

# Ogólna koncepcja budynku pasywnego

*Marcin Idczak*

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

*ul. Filtrowa 1, 00-611 Warszawa*

*www.ibp.com.pl*

## **Wstęp**

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

Niniejszy artykuł omawia podstawowe kwestie, które należy rozważyć przy opracowywaniu optymalnej w warunkach danej lokalizacji ogólnej koncepcji budynku pasywnego na wstępnym etapie projektowania.

## **1. 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 jego kubatury był jak najmniejszy. Oznacza to, że bryła budynku powinna być jak najbardziej zwarta, zbliżona kształtem do kuli, bądź sześcianu, brył charakteryzujących się najmniejszym 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 wewnątrz. Zadaniem architekta jest pogodzenie tych kwestii.

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



*Rysunek 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 współcześnie skonstruowanego budynku pasywnego jest budynek jednorodzinny w Munster (rysunek 2). Jego projekt architektoniczny charakteryzuje się prostą konstrukcją o zwartym kształcie, posiadając przy tym duże walory estetyczne nawiązujące do niemieckiej tradycji budowlanej.

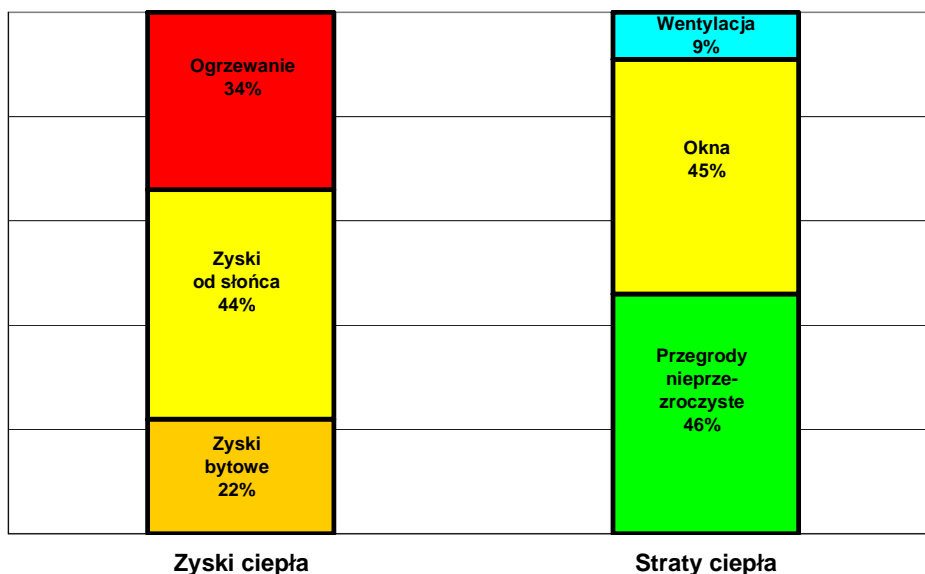


*Rysunek 2. Budynek pasywny w Munster (źródło: [www.europassivhaus.de](http://www.europassivhaus.de)).*

## **2. Bilans energetyczny budynku pasywnego**

Bardzo niskie zapotrzebowanie na ciepło sprawia, że zyski ciepła od słońca odgrywają bardzo ważną rolę w bilansie energetycznym budynku pasywnego. Poniższy wykres (rysunek 3) przedstawia wyniki obliczeń energetycznych wykonanych przez Instytut Budynków Pasywnych w Warszawie dla jednorodzinnego budynku pasywnego, który powstaje obecnie w okolicach

Wrocławia. Zyski ciepła od promieniowania słonecznego docierające do wnętrza budynku przez okna, pokrywają w tym przypadku aż 44 % sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla budynku. Jest więc oczywiste, iż aby spełnienie wymagań energetycznych stawianych budynkowi pasywnemu było możliwe, projekt architektoniczny musi gwarantować pozyskanie odpowiedniej ilości energii z promieniowania słonecznego i jej efektywne wykorzystanie.



Rysunek 3. Bilans energetyczny budynku pasywnego.

### 3. Pasywne pozyskiwanie promieniowania słonecznego w budynkach pasywnych

Stosowany jest szereg rozwiązań konstrukcyjnych umożliwiających efektywne pozyskiwanie promieniowania słonecznego w sposób pasywny, przy czym rozróżnia się głównie 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 masywnym elemencie akumulacyjnym (ściana Trombe, strop zmiennofazowy, dachowy zbiornik wodny, etc.). Następnie ciepło jest rozprowadzane po budynku drogą przewodzenia i konwekcji (Carter, de Viliers 1987).

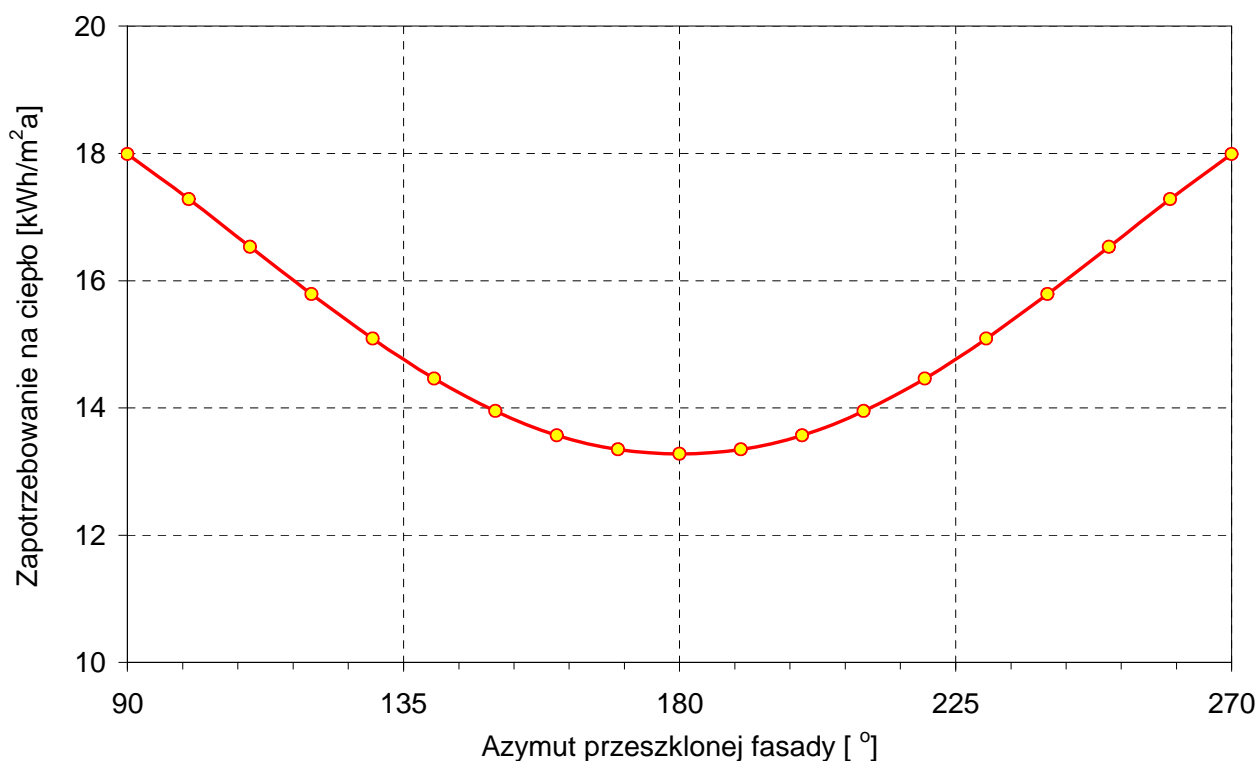
W budynkach pasywnych najczęściej stosowany jest bezpośredni system pasywnego pozyskiwania zysków słonecznych. Polega on na bezpośrednim wykorzystaniu zysków ciepła od słońca pozyskanych przez odpowiednio zorientowane okna o dużej powierzchni, do ogrzania powietrza oraz powierzchni budynku. Dla efektywnego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

Straty ciepła przez przenikanie przez 1 m<sup>2</sup> 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 w miarę możliwości stosowania przeszkleń na pozostałych fasadach budynku, w szczególności od strony północnej (Idczak, Firląg, 2006).

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 dnia 12 kwietnia 2002 roku 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. Ilustruje to rysunek 4. Wykres przedstawia wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla budynku odniesione 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  $26,2 \text{ m}^2$ . Powierzchnia okien na pozostałych fasadach wynosi odpowiednio: E –  $4,5 \text{ m}^2$ , W –  $4,60 \text{ m}^2$ , N –  $6,24 \text{ m}^2$ . Przy optymalnym azymucie fasady przeszklonej wynoszącym  $180^\circ$ , zapotrzebowanie na ciepło wynosi  $13,28 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Już przy odchyleniu osi budynku o około  $50^\circ$  od osi wyznaczającej kierunek wschód-zachód, zapotrzebowanie na ciepło przekracza  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , co powoduje niedotrzymanie standardu sezonowego zużycia ciepła w budynku pasywnym.

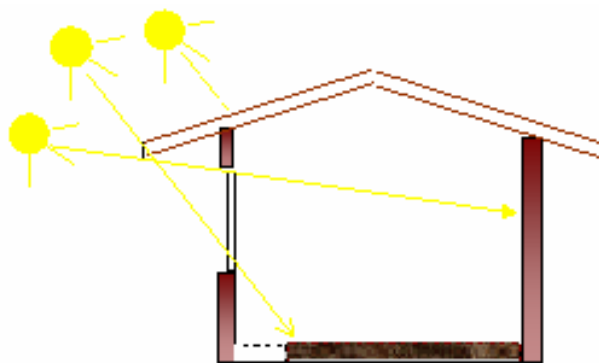


Rysunek 4. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło odniesione do powierzchni użytkowej dla budynku pasywnego we Wrocławiu jako funkcja azymutu przeszklonej fasady.

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 dla optymalnej orientacji budynku w osi wschód-zachód sezonowe zapotrzebowanie na ciepło wyniesie aż  $24,44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Podsumowując należy zwrócić uwagę, że odpowiednia orientacja budynku na działce oraz warunki zacienienia na niej panujące mają bardzo duży wpływ na bilans energetyczny budynku. Muszą więc 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 niezbędnym elementem architektury budynku pasywnego są okapy ograniczające nadmierną penetrację promieniowania słonecznego do wnętrza budynku (rysunek 5). 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.



Rysunek 5. Okapy – nieodłączny element architektury słonecznej.

Koncepcja budynku pasywnego musi także uwzględniać wymaganą wysoką akumulacyjność przegród oraz stropów budynku. Im wyższa będzie zdolność budynku do magazynowania ciepła, tym wyższa będzie efektywność wykorzystania zysków ciepła. Niedostateczna masa akumulacyjna budynku spowoduje, że w lecie dużo częściej będzie dochodzić do przegrzewania pomieszczeń. Wysoka bezwładność cieplna wpływa na wyrównanie profilu wahań temperatury w budynku, co gwarantuje komfort mieszkańcom budynku.

#### 4. Lokalne uwarunkowania

Projektując budynek pasywny należy wziąć pod uwagę lokalne uwarunkowania takie jak obecność drzew, zbiorników 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 użytkownika budynku jest odpowiedni projekt zieleni. Zasadzenie od strony południowej drzew liściastych może być korzystne latem, dając zacienienie i ograniczając zyski ciepła od słońca i przegrzewanie pomieszczeń. Zimą, po zgubieniu liści penetracja promieni słonecznych do budynku nie będzie przez drzewa utrudniana. Równie korzystne jest wykorzystanie pnączy na południowej fasadzie budynku. Dają one zacienienie latem, schładzając jednocześnie otaczające powietrze (odbieranie ciepła w wyniku transpiracji). Od strony północnej powinny znaleźć się drzewa iglaste dające 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 zewnętrznej powierzchni budynku. Przykładem budynku energooszczędnego z bardzo interesującym projektem zieleni jest siedziba DBU w Osnabruck przedstawiona na rysunku 5.



*Rysunek 5. Siedziba DBU w Osnabrück (źródło: [www.iemss.org](http://www.iemss.org)).*

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 wykorzystać potencjał odnawialnych źródeł energii, konieczne jest ich odpowiednie wkomponowanie w projekt architektoniczny budynku, a także uwzględnienie specyfiki lokalizacji.

Dla optymalnej pracy instalacji solarnej, konieczna jest niezacieniona powierzchnia dachu, bądź działki budowlanej umożliwiająca montaż kolektorów zwróconych kierunku południowym pod odpowiednim kątem nachylenia do poziomu (od 30° do 50°).

Pompa ciepła będzie pracować najefektywniej, gdy odpowiednio zaprojektowane zostanie dolne źródło ciepła. Najbardziej wydajnym dolnym źródłem ciepła są wody powierzchniowe, bądź gruntowe. Rozważenie możliwości ich wykorzystania może być wielką zaletą danej lokalizacji. Należy jednak pamiętać, iż wykorzystanie wód powierzchniowych, bądź gruntowych jako źródła ciepła jest regulowane ustawą „Prawo wodne” z dnia 24 października 1974 roku i może wymagać uzyskania pozwolenia wodnoprawnego.

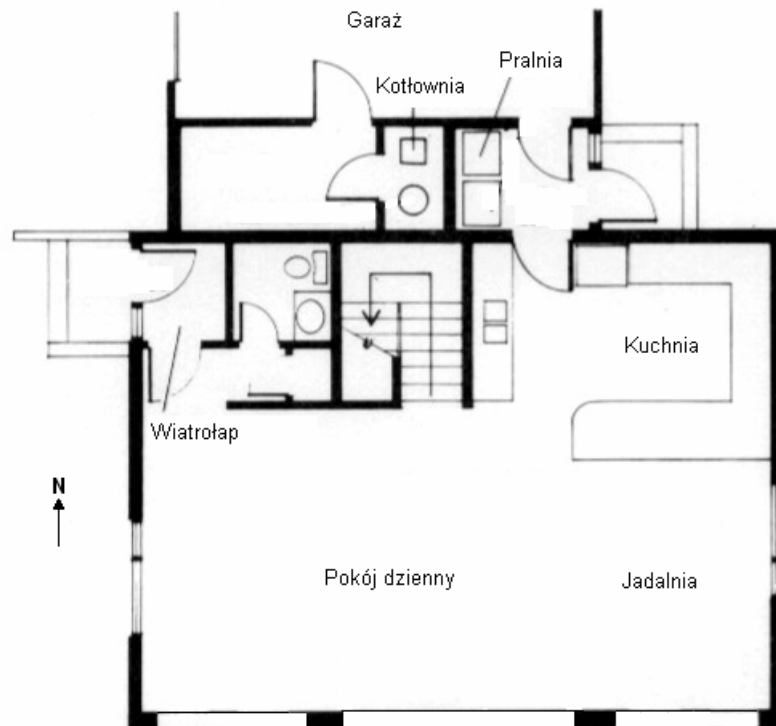
Kolejnym rozwiązaniem, które należy rozważyć na etapie projektowym jest możliwość wykorzystania gruntowego wymiennika ciepła do wstępnego podgrzewu powietrza wentylacyjnego. Takie rozwiązanie jest korzystne w dwójnasób. Po pierwsze, odpowiednio zaprojektowany gruntowy wymiennik ciepła zapobiega szronieniu rekuperatora, zapewniając temperaturę powietrza nawiewanego powyżej 0°C, nawet przy ekstremalnie niskich temperaturach zewnętrznych, ponadto gwarantuje zysk energetyczny. Latem gruntowy wymiennik ciepła umożliwia schładzanie nawiewanego powietrza. Gruntowy wymiennik ciepła wymaga jednak odpowiedniej powierzchni działki oraz warunków glebowych.

Samo ukształtowanie powierzchni działki może być również korzystne energetycznie. Dobrym przykładem może być możliwość zagłębienia północnej części budynku w zboczu skarpy. Temperatura wewnątrz gruntu jest już na głębokości 1,5 m stała w ciągu roku i wynosi około 10°C. Rozwiązanie to pozwoli ograniczyć straty ciepła przez przenikanie w zimie, zapewniając także złagodzenie temperatury wewnętrznej pomieszczeń w okresie letnim.

## **5. Rozmieszczenie pomieszczeń w budynku pasywnym**

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 wewnętrznego. 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. Tu warunki komfortu cieplnego muszą 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 6).



Rysunek 6. 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 oparta o niezależne ściany nośne. Temperatura powietrza wewnętrznego w garażu wynosi zwykle około 5°C. Straty przez przenikanie ciepła z budynku do garażu w przypadku niewystarczającego zaizolowania ścian mogą więc osiągać znaczne wartości.

### Podsumowanie

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.

### Bibliografia

Idczak M., Firlg S., Okna w budynkach pasywnych – funkcje, wymagania, bilans energetyczny,

komfort cieplny, Świat Szkła 7-8, 2006.

Carter C., de Villiers J., Passive Solar Building Design, Pergamon Press, 1978.