 0,73-0,76 W/m<sup>2</sup>K). Ciąg komunikacyjny wewnątrz jest oświetlany światłem dziennym, które wpada do budynku przez cztery potężne okna dachowe skierowane na zachód.



*Przestronne przeszklenia od strony południowej (fot. Jakob Kanzleiter, [www.jacobkanzleiter.com](http://www.jacobkanzleiter.com))*

Sięgające od podłogi do sufitu przeszklenia we wszystkich salach dydaktycznych zostały wyposażone w **podwójny system zacięniania**. Zacięnianie zewnętrzne ma na celu przede wszystkim ograniczenie ryzyka przegrzewania, podczas gdy wewnętrzne rolety chronią uczniów przed nadmiarem światła.

Wszystkie pomieszczenia dydaktyczne mają bezpośrednie wyjście na szkolne podwórko. Ciekawym rozwiązaniem są tu **zewnętrzne schody** prowadzące bezpośrednio z poszczególnych sal na piętrze do ogrodu znajdującego się przed budynkiem. W ten sposób znacznie ograniczono inwestycję w rozwiązania przeciwpożarowe.



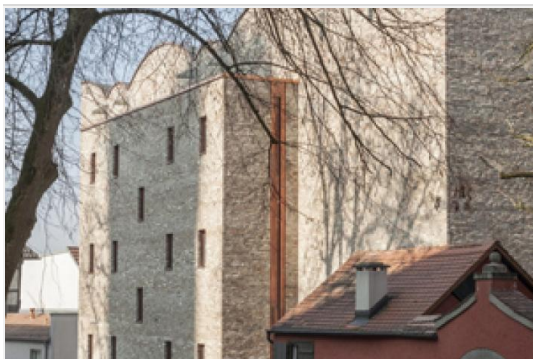
Zewnętrzne schody prowadzące do sal na piętrze (fot. Jakob Kanzleiter, [www.jacobkanzleiter.com](http://www.jacobkanzleiter.com))

Każde pomieszczenie ma zapewniony dostęp świeżego powietrza poprzez **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**. Do ogrzewania budynku oraz przygotowywania ciepłej wody użytkowej wykorzystywany jest **gazowy kocioł kondensacyjny**. Ciepło wewnątrz budynku rozprowadzane jest poprzez grzejniki, zamontowane m.in. w salach lekcyjnych.

Roczne zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania i wentylacji wynosi **14 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **89 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa szkoły kosztowała ok. 5,4 mln euro, z czego 80% środków to fundusze przekazane przez rząd Bawarii. W porównaniu do standardowych obiektów inwestycja została zrealizowana bez dodatkowych kosztów. Od samego początku dominującym celem było bowiem zachowanie prostoty, pozwalające zminimalizować koszty budowy. Niezbędne systemy mechaniczne dla szkoły kosztowały około 150 tys. euro mniej niż w przypadku budynku referencyjnego. Zaoszczędzone pieniądze przeznaczono m.in. na podniesienie standardu okien i dodatkowe ocieplenie budynku.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Na początku eksploatacji pojawiły się trudności z automatycznym sterowaniem systemem zewnętrznego zacieniania, co skutkowało przegrzewaniem sal. Obecnie jednak budynek szkoły działa bez zarzutu i użytkownicy są z niego bardzo zadowoleni.



## Pasywne muzeum w Ravensburgu

Wybudowane w 2013 roku Muzeum Sztuk Pięknych w niemieckim Ravensburgu nie tylko gromadzi cenne dzieła sztuki, ale też samo w sobie jest obiektem wartym uwagi. Jest to bowiem jedno z pierwszych muzeów na świecie, jakie wzniesiono w standardzie budynku pasywnego.

źródło: Kunstmuseum Ravensburg

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Miasto Ravensburg oraz lokalny przedsiębiorca budowlany Georg Reich.

Projektant i wykonawca: Budynek zaprojektowali architekci ze Stuttgartu: prof. Arno Lederer, Jórunn Ragnarsdóttir oraz Marc Oei (pracownia Lederer+Ragnarsdóttir+Oei). W realizacji inwestycji (m.in. dostosowaniu projektu do wymagań budownictwa pasywnego i certyfikacji) uczestniczyła także niemiecka pracownia Herz & Lang. Generalnym wykonawcą była firma Reisch-Bau Gbr.

Lokalizacja: Muzeum znajduje się centralnej części Ravensburgu, położonego w południowych Niemczech (w pobliżu granicy ze Szwajcarią).

Opis inwestycji: Lokalizacja w zabytkowej części miasta, kształt działki oraz nachylenie terenu to jedne z najważniejszych wyzwań, z jakimi musieli zmierzyć się architekci. Udało im się jednak stworzyć projekt, który jest dowodem na to, że współczesne budownictwo pasywne nie musi oznaczać pożegnania z tradycyjną estetyką. Nowo wybudowane muzeum idealnie „wtapia się” w średniowieczne centrum miasta, sprawiając wrażenie, jakby od zawsze było jego częścią.



Wnętrze holu głównego (fot. Wynrich Zlomke, źródło: Kunstmuseum Ravensburg)

W muzeum można podziwiać przede wszystkim dzieła sztuki współczesnej – głównie malarstwo oraz fotografię. Obecnie najważniejszą część zbiorów stanowi kolekcja należąca do miejscowych kolekcjonerów – Gudrun i Petera Selinki, prezentująca prace niemieckich ekspresjonistów i malarzy należących do założonej w 1948 r. awangardowej grupy artystycznej „Cobra”.



Sala wystawowa na drugim piętrze (fot. Wynrich Zlomke, źródło: Kunstmuseum Ravensburg)

Przestrzeń wystawowa (800 m<sup>2</sup>) została rozplanowana na trzech kondygnacjach budynku o całkowitej powierzchni ok. 1 900 m<sup>2</sup>. Na parterze dostępne są m.in. dzieła prezentujące spojrzenie różnych artystów na Ravensburg. Przestrzeń wystawową na pierwszym piętrze poświęcono wybranym (i zmieniającym się) częściom kolekcji Selinki, zaś na trzeciej kondygnacji organizowane są wystawy czasowe. Toalety, magazyn oraz pomieszczenia biurowe znajdują się w piwnicy budynku.

Prace związane z realizacją inwestycji rozpoczęły się w 2010 roku, a uroczyste otwarcie muzeum nastąpiło w marcu 2013 roku. Projekt został wyróżniony prestiżową niemiecką nagrodą (Deutscher Architekturpreis 2013). Muzeum uzyskało także certyfikat budynku pasywnego, przyznawany przez Instytut Budyneków Pasywnych w Darmstadt.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Budynek muzeum w Ravensburgu łączy zabytkowe elementy z najnowocześniejszymi rozwiązaniami, pozwalającymi znacząco obniżyć zapotrzebowanie na energię. Ponadczasowa fasada obiektu została wykonana z dwustuletnich cegieł odzyskanych ze zburzonego klasztoru w Belgii. Uwagę przyciąga także falista krawędź niezwyklego kolebkowego sklepienia dachu. Wykorzystanie ceglanej fasady wymagało od projektantów zastosowania specjalnej konstrukcji ścian, tak aby zminimalizować ryzyko tworzenia się mostków cieplnych. Gruba na 24 cm **izolacja z wełny mineralnej** została umieszczona pomiędzy betonową bryłą budynku a ścianą zewnętrzną. Wełnę wykorzystano także do izolacji dachu (warstwa 30 cm).



*Ceglana fasada budynku (fot. Wynrich Zlomke, źródło: Kunstmuseum Ravensburg)*



Kolejnym wyzwaniem dla pasywnego budynku była konieczność zaprojektowania **niewielkich okien**, ponieważ dzieła sztuki nie tolerują światła dziennego i najlepiej prezentują się w sztucznym oświetleniu. Ograniczało to co prawda zyski z energii słonecznej, jednak ten utracony potencjał udało się odzyskać w postaci ciepła, które wnoszą do budynku osoby odwiedzające muzeum. W budynku zastosowano energooszczędne oświetlenie LED. Stosunkowo nowym dla budownictwa pasywnego rozwiązaniem, zaaprobowanym przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt, są także **obrotowe drzwi wejściowe**.

Z uwagi na przeznaczenie budynku, istotnym elementem projektu było także utrzymywanie stałych warunków klimatycznych panujących w pomieszczeniach wystawowych (w tym przypadku powietrze o temperaturze 20°C i wilgotności 50% +/- 5%). W tym celu zastosowano **system wentylacji z odzyskiem ciepła i wilgoci**, który nie tylko zapewnia optymalne warunki dla wrażliwych dzieł sztuki, ale także przyjemny klimat dla odwiedzających.



*Energooszczędne oświetlenie jednej z sal wystawowych (fot. Wynrich Zlomke, źródło: Kunstmuseum Ravensburg)*

Do ogrzewania i chłodzenia budynku wykorzystywany jest **system kontroli temperatury w betonowym rdzeniu**, funkcjonujący dzięki rozprowadzeniu w stropach rur z wodą. System ten zapewnia delikatne ogrzewanie budynku w zimie i chłodzenie w lecie, jednak bez wyraźnych zmian temperatur. Dodatkowo powietrze może być ogrzewane lub chłodzone za pomocą **pompy ciepła z geotermalnymi sondami**. Zamiast tradycyjnej elektrycznej pompy ciepła zastosowano pompę gazową, dzięki czemu w lecie może ona pełnić funkcję chłodzącą.

Roczne zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania i wentylacji wynosi **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **122 kWh/m<sup>2</sup> rocznie**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Jak podaje portal DETAIL.de, z obliczeń przeprowadzonych przez firmę wykonawczą wynika, że pasywny standard budynku podniósł koszty budowy o 8-10%. Mimo że inwestor nie udziela szczegółowych informacji na ten temat, można oczekiwać, że inwestycja wkrótce się zwróci. Głównym argumentem, który przekonał miasto do budowy muzeum w standardzie pasywnym, były bowiem niższe koszty użytkowania budynku. Odkąd muzeum mieści się w budynku pasywnym, jego funkcjonowanie to koszt ok. 240 tysięcy euro rocznie dla miejskiego budżetu.



## Pasywny hotel „Bonapace” we Włoszech

W 2013 r. we włoskim miasteczku Torbole położonym nad jeziorem Garda otwarto hotel, który spełnia normy wyznaczone dla budynków pasywnych. Podobne projekty realizowano już w Niemczech czy w Austrii, jednak we Włoszech jest to pierwsza tego typu inwestycja.

źródło: [www.ecohotelbonapace.com](http://www.ecohotelbonapace.com)

Rodzaj inwestycji: Hotel w standardzie budynku pasywnego.

Inwestor: Właściciel hotelu.

Projektant i wykonawca: Hotel został zaprojektowany i zbudowany przez firmę Armalab.

Lokalizacja: Hotel znajduje się w niewielkiej miejscowości Torbole, położonej nad jeziorem Garda w północnej części Włoch.

Opis inwestycji: W maju 2013 roku rodzinna firma otworzyła niewielki, trzygwiazdkowy hotel, który spełnia wymagania stawiane budownictwu pasywnemu.

W budynku (o powierzchni grzewczej 464 m<sup>2</sup> – wg PHPP<sup>20</sup>) znajduje się 20 pokoi dwuosobowych (w niektórych pokojach znajdują się dodatkowe łóżka, więc mogą być odpowiednie także dla 3-4 osób). Każdy pokój posiada balkon. Na terenie hotelu znajduje się recepcja, bar, stanowisko z dostępem do Internetu, przechowalnia bagażu, samoobsługowa pralnia oraz strefa wypoczynku (m.in. słoneczny teras i jacuzzi). Na miejscu dostępny jest także parking, przechowalnia rowerów (wyposażona w zabezpieczenia i system monitoringu) oraz myjnia rowerowa.



*Taras stanowiący strefę wypoczynkową (źródło: [www.ecohotelbonapace.com](http://www.ecohotelbonapace.com))*

Postawienie budynku o niskim zapotrzebowaniu na energię było punktem wyjścia dla właścicieli hotelu, jednak wprowadzili oni także inne proekologiczne rozwiązania. Ogrzewanie i chłodzenie odbywa się z wykorzystaniem pompy ciepła, dodatkowo woda ogrzewana jest za pomocą kolektorów słonecznych. Jak zapewniają właściciele, cała energia elektryczna wykorzystywana w hotelu pochodzi wyłącznie ze źródeł odnawialnych. Aby dodatkowo zaoszczędzić wodę (a zatem i energię), w kranach zastosowano perlatory<sup>21</sup>. W hotelu stosowane są ekologiczne kosmetyki i przyjazne środowisku detergenty oraz papier biurowy pochodzący z recyklingu. Prowadzona jest także segregacja odpadów. Proekologiczne zasady były stosowane także przy wyborze wyposażenia (m.in. drewniane meble pokryte lakierem na bazie wody). W ofercie hotelu znajdują się także śniadania przygotowywane z lokalnych i ekologicznych produktów. Właściciele zapewniają, że w przyszłości planowane jest wprowadzenie dodatkowych rozwiązań, które ogranicząby wpływ inwestycji na środowisko. Obecnie pracują m.in. nad rozwiązaniem, które pozwoliłoby zrekomensować emisje CO<sub>2</sub> spowodowane dojazdem gości do hotelu.

<sup>20</sup> Program PHPP jest narzędziem służącym do projektowania budynków pasywnych, opracowanym przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt.

<sup>21</sup> Proste urządzenia (montowane w kranach lub prysznicach), które odpowiednio napowietrzają i regulują strumień wody, dzięki czemu zużycie wody zostaje ograniczone nawet o 70%.

Kilka tygodni po otwarciu hotel uzyskał certyfikat budynku pasywnego, przyznawany przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt.



*Pokoje gościnne (źródło: [www.ecohotelbonapace.com](http://www.ecohotelbonapace.com))*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Hotel został zaprojektowany z zastosowaniem zasad typowych dla budownictwa pasywnego. **Prosta i zwarta bryła** ogranicza straty ciepła, a **odpowiednia izolacja termiczna** niweluje powstawanie mostków termicznych<sup>3</sup>. Budynek z litego drewna z zewnętrzną izolacją i wykończeniem charakteryzuje się współczynnikiem przenikania ciepła (U) o wartości 0,11 W/m<sup>2</sup>K. Dla płaskiego dachu z kompozytową warstwą drewna i betonu współczynnik U wynosi 0,08 W/m<sup>2</sup>K. W budynku zastosowano **szczelne drewniane okna**, które minimalizują straty ciepła (w tym celu wykorzystano trójwarstwowe szklenie, gdzie przestrzeń między szybami wypełnione są argonem). Wszystkie okna zostały zaprojektowane tak, aby jak najlepiej wykorzystywać energię słoneczną w zimie. Dodatkowo wyposażono je w **system rolet**, który zapobiega przegrzaniu pomieszczeń w czasie lata.



*Otoczenie hotelu (źródło: [www.ecohotelbonapace.com](http://www.ecohotelbonapace.com))*

Tak jak w przypadku większości budynków pasywnych, pokoje są ogrzewane lub chłodzone powietrzem z wentylacji. Zastosowany **system wentylacji z odzyskiem ciepła** charakteryzuje się wysoką wydajnością i dociera do wszystkich pomieszczeń (działając niezwykle cicho). Zaopatrzenie w energię uzupełnia system ogrzewania energią słoneczną (próżniowe **kolektory słoneczne** o pow. 15 m<sup>2</sup> umieszczone na dachu) oraz gruntowa **pompa ciepła** typu woda-woda.

Wg obliczeń zgodnych z PHPP roczne zapotrzebowanie na energię ciepłą wynosi **13 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, zaś zapotrzebowanie na energię pierwotną **111 kWh/m<sup>2</sup>/rok** (ta ilość energii wystarcza na ogrzewanie budynku, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, pracę urządzeń elektrycznych i oświetlenie).

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Całkowity koszt inwestycji (obejmujący m.in. przygotowanie gruntu, materiały i usługi budowlane, budynki przyległe) wyniósł ok. 1,8 mln euro. Zdaniem inwestorów budowa hotelu w standardzie pasywnym podniosła koszty inwestycji o ok. 10%. Jednak zastosowanie nowoczesnych technologii pozwala właścicielom oszczędzać na kosztach utrzymania hotelu – roczne rachunki za energię (w hotelu nie jest używany gaz, a jedynie elektryczność) wynoszą ok. 15 tys. euro. Zdaniem inwestorów w porównaniu do standardowych budynków wznoszonych obecnie na terenie Włoch pasywny obiekt pozwala im zaoszczędzić rocznie ok. 55 tys. euro (zatem szacunkowy czas zwrotu inwestycji wynosi zaledwie 3,5 roku). Zdaniem właścicieli hotelu inwestycja w standard pasywny ma szansę zwrócić im się jeszcze szybciej, w ciągu zaledwie 2 lat. Jak przekonują, przyjazny środowisku hotel przyciąga więcej turystów i w porównaniu do tradycyjnych obiektów obserwują o ok. 15% wyższe obłożenie w ciągu roku.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Jak wyjaśniają inwestorzy, realizacja inwestycji przebiegła sprawnie i bez większych problemów, jednak ich zdaniem kluczem do sukcesu jest zlecenie budowy całego obiektu jednej firmie.



## Pasywny hotel w Wiedniu

Austriacki Boutique Hotel Stadthalle wyróżnia się m.in. urokliwym zielonym patio i dachem obsadzonym lawendą. Obiekt, wybudowany zgodnie ze standardem budynku pasywnego, to ponadto pierwszy miejski hotel na świecie o zerowym bilansie energetycznym – co oznacza, że wytwarza on tyle samo energii, ile zużywa. Budynek korzysta jedynie z odnawialnych źródeł energii, takich jak kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne i pompy ciepła.

źródło: Boutique Hotel Stadthalle

Rodzaj inwestycji: Hotel (nowo wybudowana część w standardzie budynku pasywnego).

Inwestor: Właścicielka hotelu, Michaela Reitterer.

Projektant i wykonawca: Pasywny budynek zaprojektował austriacki architekt Heinrich Trimmel. Generalnym wykonawcą była firma TB Ing. Heiling Ges.m.b.H.

Lokalizacja: Hotel położony jest w 15. okręgu Wiednia, pomiędzy stacją kolejową Westbahnhof a halą widowiskowo-sportową Wiener Stadthalle.

Opis inwestycji: Główny budynek hotelu (1920 m<sup>2</sup>) powstał ok. roku 1900 i został odnowiony podczas wznoszenia budynku pasywnego (1301 m<sup>2</sup>) w 2009 roku.



*Porośnięte roślinnością ściany budynku (źródło: [www.hotelstadthalle.at](http://www.hotelstadthalle.at))*

Trzygwiazdkowy hotel Boutique Hotel Stadthalle oferuje swoim gościom 80 pokoi, z których 42 mieszczą się w głównym, czteropiętrowym budynku. Każdy z tych pokoi charakteryzuje się wyjątkowym wystrojem. W nowym, pasywnym budynku do dyspozycji gości jest 38 pokoi zlokalizowanych na 5 kondygnacjach (w tym przypadku wszystkie pokoje zaprojektowano już w podobny sposób). Dwie części hotelu łączy przytulne lobby, wygodna sala śniadaniowa i piękny ogród. Wszystkie pokoje wyposażone są w łazienki.



*Wystroj hotelowego lobby i pokoi (źródło: [www.hotelstadthalle.at](http://www.hotelstadthalle.at))*

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Podstawą „zeroenergetycznego” hotelu jest **betonowa konstrukcja**, w którą wbudowane są rurociągi ułatwiające cyrkulację wody, chłodzenie i ogrzewanie całego budynku.

W budynku zastosowano **system wentylacji mechanicznej z rekuperacją**, pozwalający odzyskać 90% ciepła z powietrza usuwanego z budynku. Do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń służy przede wszystkim **pompa ciepła**, wykorzystująca wodę gruntową (zimna woda z pompy ciepła jest ponadto wykorzystywana do spłukiwania toalet).

Dzięki korzystaniu z odnawialnych źródeł energii hotel wytwarza obecnie tyle samo energii, ile zużywa. Energię elektryczną generuje **system paneli fotowoltaicznych** o

powierzchni 82 m<sup>2</sup>, umieszczony na południowej elewacji. W budynku zamontowano także **system kolektorów słonecznych** o powierzchni 130 m<sup>2</sup>, zapewniający ciepłą wodę użytkową (dla całego hotelu) oraz wykorzystywany do wstępnego ogrzewania powietrza na potrzeby wentylacji. Na pozwolenie na budowę czekają też trzy zaplanowane przydomowe turbiny wiatrowe.



*Panele fotowoltaiczne na południowej elewacji (źródło: [www.hotelstadthalle.at](http://www.hotelstadthalle.at))*

Kluczem do optymalizacji zużycia energii jest **system automatyki budynku**, umożliwiający pomiar i kontrolę warunków panujących w pomieszczeniach. Ponadto wszystkie pokoje w budynku pasywnym wyposażone są wyłącznie w **energooszczędne oświetlenie i diody LED**.

Istotnym elementem projektu jest także **zielony dach** (200 m<sup>2</sup> obsadzonych lawendą i różami), który poza funkcjami estetycznymi i przyrodniczymi, pozytywnie wpływa na mikroklimat znajdujących się pod nim pomieszczeń.





*Dach obsadzony lawendą (źródło: [www.hotelstadthalle.at](http://www.hotelstadthalle.at))*

W hotelu wprowadzono także szereg innych rozwiązań i zasad funkcjonowania, które ograniczają wpływ inwestycji na środowisko, takich jak:

- odzysk wody deszczowej do podlewania ogrodu i pola lawendowego (największego w Wiedniu) oraz spłukiwania toalet w pokojach,
- korzystne oferty dla gości podróżujących w sposób przyjazny środowisku (10% zniżka dla osób, które podróżują pociągiem lub rowerem),
- garaż dla rowerów ze stacjami ładowania rowerów elektrycznych (rowery można wynająć na miejscu),
- serwowanie żywności ekologicznej i lokalnych produktów,
- stosowanie biodegradowalnych środków czystości,
- segregacja odpadów i zapobieganie ich produkcji (w tym kompostowanie odpadów organicznych).

Zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania wynosi poniżej **15 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Produkcja energii w oparciu o odnawialne źródła wystarcza na zaspokojenie potrzeb związanych z funkcjonowaniem hotelu.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Inwestycja, zrealizowana dzięki dofinansowaniu z programu „Inteligentna Energia dla Europy”, kosztowała 5 mln euro (ok. 10% więcej w porównaniu do tradycyjnego budynku). Zdaniem inwestorki, „zielony” charakter hotelu jest istotnym czynnikiem wpływającym na jego imponujące 83% obłożenie w ciągu roku. Zastosowane w budynku nowoczesne technologie pozwalają oszczędzać na kosztach utrzymania. – Zazwyczaj w trzygwiazdkowym hotelu w Austrii koszty energii stanowią 6-7%. W naszym przypadku to tylko 2%, więc naprawdę oszczędzamy – podkreśla Michaela Reitterer, właścicielka hotelu. Przewidywany okres zwrotu inwestycji wynosi ok. 10 lat.



## Pasywne schronisko w Alpach

Górskie schronisko „Schiestlhaus”, wybudowane w standardzie pasywnym na wysokości ponad 2000 m n.p.m., to dowód na to, że taki rodzaj budownictwa sprawdza się nawet w ekstremalnych warunkach.

źródło: Pos architekten

Rodzaj inwestycji: Schronisko turystyczne w standardzie budynku pasywnego.

Inwestor: Austriacki Klub Turystyczny (ÖTK).

Projektant i wykonawca: Alpejskie schronisko zostało zaprojektowane przez pracownię architektoniczną Pos architekten, przy współpracy z biurem Treberspurg & Partner Architekten.

Lokalizacja: Schronisko „Schiestlhaus” znajduje się na zboczu góry Hochschwab w austriackich Alpach (w paśmie Północnych Alp Wapiennych), na wysokości 2154 m n.p.m.

Opis inwestycji: Nowoczesne schronisko zostało wybudowane w miejscu, w którym dotychczas funkcjonował obiekt prowadzony przez Austriacki Klub Turystyczny. Ponad 120 letni budynek był jednak w bardzo złym stanie, dlatego właściciel zdecydował się na wzniesienie nowego obiektu.

W oparciu o projekt badawczy prowadzony na Uniwersytecie Technicznym w Wiedniu przygotowano nowatorską koncepcję samowystarczalnego energetycznie schroniska górskiego. Otwarte w 2005 r. schronisko „Schiestlhaus” zapewnia 70 miejsc noclegowych. W budynku o powierzchni 626 m<sup>2</sup> przewidziano m.in. restaurację wraz z zapleczem kuchennym, pokoje gościnne oraz pomieszczenia techniczne.



*Odporny na ekstremalne warunki pogodowe budynek górskiego schroniska (źródło: ÖTK)*

Pasywne schronisko już na etapie projektu musiało spełniać skomplikowane wymagania stawiane obiektom zlokalizowanym w środowisku wysokogórskim. Położenie w terenie trudno dostępnym i wyjątkowo wrażliwym ekologicznie wymuszało na projektantach zastosowanie specjalistycznych rozwiązań. Budynek musiał być odporny na ekstremalne warunki pogodowe – silne podmuchy wiatru i opady śniegu. Do schroniska nie prowadzi żadna droga ani kolejka linowa, więc materiały budowlane dostarczano przy pomocy helikopterów. Brak wodociągu i kanalizacji oraz dostępu do sieci elektroenergetycznej wymagał zaś opracowania rozwiązań zapewniających samowystarczalność tego obiektu. Wysokogórskie położenie dało jednak doskonałe warunki do produkcji energii słonecznej. Szczególnym aspektem projektu była też dbałość o kwestie związane z pozbywaniem się odpadów i nieczystości. Ten obszar górski jest bowiem jednym z głównych źródeł zaopatrzenia w wodę dwóch bardzo dużych austriackich miast – Wiednia i Grazu, więc musi być wolny od wszelkiego typu zanieczyszczeń.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Od strony technicznej projekt spełnia standardy budownictwa pasywnego i został zaadaptowany do wysokogórskich warunków atmosferycznych i geologicznych. Z ekonomicznego punktu widzenia duże znaczenie miały zarówno logistyka, jak również waga materiałów budowlanych. Specjaliści pracujący nad projektem postawili na prostą konstrukcję z prefabrykowanymi elementami, dzięki czemu budowa i montaż nie wymagały dużo czasu.

Na główny materiał konstrukcyjny wybrano drewno, które najlepiej spełnia wymagania budowy w warunkach wysokogórskich. Solidne fundamenty budynku zostały wykonane w technologii masywnej, betonowej. Ściany konstrukcyjne składają

się ze specjalnych **prefabrykowanych elementów drewnianych**. Zgodnie ze standardami budynku pasywnego, **wszystkie przegrody zewnętrzne ocieplono** z wykorzystaniem najwyższej jakości materiałów, a połączenia pomiędzy poszczególnymi elementami dokładnie uszczelniono.

Lokalizacja na górze Hochschwab pozwoliła **zwrócić budynek w kierunku południowym** i maksymalnie wykorzystać promieniowanie słoneczne, które na tej wysokości jest wyjątkowo korzystne. Duże okna od strony południowej pozwalają ogrzać i doświetlić zaplanowane w tym miejscu pomieszczenia główne, czyli pokoje gościnne i restaurację. Od północy, wschodu i zachodu w ścianach znajdują się jedynie niewielkie przeszklenia, służące doświetleniu znajdujących się tam pomieszczeń technicznych i ciągów komunikacyjnych. W projekcie zastosowano **szczelne trzyszybowe okna** o współczynniku przenikania ciepła dla okna  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



*Przeszklenia od strony południowej (źródło: Pos architekten)*

Bardzo ważnym elementem projektu było opracowanie koncepcji zaopatrywania budynku w energię elektryczną i ciepłą. Ogrzewanie budynku postanowiono zapewnić głównie poprzez **odzysk ciepła z wentylacji** (wyposażonej w wymienniki ciepła o sprawności 85%). Dzięki doskonałej izolacji termicznej przegród zewnętrznych oraz kontrolowanej wentylacji z odzyskiem ciepła, pomieszczenia wspólne ogrzewane są podgrzany powietrzem z zewnątrz. Specjalny obrotowy wymiennik ciepła przekazuje większość ciepła i wilgoci z powietrza zużytego do powietrza nawiewanego. Dodatkowe grzejniki, zasilane ciepłem z kolektorów słonecznych, zaplanowano w pralni i suszarni. Przewidywana temperatura dla głównych pomieszczeń wspólnych została określona na podstawie ogólnie przyjętych wymagań dla komfortu cieplnego w granicach 20-26°C. Minimalna temperatura w

sypialniach, korytarzach i toaletach to 15°C, w suszarniach 20°C. W położonych w piwnicy magazynach temperatura nie powinna spadać poniżej zera ani przekraczać 10°C. Poza sezonem (kiedy schronisko nie funkcjonuje) w całym budynku powinny się utrzymywać temperatury dodatnie.

Zapotrzebowanie na ciepło pokrywają też **trzy zbiorniki buforowe** o łącznej pojemności 2 tys. litrów, zasilane w większości z **kolektorów słonecznych** o powierzchni 46 m<sup>2</sup>. Kolektory, zintegrowane z południową fasadą budynku, zapewniają 80% energii cieplnej wykorzystywanej w schronisku na różne cele: głównie przygotowanie ciepłej wody użytkowej, w mniejszym stopniu m.in. na dogrzanie obiektu. Ponadto w kuchni wymiennik ciepła połączono z dodatkowym **kotłem zasilanym drewnem**. Uzyskane w ten sposób ciepło służy do gotowania i zasilania zbiornika buforowego.

Z uwagi na to, że większa część południowej fasady została przeznaczona na kolektory słoneczne, **ogniwa fotowoltaiczne** o łącznej powierzchni 68 m<sup>2</sup> umieszczono na froncie tarasu (u podnóża budynku). Ta instalacja fotowoltaiczna o mocy 7,5 kWp pokrywa 60% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię elektryczną. Jako uzupełnienie zastosowano zasilany olejem rzepakowym **agregat kogeneracyjny**, który pokrywa pozostałą część zapotrzebowania na energię elektryczną (40%). Urządzenie to pełni także rolę awaryjnego źródła energii elektrycznej oraz ciepła.



*Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne zamontowane na budynku (źródło: Pos architekten)*

Ponieważ w pobliżu schroniska brak jest źródeł wody pitnej, obiekt korzysta w całości z wody opadowej magazynowanej w cysternie. Zbiornik o pojemności 34 m<sup>2</sup> znajduje się w zachodniej części piwnicy. Deszczówka po wstępnym oczyszczeniu trafia do

zbiornika na wodę pitną, a następnie jest przepuszczana przez szereg filtrów, poddawana sterylizacji w promieniach UV i w efekcie nadaje się do spożycia.

W związku z utrudnioną utylizacją odpadów, specjaliści zaangażowani w projekt opracowali specjalny system postępowania ze ściekami i odpadami. Ze względu na ograniczone zasoby wody oraz potrzebę minimalizowania ilości produkowanych ścieków, w obiekcie funkcjonują jedynie suche toalety. We wschodniej części piwnicy znajduje się wielostopniowa, w pełni biologiczna oczyszczalnia ścieków ze sterylizacją UV. Odpady gospodarcze usuwane są z tego terenu podczas regularnych lotów zaopatrzeniowych i utylizowane w innym miejscu.

Opisane wyżej rozwiązania pozwoliły ograniczyć zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania do poziomu **12,9 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Inwestycja została zrealizowana w ramach projektu „Haus der Zukunft” (Dom przyszłości) przy wsparciu austriackiego Federalnego Ministerstwa Transportu, Innowacji i Technologii. Koszt inwestycji wraz z rozbiórką dawnego budynku to ok. 1,67 mln euro.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Główne problemy związane z realizacją inwestycji wynikały z położenia w trudno dostępnym terenie górskim. Utrudniony był już sam transport materiałów budowlanych, które na miejsce budowy musiały zostać dostarczone za pomocą helikopterów.



## Pływalnia w standardzie budynku pasywnego w Niemczech

Pilotażowy projekt budowy miejskiej pływalni w standardzie pasywnym udowodnił, że tego typu budownictwo może znaleźć zastosowanie nawet w tak energochłonnych obiektach rekreacyjnych.

źródło: nps tchoban voss

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek użyteczności publicznej.

Inwestor: Bädergesellschaft Lünen, przedsiębiorstwo zajmujące się miejskimi kąpieliskami.

Projektant i wykonawca: Obiekt został zaprojektowany przez pracownię „nps tchoban voss” z Hamburga. W realizacji inwestycji uczestniczyło kilku wykonawców.

Lokalizacja: Pływalnia znajduje się w miejscowości Lünen, położonej w Westfalii na terenie zachodniej części Niemiec.

Opis inwestycji: Zlokalizowaną pod Dortmundem pływalnię „Lippe-Bad” tworzy nowo wybudowany obiekt zintegrowany ze zmodernizowanym do pasywnego standardu budynkiem dawnej miejskiej ciepłowni. W otrzymanym w ten sposób kompleksie rekreacyjnym (o powierzchni 5 000 m<sup>2</sup>) znajdują się dwa baseny pływakie o długości 25 m, mniejszy basen dla osób uczących się pływać oraz basen z cieplejszą wodą przeznaczony dla rodziców z najmłodszymi dziećmi.



*Baseny pływackie w pasywnym budynku (źródło: nps tchoban voss)*

Budowa pływalni rozpoczęła się w sierpniu 2009 roku, a po ok. 2 latach budynek został oddany do użytkowania.

Miejskie kąpieliska należą do grupy obiektów bardzo energochłonnych. Zakończone w 2013 roku analizy i pomiary zużycia energii przez budynek pływalni „Lippe-Bad” pokazały, jak duży potencjał możliwych do poczynienia oszczędności mają tego typu ośrodki. W budynku pasywnej pływalni odnotowano znaczne oszczędności zarówno co do zapotrzebowania na ciepło, jak i zużycia energii elektrycznej. W porównaniu do podobnych obiektów budowanych w tradycyjny sposób, pływalnia zużywa ok. 67% mniej energii cieplnej i 43% mniej energii elektrycznej.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: W ramach projektu nie tylko wzniesiono **nowy budynek pasywny**, ale także przeprowadzono **termomodernizację** pochodzącej z lat 60. XX w. ciepłowni miejskiej, która obecnie stanowi integralną część kompleksu rekreacyjnego.





Budynek pływalni „Lippe-Bad” (źródło: nps tchoban voss)

Z perspektywy osiągnięcia przez obiekt standardu pasywnego, szczególne znaczenie miała **bardzo dobrze wykonana i ocieplona powłoka budynku** oraz **zastosowanie wysokiej jakości oszklenia**. W ten sposób zapewniono wysoki komfort użytkownikom pływalni, a także uniknięto nadmiernej kondensacji pary wodnej, której nie brak w tego typu obiektach. Poprzez użycie optymalnej warstwy ocieplenia możliwe było podniesienie wilgotności powietrza bez ryzyka kondensacji wilgoci na fasadzie budynku. Z kolei optymalna wilgotność powietrza pozwala – dzięki obniżonemu parowaniu – ograniczyć zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku. Takie rozwiązanie jest również dużo bardziej higieniczne.

Budynek pływalni charakteryzuje się dość **prostą bryłą**, co zmniejsza ilość mostków cieplnych. Wszystkie przegrody zewnętrzne budynku zostały **odpowiednio ocieplone** (wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  dla takich elementów jak fundamenty, ściany czy stropy wynosi maksymalnie  $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Ponadto w budynku zamontowano **trzyzbykowe okna** o współczynniku przenikania ciepła  $U_w = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ważnym elementem projektu była także **optymalizacja powierzchni przeszkleń**. Zaplanowane w projekcie przestronne przeszklenia pozwalają w znacznym stopniu wykorzystać zyski słoneczne i jednocześnie ograniczają potrzebę stosowania sztucznego oświetlenia.

Koncepcja zaopatrywania budynku w energię opiera się na zasadzie zamkniętego obiegu energii i jej odzysku. Doprowadzenie powietrza do pomieszczeń zapewnia **system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**, który w zależności od potrzeb można dowolnie regulować. Ponadto w budynku zastosowano **wymienniki odzyskujące ciepło ze zużytej wody filtracyjnej**.



*Przestronne przeszklenia zastosowane w budynku (źródło: nps tchoban voss)*

Na dachu znajdują się **ogniwa fotowoltaiczne** o mocy 110 kW, które generują prawie 12% energii elektrycznej zużywanej przez budynek. Pozostała część energii elektrycznej i grzewczej dostarczana jest przez blok energetyczny (skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej) napędzany **biogazem**. W celu dalszego podniesienia sprawności systemu, podobnie jak ma to miejsce w kotłach kondensacyjnych, energię cieplną powstałą w wyniku kondensacji po spalaniu gazu wykorzystuje się do dogrzania wody w basenach. Ponadto, aby zagwarantować pełne pokrycie potrzeb energetycznych, budynek został podłączony do miejskiej sieci ciepłowniczej.



*Energooszczędne oświetlenie pływalni (źródło: nps tchoban voss)*

**Oświetlenie** pływalni dobrano w taki sposób, aby było jak **najbardziej efektywne energetycznie**. Oprócz tego zastosowano **energooszczędne urządzenia obsługujące baseny** oraz **nowoczesne wyposażenie części szatniowo-sanitarnej**.

Zużycie energii grzewczej w odniesieniu do całego obiektu wynosi **252,1 kWh/m<sup>2</sup>/rok** (z uwzględnieniem ciepła wykorzystywanego do ogrzewania pomieszczeń, przygotowywania ciepłej wody użytkowej oraz podgrzewania wody w basenach). Zapotrzebowanie obiektu na energię pierwotną wynosi **427 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa kompleksu kosztowała 11 500 000 euro i w porównaniu do podobnych obiektów budowanych w tradycyjny sposób była o ok. 17% droższa. Pilotażowa inwestycja uzyskała wsparcie Fundacji Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU<sup>22</sup>) w wysokości 125 000 euro na przeprowadzenie fazy projektowej.

Dzięki zastosowanym rozwiązaniom budynek przynosi około 193 000 euro oszczędności kosztów energii w skali roku. Inwestycja ma zatem szansę zwrócić się w ciągu ok. 10 lat.

Przeszkody w realizacji inwestycji i problemy podczas budowy: Jak wyjaśniają architekci, największe wyzwania wynikały z pilotażowego charakteru inwestycji, co wielokrotnie wymagało zastosowania dotychczas nieznanymi rozwiązań i odpowiedniej koordynacji prac prowadzonych przez różnych wykonawców. Przy tego rodzaju inwestycjach bardzo ważne jest także dopilnowanie, aby wszelkiego rodzaju prace były prowadzone bardzo starannie, a znalezienie firm oferujących tak wysoki standard wykonania wcale nie jest prostym zadaniem.

---

<sup>22</sup> Fundacja Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Niemiecka Fundacja Federalna Środowisko) została założona w roku 1991 decyzją Niemieckiego Parlamentu Federalnego w celu wspierania przedsięwzięć w dziedzinie ochrony środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem małych i średnich przedsiębiorstw.



## Pasywna siedziba duńskiego koncernu energetycznego

Syd Energi, duński koncern energetyczny, swoją nową centralę postanowił wybudować w standardzie pasywnym. Budynek przyciąga uwagę nie tylko oryginalną, nowoczesną architekturą. Zastosowanie systemów wykorzystujących alternatywne źródła energii, takich jak ciepło odpadowe ze znajdującej się w budynku serwerowni, sprawiło, że biurowiec jest niemal samowystarczalny energetycznie.

źródło: GPP Architects

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek biurowy.

Inwestor: Syd Energi (SE), duński koncern energetyczny.

Projektant i wykonawca: Budynek został zaprojektowany przez duńską pracownię GPP Architects. Budowę zajmowała się firma Hoffmann A/S (generalny wykonawca) wraz z partnerami: Esbensen Consulting Engineers (energia i instalacje), Sloth Møller Consulting Engineers (inżynieria budowlana) and Thing and Wainø (architektura krajobrazu).

Lokalizacja: Budynek położony jest na terenie Ebsjerg, portowego miasta w południowo-zachodniej części Danii.

Opis inwestycji: Nowa siedziba koncernu Syd Energi to jeden z największych na świecie budynków biurowych wzniesionych w standardzie pasywnym. W czteropiętrowym biurowcu (o powierzchni ok. 11000 m<sup>2</sup>) przewidziano stanowiska pracy dla ponad 420 osób.



*Otoczenie budynku (źródło: GPP Architects)*

Na uwagę z pewnością zasługuje owalna bryła budynku z asymetrycznym ścięciem najwyższego piętra. Jasne przeszklone wejście prowadzi prosto do przestronnego atrium, gdzie znajduje się system schodów i mostków łączący ze sobą rozmieszczone wokół pomieszczenia biurowe. Na parterze budynku zaplanowano recepcję połączoną z salonem wystawienniczym. Ważnym elementem projektu jest „zielony dach” – taras z ogrodem o powierzchni ok. 1000 m<sup>2</sup>, chroniony przed wiatrem aluminiową obręczą i przeszkleniami. Taras, z którego roztacza się piękny widok na całą okolicę, stanowi doskonałe miejsce do odpoczynku dla pracowników i gości odwiedzających budynek.



*Owalna bryła budynku (źródło: GPP Architects)*

Budowa biurowca trwała niemal 18 miesięcy. Oficjalne otwarcie, wraz z odebraniem certyfikatu przyznanego przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt, odbyło się

21 czerwca 2013 r. Projekt biurowca został ponadto wyróżniony nagrodą „Passive House Award 2014”.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Jednym z podstawowych wyzwań, jakie inwestor postawił przez architektami, było zaprojektowanie budynku w taki sposób, aby wszystkie stanowiska pracy miały zapewniony **dostęp do naturalnego światła**. W celu jak najlepszego wykorzystania światła dziennego w projekcie biurowca zaplanowano przeszkloną powierzchnię nad atrium oraz rzędy przestronnych okien umieszczonych naokoło budynku.



*Doświetlone wnętrze budynku (źródło: GPP Architects)*

Przed stratami ciepła chroni m.in. **odpowiednia izolacja termiczna** ścian zewnętrznych ( $U = 0,188 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), dachu ( $U = 0,083 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) i podłóg ( $U = 0,098 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). W projekcie wykorzystano także szczelne trzyszybowe okna wypełnione argonem (o współczynniku przenikania ciepła  $U_w = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Duże znaczenie z punktu widzenia bilansu energetycznego budynku ma **serwerownia** mieszcząca się w piwnicy. Korzystanie z serwerów zostało zoptymalizowane poprzez częściowe ich wyłączenie, co pozwoliło na zmniejszenie zużycia energii o 75%.

Ogrzewanie pomieszczeń oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej zapewnia przede wszystkim odzysk ciepła z serwerowni (**pompa ciepła** wykorzystująca zarówno ciepło odpadowe, jak i energię zmagazynowaną w gruncie). Chłodzenie budynku (w tym chłodzenie serwerowni) odbywa się dzięki zastosowaniu innowacyjnego systemu, łączącego działanie pompy i **gruntowego wymiennika ciepła** z rozwiązaniem pozwalającym na wykorzystanie darmowych pokładów chłodu zawartego w powietrzu zewnętrznym (tzw. **free-cooling**). Kluczowym elementem systemu grzewczo-chłodzącego, istotnym zarówno z perspektywy obniżenia zapotrzebowania na energię, jak i przesunięcia jej zużycia z okresu szczytowego na niższy, jest

zastosowanie aktywowanych termicznie systemów budowlanych (**TABS**). Technologia ta, wykorzystując masę termiczną budynku (płyt betonowych), skutecznie wyrównuje różnice temperatury w ciągu dnia spowodowane wewnętrznymi i zewnętrznymi ładunkami ciepła. Efekt samoregulacji masy termicznej dodatkowo wspomagany jest przez system rur z wodą chłodzącą lub grzewczą, wbudowanych w konstrukcję żelbetową. Woda pompowana przez rury sprawia, że przez strop emitowane jest ciepło lub chłód, dzięki czemu pomieszczenia są stale chłodzone lub ogrzewane.

Wentylacja pomieszczeń biurowych odbywa się z użyciem **systemu sterowanej wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła**. W atrium zastosowano hybrydowy system wentylacji (mechaniczna z odzyskiem ciepła w zimie i naturalna wentylacja w lecie).



*Taras znajdujący się na dachu budynku (źródło: GPP Architects)*

Ponadto na dachu budynku zamontowano **panele fotowoltaiczne** o powierzchni 1800 m<sup>2</sup>, zapewniające w skali roku około 247 tys. kWh energii elektrycznej. Dużo uwagi poświęcono także **energooszczędnemu oświetleniu i wyposażeniu biur** (w całym budynku zainstalowano jedynie 5 standardowych komputerów PC, zaś pozostałe stanowiska pracy wyposażono w energooszczędne komputery przenośne oraz nowoczesne monitory).

Zastosowanie wyżej opisanych rozwiązań pozwoliło ograniczyć zapotrzebowanie na energię do ogrzewania do **8,2 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, czyli poziomu znacznie niższego niż jest to wymagane w przypadku budynków pasywnych (15 kWh/m<sup>2</sup>/rok). Zapotrzebowanie na energię pierwotną samego budynku, wraz z chłodzeniem serwerowni, wynosi **87 kWh/m<sup>2</sup>/rok**. Kolejne 130 kWh/m<sup>2</sup>/rok zużywają serwery.

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Budowa obiektu (wraz z znajdującym się obok magazynem) kosztowała ok. 210 mln koron duńskich.

## Pasywny supermarket w Hanowerze

Niemiecki supermarket wybudowany w standardzie budynku pasywnego to dowód na to, że zapotrzebowanie na energię można obniżyć nawet przy ciągłej potrzebie chłodzenia i oświetlenia budynku.

Rodzaj inwestycji: Pasywny budynek usługowy.

Inwestor: Niemiecka sieć supermarketów REWE.

Projektant i wykonawca: Budynek zaprojektowali architekci z Hamburga – Spengler i Wiescholak. W opracowywaniu wymogów dotyczących efektywności energetycznej poszczególnych elementów uczestniczył m.in. Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt, Politechnika Federalna w Zurychu oraz Uniwersytet Technologiczny Chalmers w Göteborgu. Obiekt dla grupy REWE wybudowała firma Meravis Wohnungsbau- und Immobilien GmbH.

Lokalizacja: Budynek położony jest południowo-zachodniej części Hanoweru (dzielnica Wettbergen), na terenie Niemiec.

Opis inwestycji: Obiekt handlowy (o powierzchni użytkowej 1884 m<sup>2</sup>) znajduje się na terenie największego w Europie zeroemisyjnego osiedla – „zero:e park” w Hanowerze. Poza energooszczędnymi obiektami usługowymi zaplanowano w tym miejscu ponad 330 budynków mieszkalnych w standardzie pasywnym. Jednym z głównych założeń zeroenergetycznego osiedla jest pozyskiwanie energii niezbędnej do funkcjonowania pasywnych domów z pobliskiej elektrowni wodnej. Oprócz zerowej emisji CO<sub>2</sub>, osiedle zapewnia doskonałą jakość życia dzięki umiejętnie zaprojektowanym terenom zielonym i wzorowemu gospodarowaniu wodą.

Budowa supermarketu zakończyła się w listopadzie 2012 r. W lutym 2014 r. obiekt należący do grupy REWE uzyskał certyfikat budynku pasywnego i był to pierwszy supermarket w Niemczech wybudowany w tym standardzie.

Oprócz certyfikatu Instytutu Budynków Pasywnych w Darmstadt, supermarket otrzymał także certyfikat Niemieckiej Rady ds. Zrównoważonego Budownictwa (DGNB – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen). Certyfikat DGNB to krajowe wyróżnienie, które ustanowiono we współpracy z niemieckim ministerstwem transportu, budownictwa i rozwoju miast.

Zastosowane rozwiązania energooszczędne i technologie OZE: Niemiecki supermarket został wzniesiony w technologii **prefabrykowanego szkieletu drewnianego**. **Naturalne drewno** zostało wykorzystane także do wykonania estetycznej



fasady. Budynek charakteryzuje się **prostą bryłą**, co ma znaczenie z perspektywy minimalizowania ryzyka powstawania mostków termicznych.

Projekt pasywnego supermarketu pokazuje, jak ważne w zrównoważonym budownictwie jest przeznaczenie budynku i związane z nim wymagania. W przeciwieństwie do budynków mieszkaniowych, w supermarketach ogrzewanie ma stosunkowo niewielki wpływ na bilans energetyczny budynku. W tego typu obiektach około 60% zużycia energii wiąże się z chłodzeniem, a kolejne 20% z oświetleniem – w związku z czym to w tych obszarach leży największy potencjał oszczędności energii.

Całe wyposażenie sklepu wybrano metodą „top-runner”– zainstalowano tylko **urządzenia o najwyższych parametrach efektywności energetycznej**. Przykładowo zastosowane w projekcie **energooszczędne oświetlenie** zużywa o połowę mniej energii, zapewniając ten sam efekt, co źródła światła stosowane zazwyczaj w supermarketach.

Szczególną uwagę poświęcono także **sklepowym chłodniom**, wybierając jedynie sprzęty wysokiej jakości, które nie tylko ograniczają zużycie energii, ale wpływają także na warunki hydrotermiczne w obiekcie, zmniejszając ryzyko powstawania grzybów i pleśni. Są wśród nich zupełnie nowe modele, stworzone specjalnie na potrzeby marketu.

Wymianę powietrza w budynku zapewnia **wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła**. Supermarket nie posiada tradycyjnego systemu ogrzewania. Zapotrzebowanie na ciepło pokrywa w większości **odzysk ciepła z systemu chłodniczego**. Jedynie w bardzo chłodne dni, kiedy ciepło odpadowe nie wystarcza, budynek korzysta z zewnętrznej **powietrznej pompy ciepła**. W lecie nadmiar ciepła można skutecznie odprowadzić z budynku, bez przegrzewania wnętrza sklepu.

Integralną częścią projektu jest także **odpowiednia izolacja termiczna** przegród zewnętrznych, która gwarantuje szczelność obiektu, dzięki czemu ciepło odpadowe wytwarzane przez układ chłodniczy może być wykorzystane do zaspokojenia potrzeb grzewczych.

W markecie zainstalowano niemal **200 czujników**, które pozwalają dokładnie monitorować jego funkcjonowanie. Ponadto budynek jest wyposażony w **system wykorzystujący lokalną prognozę pogody**, pozwalający przewidzieć przyszłe zapotrzebowanie na energię na podstawie podobnych warunków zewnętrznych.

Wyżej opisane rozwiązania pozwoliły ograniczyć zapotrzebowanie na energię do ogrzewania do **12 kWh/m<sup>2</sup>/rok**, czyli poziomu niższego, niż jest to wymagane w przypadku budynków pasywnych (15 kWh/m<sup>2</sup>/rok).

Koszty wykonania, koszty eksploatacji oraz przewidywany okres zwrotu inwestycji: Realizację tego pilotażowego projektu umożliwiło dofinansowanie z hanowerskiego funduszu „ProKlima” w wysokości 131 tys. euro. Szczelna izolacja budynku, wysokiej klasy energetycznej sprzęt oraz nowoczesne systemy zastosowane w obiekcie obniżyły zużycie energii o 30% w porównaniu do zwykłych supermarketów.



INSTYTUT  
NA RZECZ  
EKOROZWOJU

ul. Nabelaka 15 lok. 1  
00-743 Warszawa  
tel. +48 +22 851 04 02, -03, -04  
fax +48 +22 851 04 00  
e-mail: [ine@ine-isd.org.pl](mailto:ine@ine-isd.org.pl)