

# do budownictwa pasywnego

Wymagania zrównoważonego rozwoju stawiają przed współczesnymi inżynierami nowe zadania, z których najważniejszym jest zapewnienie równych szans rozwoju następnym pokoleniom. Sposobem realizacji tego zadania jest minimalizacja zapotrzebowania na energię – w tym w warunkach Europy Północnej i Wschodniej przede wszystkim na energię dla celów grzewczych. Dlatego w wielu krajach europejskich i w Polsce podejmowane są działania zmierzające do racjonalizacji wykorzystania energii, zastosowania jej odnawialnych źródeł i wdrażania nowych, wysokoefektywnych technologii. Jednym z rezultatów tych działań, spełniającym jednocześnie wszystkie wymienione kryteria są budynki pasywne.

## Pasywny czyli jaki?

Budynek pasywny powinien zapewnić mieszkańcom przez cały rok bardzo wysoki komfort cieplny bez konieczności zastosowania tradycyjnej instalacji grzewczej lub klimatyzacyjnej. Aby było to możliwe konieczne jest radykalne zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło. Jak wykazały doświadczenia praktyczne i obliczenia teoretyczne, w Europie Środkowej nie da się tego osiągnąć bez zastosowania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Rozwiązanie takie przy jednoczesnym bardzo dobrym zaizolowaniu budynku pozwala na rezygnację z konwencjonalnych grzejników.

Instalacja wentylacyjna przejmuje wtedy rolę instalacji grzewczej. Nawiewane powietrze jest w tym przypadku nośnikiem ciepła i można je maksymalnie podgrzać do 52 °C. Wyższa temperatura powoduje przypiekanie kurzu na powierzchni nagrzewnicy. Strumień powietrza wentylacyjnego dla typowego budynku pasywnego wynosi średnio 1 m<sup>3</sup>/h na m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej. Ilość ta pozwala z jednej strony na spełnienie warunków higienicznych, z drugiej zaś nie prowadzi do nadmiernego spadku wilgotności wewnątrz budynku.

Na podstawie maksymalnej temperatury powietrza oraz jego strumienia można obliczyć maksymalną moc grzewczą instalacji wentylacyjnej. Wartość ta wynosi 10 W na m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej i jest przyjmowana jako jedno z najważniejszych kryteriów, które musi być spełnione przez budynek pasywny. Osiągnięcie takiego standardu energetycznego, umożliwia rezygnację z tradycyjnej instalacji grzewczej.

## Charakterystyka energetyczna

Bilans energetyczny budynku pasywnego różni się w znacznym stopniu do bilansu powstających obecnie budynków. Różnice można dostrzec przede wszystkim w:

- Bardzo niskim sezonowym zapotrzebowaniu na ciepło do celów grzewczych. Zapotrzebowanie to nie przekracza 15 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) i jest około siedmiokrotnie mniejsze niż w nowych budynkach. W odniesieniu do starych obiektów redukcja zapotrzebowania na ciepło jest nawet szesnastokrotna.
- Przeważającym zapotrzebowaniem na ciepło do przygotowania c.w.u.. Znaczące ograniczenie zapotrzebowania na ciepło do celów grzewczych sprawiło, że wiodącą rolę w bilansie energetycznym budynku zaczęło odgrywać zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.. Średnia wartość zapotrzebowania na ciepło do podgrzewania wody wynosi od 18 do 35 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- Bardzo małym zapotrzebowaniem na moc grzewczą. Maksymalne zapotrzebowanie na moc grzewczą, jakie może wystąpić dla warunków obliczeniowych zostało ograniczone do poziomu 10 W/m<sup>2</sup>. Jest to jedno z najważniejszych kryteriów, jakie musi spełnić budynek pasywny. Pozwala ono na rezygnację z tradycyjnej instalacji grzewczej. Jej rolę przejmuje system wentylacyjny, który bez konieczności zwiększania strumienia powietrza może dostarczyć wymaganą ilość ciepła do budynku.

## Projekt architektoniczny

Małe zapotrzebowanie na ciepło sprawia, że w bilansie energetycznym budynków pasywnych o wiele większą rolę odgrywają zyski ciepła od promieniowania słonecznego. Projekt architektoniczny budynku i jego konstrukcja powinny zatem nie tylko zmierzać do maksymalnego ograniczenia strat ciepła ale jednocześnie umożliwiać pozyskiwanie jak największej ilości zysków solarnych. Można to osiągnąć dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu okien na elewacjach budynku. Największa ilość promieniowania słonecznego przypada na kierunek południowy, dlatego też budynek pasywny powinien być „otwarty” od strony południowej. Należy przez to rozumieć, że udział powierzchni przeszklonych na tej elewacji powinien być jak największy. Sytuacja ma się odwrotnie, jeśli chodzi o elewację północną. Ponieważ ilość promieniowania słonecznego przypadającego na ten kierunek jest niewielka to umieszczenie okien na północnej elewacji powodowałyby tylko dodatkowe straty ciepła. Ściana ta musi mieć zatem charakter „zamknięty”.

Korzystne, z punktu widzenia pozyskiwania zysków ciepła od promieniowania słonecznego rozmieszczenie powierzchni przeszklonych, może doprowadzić niestety do przegrzewania budynku w okresie lata. Aby temu zapobiec należy przewidzieć w projekcie architektonicznym odpowiednie elementy zacieniające. Jednym z nich mogą być wysunięte poza obrys budynku okapy. W zimie słońce porusza się nisko nad horyzontem, zaś w lecie znacznie wyżej. Okapy powodują, że ilość promieniowania słonecznego docierającego do budynku w okresie lata zostaje znacznie ograniczona. Zimą wysunięty okap nie stanowi już bariery dla promieni słonecznych.

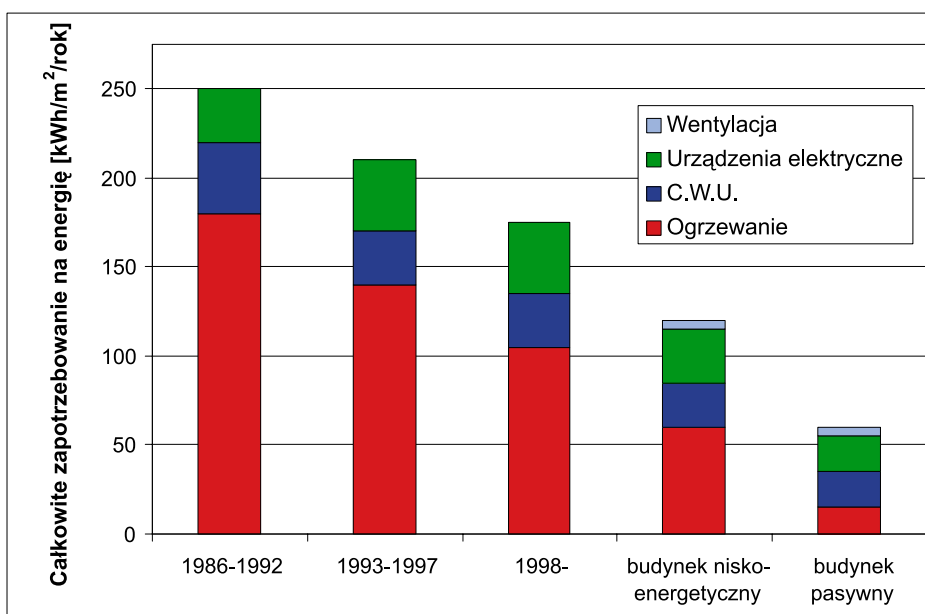
Innym rozwiązaniem pozwalającym na ograniczenie zysków ciepła od słońca w okresie lata jest odpowiedni projekt zieleni. Zasadzenie od strony południowej drzew liściastych sprawia, że dają one cień latem. Natomiast zimą, po zgubieniu liści, nie ograniczają dostępu promieniowania słonecznego. Od strony północnej budynku powinny się znaleźć drzewa iglaste lub bluszcz dające zawsze (niezależnie od pory roku) osłonięcie od wiatru.

## Przegrody zewnętrzne

Konstrukcja przegród zewnętrznych budynku pasywnego jest podporządkowana konieczności maksymalnego ograniczenia strat ciepła. Ściany zewnętrzne, podłogi, stropy i dachy muszą być zaizolowane tak, aby wartość współczynnika przenikania ciepła nie przekraczała 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Warunek ten wymusza zastosowanie warstwy izolacyjnej o grubości 30, 35 cm, co jest możliwe w przypadku większości konstrukcji przegród zewnętrznych.

Trwające obecnie prace mają na celu zastosowanie w budynkach pasywnych materiałów próżniowych, które oprócz nieznacznej grubości będą umożliwiały przenikanie energii promieniowania słonecznego do wnętrza przegrody. Zwiększenie grubości warstwy izolacyjnej oprócz zmniejszenia strat ciepła powoduje podwyższenie temperatury powierzchni wewnętrznej przegrody. Wpływa to na poprawienie komfortu użytkownika budynku. Konstrukcja przegród zewnętrznych musi być również wolna od mostków termicznych, czyli miejsc, w których nastąpiło osłabienie warstwy izolacyjnej a co za tym idzie zwiększenie strat ciepła. Dlatego szczególnie ważne jest, odpowiednie zaprojektowanie i zaizolowanie elementów budynku, w których mostki te mogą wystąpić.

Ponieważ ilość energii promieniowania słonecznego pozyskanej przez budynek pasywny nie zawsze pokrywa się z jego aktualnym zapotrzebowaniem na ciepło należy stosować przegrody o dużej akumulacyjności cieplnej. Ich zadaniem jest magazynowanie zysków ciepła a następnie uwalnianie ich w momencie spadku temperatury wewnątrz budynku. Ciepło może być akumulowane w sposób bezpośredni np. w masywnych konstrukcjach ścian lub w sposób pośredni np. w złożu kamiennym. Magazynowanie pośrednie wymaga dostarczenia dodatkowej energii np. do napędu wentylatora, co znacznie zmniejsza efektywność tej metody. Prawidłowe wykorzystanie akumulacyjności cieplnej przegród pozwala na łagodzenie występujących podczas dnia wahań temperatury wewnętrznej. Wpływa to korzystnie na komfort użytkownika budynku i jego bilans energetyczny.



Rys.1 Porównanie całkowitego zapotrzebowania na energię dla budynków mieszkalnych.

<b>Projekt architektoniczny</b>	Otwarta strona południowa ma na celu pozyskanie zysków ciepła od słońca. Zamknięta strona północna i zwarta konstrukcja ograniczają straty ciepła.
<b>Doskonała izolacyjność przegród</b>	Wartość współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych budynku musi być mniejsza o 0,15 W/m <sup>2</sup> K. Eliminacja mostków termicznych
<b>Odpowiednie okna</b>	Wartość współczynnika przenikania ciepła dla całych okien (szyba plus ramy) nie powinna przekraczać 0,8 W/m <sup>2</sup> K, a współczynnika g szyby wynosić nie mniej niż 0,5
<b>Szczelność budynku</b>	Niekontrolowana infiltracja powietrza zewnętrznego przez nieszczelności dla różnicy ciśnień 50 Pa musi wynosić poniżej 0,6 kubatury budynku na godzinę
<b>Wentylacja nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła</b>	Centrala wentylacyjna powinna charakteryzować się sprawnością odzysku ciepła powyżej 80 % i niskim zużyciem energii elektrycznej (<0,45 W/m <sup>3</sup> )
<b>Gruntowy wymiennik ciepła</b>	Powietrze zewnętrzne może być doprowadzane do budynku poprzez wymiennik gruntowy, w którym nawet dla najzimniejszych dni może się ono ogrzać do temperatury powyżej °C
<b>Przygotowanie c.w.u. z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii</b>	Wykorzystanie kolektorów słonecznych lub pompy ciepła do podgrzewania c.w.u.
<b>Zastosowanie energooszczędnych urządzeń</b>	Wysokoefektywne i energooszczędne wyposażenie AGD oraz oświetlenie są nieodłącznym elementem budynku pasywnego

Tab.1. Wytyczne dotyczące konstrukcji budynków pasywnych

### Szczelność

Budynki pasywne są wyposażone w mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła. Świeże powietrze dostaje się do pomieszczeń za pośrednictwem kratki nawiewnych a nie nieszczelności okiennych. Fakt ten a zarazem konieczność ograniczenia strat ciepła sprawia, że dąży się do maksymalnego ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego. Wykonanie szczelnego budynku pasywnego wymaga zaplanowania odpowiednich rozwiązań już na etapie projektowym. Równie ważne jest dokładne wykonanie szczególnie narażonych na wystąpienie nieszczelności elementów konstrukcyjnych np. połączenia okien z ścianami zewnętrznymi. Niekontrolowana infiltracja powietrza zewnętrznego musi być ograniczona w budynku pasywnym do poziomu 0,6 wymiany kubatury ogrzewanej budynku na godzinę dla różnicy ciśnień wynoszącej 50 Pa.

### Okna

Głównym zadaniem przegród przezroczystych jest pozyskiwanie energii promieniowania słonecznego. Ilość pozyskanej energii zależy od wielkości i usytuowania przegród względem stron świata. Aby ograniczyć straty ciepła w okresie zimy stosowane w budynkach pasywnych okna muszą spełniać rygorystyczne wymagania dotyczące ich konstrukcji i charakterystyki. Wartość współczynnika przenikania ciepła dla całych okien nie powinna przekraczać 0,8 W/m<sup>2</sup>K a współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego wynosić około 0,5. Im wartość współczynnika jest większa tym więcej energii promieniowania słonecznego dostaje się do wnętrza budynku.

Konstrukcja okien pasywnych jest podporządkowana maksymalnemu ograniczeniu strat ciepła. Stosuje się w tym celu trójwarstwowe szklenie a przestrzenie między szybami wypełnia gazem szlachetnym np. argonem. Okna przeznaczone do budynków pasywnych mają również specjalną konstrukcję ram. Wykorzystywane profile zarówno plastikowe jak i drewniane muszą być ocieplone.

Zadaniem dużych powierzchni oszklonych w pasywnych systemach ogrzewczych jest przede wszystkim uzysk energii słonecznej. Ponieważ jednak te same powierzchnie w okresach bezsłonecznych powodują duże straty ciepła, konieczne jest stosowanie osłon zapobiegających ucieczce ciepła. Osłony te mogą mieć różne formy, jak np. okiennice, żaluzje, rolety, ekrany i zasłony wykonane z różnych materiałów, głównie z drewna, materiałów tekstylnych i z tworzyw sztucznych. W zależności od rodzaju materiału i typu – osłony mogą być otwierane i zamykane, składane, opuszczane i podnoszone ręcznie lub mechanicznie. Zastosowanie np. rolet może wpłynąć na zmniejszenie współczynnika przewodzenia ciepła okien o 15 % przy profilach nieocieplonych i nawet o 30 % dla profili ocieplonych.

### Wentylacja

Standardu pasywnego nie da się osiągnąć bez zastosowanie mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Jej głównym elementem jest wysokoefektywna centrala wentylacyjna, w której powietrze nawiewanemu zostaje przekazana duża część ciepła powietrza wywiewanego. Zastosowana centrala powinna charakteryzować się sprawnością przekraczającą 80 % i niskim zużyciem energii elektrycznej. Powietrze zewnętrzne należy doprowadzać do budynku za pośrednictwem wymiennika gruntowego, w którym podgrzewa się ono w czasie zimy i chłodzi latem.

Wentylacja nawiewno-wywiewna budynku pasywnego ma charakter ukierunkowany. Świeże powietrze zostaje doprowadzone bezpośrednio do sypialni, pokoi dziennych, pokoi gościnnych itp.. W pomieszczeniach tych powinna znajdować się każdorazowo, co najmniej jedna kratka nawiewna. Zanieczyszczone powietrze usuwane jest z kuchni i łazienek, gdzie umieszczone są kratki wywiewne. Pozwala to na zapewnienie w budynku ukierunkowanego przepływu powietrza. Świeże powietrze dociera najpierw do głównych pomieszczeń mieszkalnych. Przepływa następnie poprzez strefę pośrednią do pomieszczeń wilgotnych, w których panuje relatywnie wysoka krotność wymian, co umożliwia np. szybkie wysychanie mokrych ręczników. Dzięki zasadzie ukierunkowanego przepływu świeże powietrze zostaje wykorzystane w optymalny sposób.

Jednym z elementów instalacji wentylacyjnej budynku pasywnego jest gruntowy wymiennik ciepła. Wykorzystuje on zakumulowane w gruncie ciepło, do podgrzania w zimie powietrza zewnętrznego do temperatury około 0 °C. Latem przepły-

wające przez gruntowy wymiennik ciepła powietrze jest chłodzone o 10 do 15 K, co daje efekt zbliżony do instalacji klimatyzacyjnej. W najprostszym wykonaniu rolę wymiennika pełni rura z PVC o średnicy 150 ÷ 200 mm, długości 30 ÷ 50 m ułożona na głębokości 1,5 ÷ 2 m pod powierzchnią gruntu. W celu poprawienia sprawności wymiennika część rury można umieścić pod budynkiem na etapie początkowych prac budowlanych. Pozwala to na osiągnięcie wyższej i podlegającej mniejszym wahaniom temperatury otaczającego wymiennik gruntu (temperatura ta wynosi ok. 8 °C). Zastosowanie gruntowego wymiennika ciepła zapobiega niebezpieczeństwu szronienia powierzchni wymiennika krzyżowego centrali wentylacyjnej co poprawia sprawność odzysku ciepła i eliminuje konieczność pracy energochłonnej nagrzewnicy wstępnej.

### Ogrzewanie

Budynki pasywne charakteryzują się bardzo niskim zapotrzebowaniem na ciepło oraz moc grzewczą, dlatego możliwa jest rezygnacja z konwencjonalnych grzejników. Ich rolę przejmuje instalacja wentylacyjna. Nawiewane powietrze jest w tym przypadku nośnikiem ciepła dostarczającym do niemalże wszystkich pomieszczeń w budynku. Typowe centrale wentylacyjne wykorzystują do podgrzania powietrza nagrzewnice elektryczne. Lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie nagrzewnic wodnych współpracujących z zasobnikami c.w.u.. Zastosowanie nagrzewnicy o mocy 1 ÷ 2 kW wystarcza do pełnego pokrycia zapotrzebowania budynku pasywnego na moc grzewczą.

Często spotykanym rozwiązaniem są tzw. urządzenia kompaktowe, które pełnią jednocześnie rolę centrali wentylacyjnej, instalacji grzewczej oraz odpowiadają za przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Ich konstrukcja oparta jest o małą pompę ciepła, która pobiera ciepło zawarte w powietrzu usuwanym z budynku. Urządzenia kompaktowe mogą współpracować z gruntowymi wymiennikami ciepła i kolektorami słonecznymi, co pozwala na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Alternatywą dla urządzenia kompaktowego, szczególnie w chłodniejszych strefach klimatycznych, może być kominiek o małej mocy – około 6 kW. Jego głównym zadaniem jest podgrzewanie ciepłej wody użytkowej oraz powietrza nawiewanego do pomieszczeń. Dostępne obecnie na rynku kominki opalane, np. peletami posiadają automatyczną regulację oraz niezależne doprowadzenie powietrza do paleniska. Wykorzystanie jako paliwa biomasy powoduje, że jest to rozwiązanie proekologiczne wpływające na redukcję emisji CO<sub>2</sub>.

### Ciepła woda użytkowa

W przypadku tradycyjnych domów głównym składnikiem ich bilansu energetycznego jest zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku natomiast energia potrzebna do przygotowywania ciepłej wody stanowi tylko jego niewielką część. W budynkach pasywnych proporcje te są odwrotne, dlatego należy dążyć do maksymalnego ograniczenia strat ciepła w instalacji c.w.u., zmniejszenia zapotrzebowania na ciepłą wodę i wykorzystywania do jej przygotowania odnawialnych źródeł energii. Instalacja c.w.u. w budynku pasywnym musi być starannie zaizolowana, a grubość wykonanej izolacji może przekraczać zalecenia normatywne. Zmniejszenie zużycia ciepłej wody możliwe nastąpić w wyniku zastosowania nowych konstrukcji baterii czerpalnych (baterii termostatycznych), perlatorów, specjalnych zestawów prysznicowych, itp.. Podgrzewanie wody powinno być wspomagane przez kolektory słoneczne. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie pompy ciepła odpowiadającej jednocześnie za ogrzewanie budynku.

### Wyposażenie

Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku pasywnego nie może się odbywać kosztem zwiększenia zapotrzebowania na inne nośniki energii takie jak energia elektryczna. Dlatego nieodłącznym elementem każdego budynku pasywnego jest energooszczędne oświetlenie i wyposażenie AGD. Należy stosować urządzenia charakteryzujące się wysoką klasą energetyczną i efektywnym wykorzystaniem mediów np. wody.

mgr inż. Szymon Firląg  
Instytut Budynków Pasywnych przy NAPE  
www.ibp.com.pl