

mgr inż. Marcin Idczak*

Ogólna koncepcja budynku pasywnego

Budownictwo pasywne jest jedną z najbardziej zaawansowanych form budownictwa energooszczędnego, cieszącą się obecnie coraz większą popularnością. Jest to z pewnością efektem coraz większej świadomości ekologicznej inwestorów oraz pochodną rosnących kosztów eksploatacyjnych. Budowa budynku pasywnego o sezonowym zapotrzebowaniu na ciepło nieprzekraczającym $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ staje się z roku na rok coraz bardziej opłacalna.

Budowa budynku pasywnego nie jest zadaniem łatwym i wymaga odpowiedniej staranności wykonawców, zastosowania najwyższej jakości materiałów budowlanych oraz systemów energetycznych. Szalenie ważny jest również proces projektowania oraz odpowiednie wkomponowanie budynku w otoczenie z efektywnym wykorzystaniem lokalnych warunków na potrzeby energetyczne. Projektowanie budynku pasywnego jest zagadnieniem interdyscyplinarnym. Konieczne jest zaangażowanie grupy doświadczonych specjalistów, składającej się z architekta, projektanta instalacji wewnętrznych oraz specjalisty energetycznego.

W artykule omówiono podstawowe zagadnienia, które należy rozważyć przy opracowywaniu optymalnej, w warunkach danej lokalizacji, ogólnej koncepcji budynku pasywnego na wstępnym etapie projektowania.

Kształt budynku

Straty ciepła budynku są wprost proporcjonalne do powierzchni jego przegród zewnętrznych. Projektant powinien więc dążyć do tego, by współczynnik kształtu budynku A/V (stosunek powierzchni przegród zewnętrznych do kubatury) był jak najmniejszy. Oznacza to, że bryła budynku musi być jak najbardziej zwarta, zbliżona kształtem do kuli bądź sześcianu, brył charakteryzujących się jak najmniej-

szym współczynnikiem A/V. W praktyce architekt powinien unikać stosowania konstrukcji ścian, a w szczególności dachu budynku o bardzo złożonym kształcie (dach wielospadowy, wykusze itp.). Budynek pasywny powinien mieć atrakcyjny wygląd, a równie istotne jest spełnienie oczekiwań inwestora w zakresie komfortu i funkcjonalności wnętrza. Zadaniem architekta jest pogodzenie tych kwestii.

Pierwsze budynki pasywne, które powstawały w Niemczech na początku lat dziewięćdziesiątych, miały kształt oraz architekturę ściśle podporządkowane wymaganiom energetycznym. W efekcie ich estetyka pozostawiała wiele do życzenia. Przykładem może być pierwszy budynek pasywny skonstruowany w 1991 r. w Darmstadt-Kranichstein (fotografia 1).



Fot. 1. Pierwszy budynek pasywny w Darmstadt-Kranichstein (źródło: Passivhaus Institut, Darmstadt)

Obecnie powszechnie dostępne są materiały izolacyjne oraz urządzenia, przeznaczone do budynków pasywnych, charakteryzujące się znacznie lepszymi parametrami technicznymi. Możliwe jest więc projektowanie domów pasywnych o atrakcyjnej architekturze. Przykładem jest współcześnie skonstruowany jednorodzinny budynek pasywny w Munster (fotografia 2). Jego projekt architektoniczny charakteryzuje się prostą konstrukcją

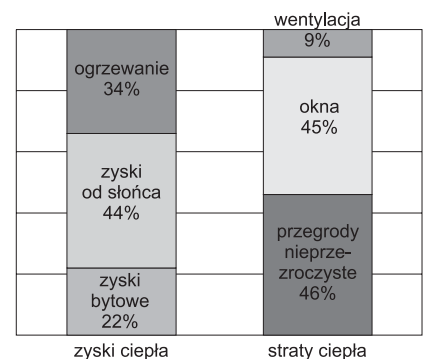


Fot. 2. Budynek pasywny w Munster (źródło: www.europassivhaus.de)

o zwartym kształcie, a jednocześnie dużymi walorami estetycznymi, nawiązującymi do niemieckiej tradycji budowlanej.

Bilans energetyczny budynku pasywnego

Bardzo niskie zapotrzebowanie na ciepło sprawia, że zyski ciepła od słońca odgrywają bardzo ważną rolę w bilansie energetycznym budynku pasywnego. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki obliczeń energetycznych jednorodzinne budynek pasywnego, który powstaje obecnie w okolicach Wrocławia, wykonanych przez Instytut Budynków Pasywnych w Warszawie. Zyski ciepła od promieniowania słonecznego, docierające do wnętrza budynku przez okna, pokrywają w tym przypadku aż 44% sezonowego zapotrzebowania na ciepło. Jest więc oczywiste, iż aby spełnienie wymagań energetycznych stawianych budynkowi pasywnemu było możliwe,



Rys. 1. Bilans energetyczny budynku pasywnego

* Instytut Budynków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii S.A.

projekt architektoniczny musi gwarantować pozyskanie odpowiedniej ilości energii z promieniowania słonecznego i jej efektywne wykorzystanie.

Pasywne pozyskiwanie promieniowania słonecznego

Istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych umożliwiających efektywne pozyskiwanie promieniowania słonecznego w sposób pasywny, przy czym rozróżnia się systemy pośredniego oraz bezpośredniego pozyskiwania ciepła z promieniowania słonecznego. W systemach pośrednich słoneczne zyski ciepła są pozyskiwane w części budynku (szklana weranda, atrium) i gromadzone w masowym elemencie akumulacyjnym (ściana Trombe, strop zmiennofazowy, dachowy zbiornik wodny itd.). Następnie ciepło jest rozprowadzane po budynku drogą przewodzenia i konwekcji.

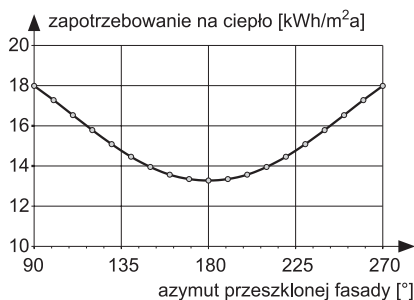
W budynkach pasywnych najczęściej stosowany jest bezpośredni system pasywnego pozyskiwania zysków słonecznych. Polega on na bezpośrednim wykorzystaniu zysków ciepła od słońca pozyskanych przez odpowiednio zamontowane okna o dużej powierzchni, do ogrzania powietrza oraz powierzchni budynku. W celu efektywnego działania systemu bezpośredniego niezbędna jest odpowiednio wysoka akumulacyjność cieplna przegród oraz stropów budynku.

Straty ciepła przez przenikanie przez 1 m² okna na każdej z fasad mają taką samą wartość, natomiast solarne zyski ciepła są mocno uzależnione od orientacji okna. Prowadzone badania dowiodły, że jedynie okna usytuowane od strony południowej oraz południowo-wschodniej i południowo-zachodniej mogą mieć pozytywny bilans energetyczny. Największa ilość energii z promieniowania słonecznego przypada na kierunek południowy, dlatego też w budownictwie pasywnym stosuje się fasady południowe z dużymi powierzchniami przeszkleń w celu maksymalnego pozyskania zysków ciepła od słońca („otwarta” fasada południowa), natomiast unika się stosowania przeszkleń na pozostałych fasadach budynku, w szczególności od strony północnej.

Choć przeszklenia na pozostałych fasadach będą miały ujemny bilans energetyczny w sezonie grzewczym,

przy projektowaniu budynku nie należy zapominać o zapewnieniu dostępu światła dziennego i walorach estetycznych oraz użytkowych okien. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. dotyczącym warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, w pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien liczonej w świetle ościeżnic do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8.

Orientacja budynku wzdłuż osi wschód-zachód jest niezwykle ważna. Nawet nieznaczne odchylenie fasady przeszklonej od kierunku południowego może prowadzić do niekorzystnej zmiany bilansu energetycznego budynku. Rysunek 2 przedstawia wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla budynku, odniesione



Rys. 2. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło, odniesione do powierzchni użytkowej, dla budynku pasywnego we Wrocławiu, jako funkcja azymutu przeszklonej fasady

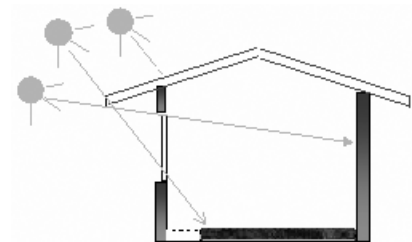
do powierzchni użytkowej, jako funkcję azymutu przeszklonej fasady. Obliczenia przeprowadzono dla budynku pasywnego powstającego obecnie we Wrocławiu. Powierzchnia okien na fasadzie przeszklonej S wynosi w tym przypadku 26,2 m². Powierzchnia okien na pozostałych fasadach wynosi odpowiednio: E – 4,5 m², W – 4,60 m², N – 6,24 m². Przy optymalnym azymucie fasady przeszklonej wynoszącym 180°, zapotrzebowanie na ciepło wynosi 13,28 kWh/m²a, natomiast przy odchyleniu osi budynku o ok. 50° od osi wyznaczającej kierunek wschód-zachód zapotrzebowanie na ciepło przekracza 15 kWh/m²a, co powoduje niedotrzymanie standardu sezonowego zużycia ciepła w budynku pasywnym.

Rozważmy jeszcze usytuowanie tego samego budynku na działce silnie porośniętej wysokimi drzewami. Można przyjąć, że drzewa ograniczą w tym

przypadku strumień promieniowania słonecznego docierającego do budynku o 50%. W rezultacie, przy optymalnej orientacji budynku w osi wschód-zachód, sezonowe zapotrzebowanie na ciepło wyniesie aż 24,44 kWh/m²a. Orientacja budynku na działce oraz warunki zacienienia na niej panujące mają więc bardzo duży wpływ na bilans energetyczny budynku i muszą być uwzględnione przez projektanta.

Konstrukcja budynku pasywnego sprzyja pozyskiwaniu zysków słonecznych, co jest bardzo korzystne z energetycznego punktu widzenia w sezonie grzewczym. W lecie natomiast nadmierne zyski ciepła mogą doprowadzić do przegrzewania pomieszczeń, dlatego też niezbędnym elementem architektury budynku pasywnego są okapy ograniczające nadmierną penetrację promieniowania słonecznego do wnętrza budynku (rysunek 3). Odpowiednio zaprojektowane okapy okienne zatrzymają promieniowanie słoneczne w lecie, gdy słońce znajduje się wysoko na nieboskłonie. Zimą wysunięty okap nie stanowi bariery dla promieniowania słonecznego, gdyż słońce porusza się nisko nad horyzontem.

Koncepcja budynku pasywnego musi także uwzględniać wymaganą wysoką akumulacyjność przegród oraz stropów budynku. Im większa będzie zdolność budynku do magazynowania ciepła, tym efektywniej będą wykorzystywa-



Rys. 3. Okapy – nieodłączny element architektury słonecznej

ne zyski ciepła. Niedostateczna masa akumulacyjna budynku spowoduje, że w lecie dużo częściej będzie dochodzić do przegrzewania pomieszczeń. Wysoka bezwładność cieplna wpływa na wyrównanie wahań temperatury w budynku, co gwarantuje komfort jego mieszkańcom.

Lokalne uwarunkowania

Projektując budynek pasywny, należy wziąć pod uwagę lokalne uwarunkowania, takie jak obecność drzew, zbiorni-

ków wodnych czy też ukształtowanie terenu. Dokładna analiza panujących na działce budowlanej warunków umożliwi efektywne wykorzystanie potencjalnych możliwości oraz uniknięcie niekorzystnych w danym przypadku decyzji inwestycyjnych. Rozwiązaniem umożliwiającym odniesienie pewnych korzyści energetycznych oraz podniesienie komfortu użytkowania budynku jest odpowiedni projekt zieleni. Zasadzenie od strony południowej drzew liściastych może być korzystne latem, gdyż daje zacienienie, ogranicza zyski ciepła od słońca i przegrzewanie pomieszczeń. Zimą, po opadnięciu liści, penetracja promieni słonecznych do budynku nie będzie przez drzewa utrudniana. Równie korzystne jest wykorzystanie pnączy na południowej fasadzie budynku. Dają one zacienienie latem, a jednocześnie schładzają otaczające powietrze (odbieranie ciepła w wyniku transpiracji). Od strony północnej powinny znaleźć się drzewa iglaste, zapewniające osłonięcie od wiatru niezależnie od pory roku. Wiatr o nadmiernej prędkości będzie odpowiadał za zwiększone straty ciepła przez infiltrację powietrza do budynku, a także powodował zwiększenie współczynnika przejmowania ciepła na zewnątrz powierzchni budynku. Przykładem budynku energooszczędnego z bardzo interesującym projektem zieleni jest siedziba DBU w Osnabrück, przedstawiona na fotografii 3.

W celu zmniejszenia zapotrzebowania na energię pierwotną, w budynku pasywnym znajdują zastosowanie odnawialne źródła energii, takie jak kolektory słoneczne, pompy ciepła, gruntowe wymienniki ciepła. By najefektywniej wykorzystywać potencjał odnawialnych źródeł energii, konieczne jest ich odpowiednie wkomponowanie w projekt architektoniczny budynku, a także uwzględnienie specyfiki lokalizacji. Do optymalnej pracy instalacji solarnej konieczna jest niezacieniona powierzch-



Fot. 3. Siedziba DBU w Osnabrück (źródło: www.iemss.org)

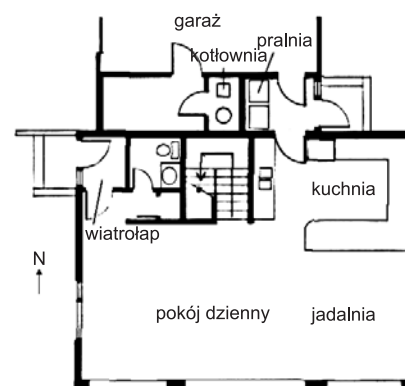
nia dachu bądź działki budowlanej, umożliwiająca montaż kolektorów zwróconych kierunku południowym pod odpowiednim kątem nachylenia do poziomu (30 – 50°). Pompa ciepła będzie pracować najefektywniej, gdy odpowiednio zaprojektowane zostanie dolne źródło ciepła. Najbardziej wydajnym dolnym źródłem ciepła są wody powierzchniowe bądź gruntowe. Mogą być one wielką zaletą danej lokalizacji. Należy jednak pamiętać, iż wykorzystanie wód powierzchniowych bądź gruntowych jako źródła ciepła jest regulowane ustawą Prawo wodne z 24 października 1974 r. i może wymagać uzyskania pozwolenia wodnoprawnego.

Kolejnym rozwiązaniem, które należy rozważyć na etapie projektowym, jest wykorzystanie gruntowego wymiennika ciepła do wstępnego podgrzewania powietrza wentylacyjnego. Takie rozwiązanie jest korzystne, ponieważ odpowiednio zaprojektowany gruntowy wymiennik ciepła zapobiega szronieniu rekuperatora i zapewnia temperaturę powietrza nawiewanego powyżej 0 °C, nawet przy ekstremalnie niskiej temperaturze zewnętrznej; ponadto gwarantuje zysk energetyczny. Latem gruntowy wymiennik ciepła umożliwia schładzanie nawiewanego powietrza. Jego instalacja wymaga jednak odpowiedniej powierzchni działki. Ukształtowanie powierzchni działki może być również korzystne energetycznie. Dobrym przykładem jest zagłębienie północnej części budynku w zboczu skarpy. Temperatura wewnątrz gruntu jest na głębokości 1,5 m stała w ciągu roku i wynosi ok. 10 °C. Rozwiązanie to pozwoli ograniczyć straty ciepła przez przenikanie w ziemię, a także zapewnić złagodzenie temperatury wewnętrznej pomieszczeń w okresie letnim.

Rozmieszczenie pomieszczeń

Koncepcja budynku pasywnego musi uwzględniać odpowiednie, z energetycznego punktu widzenia, rozmieszczenie pomieszczeń. W budynku będą znajdowały się pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi, takie jak: pokój dzienny; kuchnia; jadalnia; sypialnie, oraz pomieszczenia gospodarcze: garderoba; ciągi komunikacyjne; przedsionki; schowki; garaż; kotłownia. Zwykle w pomieszczeniach gospodarczych wymagana jest nieco niższa temperatura powietrza we-

wnętrznego, dlatego najkorzystniej jest zlokalizować te pomieszczenia w północnej części budynku, tak by stanowiły dodatkowy bufor cieplny. Pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi należy lokalizować w południowej części budynku. Warunki komfortu cieplnego muszą tu być zachowane. Temperatura powietrza będzie utrzymywana zgodnie z wymaganiami na poziomie 20 °C w pokojach oraz 25 °C w łazienkach. Jednocześnie zyski ciepła od słońca pozyskiwane przez przeszkloną powierzchnię południowej fasady, zyski od urządzeń elektrycznych oraz od ludzi będą tu bezpośrednio wykorzystywane (rysunek 4).



Rys. 4. Rozmieszczenie pomieszczeń w budynku pasywnym

Aby ograniczyć straty ciepła, garaż (często wraz z innymi pomieszczeniami gospodarczymi) jest izolowany cieplnie od reszty budynku, a jego konstrukcja powinna być oparta o niezależne ściany nośne. Temperatura powietrza wewnątrz w garażu wynosi zwykle ok. 5 °C. W przypadku niewystarczającego zaizolowania ścian straty przez przenikanie ciepła z budynku do garażu mogą więc osiągać znaczne wartości.

Jedynie kompleksowe planowanie budynku pasywnego z uwzględnieniem szeregu istotnych z energetycznego punktu widzenia szczegółów może doprowadzić do ostatecznego sukcesu – spełnienia kryterium energetycznego. Każda inwestycja tego typu musi być traktowana indywidualnie, a obliczenia energetyczne wykonywane w oparciu o dane odpowiadające rzeczywistym warunkom lokalizacji budynku. Staranne przygotowanie ogólnej koncepcji budynku pasywnego umożliwi podjęcie odpowiednich decyzji inwestycyjnych i uniknięcie błędów na etapie projektowym.