

Co najmniej od kilku lat mamy do czynienia z takimi pojęciami, jak „dom energooszczędny” lub „dom pasywny”. Intuicja podpowiada, że są to budynki, w których koszty ogrzewania są znacznie mniejsze niż w domach tradycyjnych. Nic dziwnego, że każdy inwestor zadaje sobie pytanie: po czym można poznać, że wybrany projekt przedstawia lub nie, budynek energooszczędny?



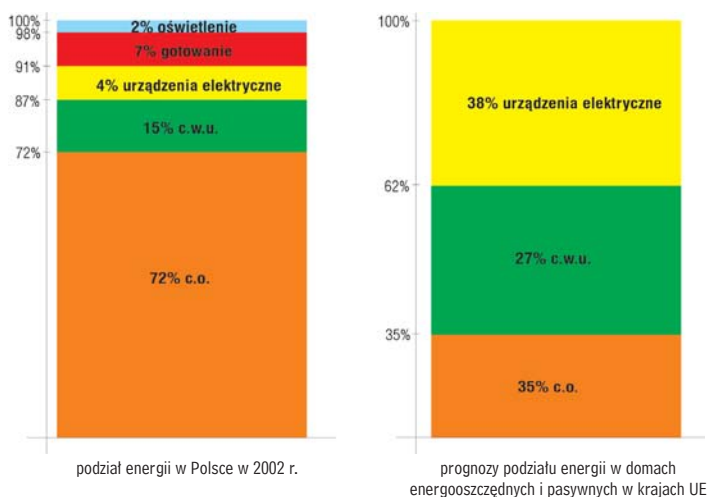
fol. Schüco

# jak zatrzymać ciepło

■ Tadeusz Lipski

Zanim wybierze się projekt i przystąpi do jego realizacji nie zaszkodzi uświadomić sobie, dlaczego ważne jest, żeby był to budynek energooszczędny – czyli taki, w którym zużycie energii do celów grzewczych jest relatywnie małe. Warto zatem wiedzieć, że w Polsce koszty ogrzewania domu to zwykle około 70% ogólnych kosztów zużycia energii przez gospodarstwo domowe. To o połowę za dużo w stosunku do teoretycznie idealnego podziału zużywania energii **1**. Należy więc dążyć do wybudowania domu energooszczędnego, ponieważ można na tym sporo zyskać.

Ilość zużywanej w domu energii można oszacować na podstawie projektu, czyli jeszcze zanim powstanie budynek. Do tego celu służy **audyt energetyczny**. Byłby on świetnym kryterium porównawczym, gdyby zamieszczano go w każdym projekcie. Jednak takiego obowiązku nie ma, ponieważ wyniki zależą od zbyt wielu zmiennych czynników. Audyty obliczone dla identycznych projektów domów, ale realizowanych w różnych regionach Polski, inaczej usytuowanych względem stron świata, zamieszkałych przez różną liczbę mieszkańców, czy wykorzystujących inne urządzenia grzewcze mogą się znacznie różnić. Oczywiście, byłoby



## 1 Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych

dobrze, żeby każdy inwestor wykonał lub zamówił audyt dla własnego domu. Wtedy uzyska pewność, że realizowany projekt należy do energooszczędnych, a jeśli nie – dowie się, co trzeba i warto w nim poprawić.

Miarą tego, czy budynek można zakwalifikować jako energooszczędny jest **wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na energię cieplną E** [kWh/m<sup>2</sup> rok]. Określa on ilość ciepła potrzebnego do ogrzania 1 m<sup>2</sup> lub 1 m<sup>3</sup> domu w ciągu 1 roku. Jego wartość zależy od czterech głównych czynników:

- **izolacyjności termicznej** wszystkich przegród zewnętrznych (ścian, okien, drzwi, dachu, podłogi na gruncie itp.), czyli współczynników przenikania ciepła *U*, oraz wielkości ich powierzchni. Od tego zależą straty ciepła przenikającego przez te przegrody;
- **sposobu wentylowania** pomieszczeń (system grawitacyjny, mechaniczny, z odzyskiem ciepła, klimatyzacja), czyli strat ciepła ponoszonych na ogrzanie wymienianego powietrza wewnętrznego;
- **wielkości powierzchni przeszklonych** i ich usytuowania względem stron świata, czyli zysków ciepła od promieniowania słonecznego;
- **liczby osób** mieszkających w domu, czyli zysków z tzw. ciepła bytowego.

Oczywiście, każdy wskaźnik ma sens tylko wtedy, gdy można go do czegoś porównać. W tym przypadku punktem odniesienia jest określony normowo tzw. **wskaźnik E<sub>0</sub>** (kWh/m<sup>3</sup>rok), czyli

**Tabela 1. Porównanie ilości ciepła zużywanego do ogrzewania domów jednorodzinnych w Polsce**

okres budowy	wartość E (kWh/m <sup>2</sup> rok)*
domy z lat 1967-1985	200-290
domy z lat 1985-1993	160-200
domy zbudowane po 1993 r.	120-160
domy budowane obecnie	70-120
<b>domy energooszczędne</b>	30-70
<b>domy pasywne</b>	10-30

\* dla budynków, w których wysokość pomieszczeń nie przekracza 2,9 m



2 Taki kształt budynku jest bardzo korzystny (fot. JPA)

graniczna wartość *E*. Opisuje on ilość ciepła potrzebną do ogrzania jednostkowej powierzchni lub kubatury budynku przy założeniu, że spełnione są wszystkie przepisy i normy budowlane (np. współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych oraz stropodachu *U*=0,3 W/(m<sup>2</sup>K), a stolarki okiennej *U*=2,0 lub 2,6). Realizując projekt o parametrach lepszych od normowych (np. ściany *U*=0,2, okna *U*=1,0) można zbudować dom energooszczędny, czyli taki, w którym wartość wskaźnika *E* to najwyżej 70% wskaźnika *E<sub>0</sub>* (tabela 1).

Nasuwa się też pytanie, czy **sposób zaprojektowania domu** – czyli jego kształt, wielkość, dostosowanie do lokalnych warunków terenowych, gruntowo-wodnych oraz do kształtu i wymiarów działki, a także do gustu i możliwości finansowych inwestora – ma wpływ na energooszczędność budynku? Ma i to niebagatelny, dlatego chcąc mieć dom tani w eksploatacji powinno się go zbudować na podstawie dobrego projektu katalogowego, a jeszcze lepiej indywidualnego. Dokumentacje katalogowe są pomyślane dla anonimowego odbiorcy i przeznaczone do budowy na działce o bardzo korzystnych parametrach. Naturalne jest więc, że projekty te zawierają wiele kompromisowych rozwiązań. A trzeba pamiętać, że każda rodzina jest inna, ma różne wymagania, potrzeby i możliwości ich realizacji. Warto zatem poprosić autora projektu o dostosowanie go do indywidualnych potrzeb.

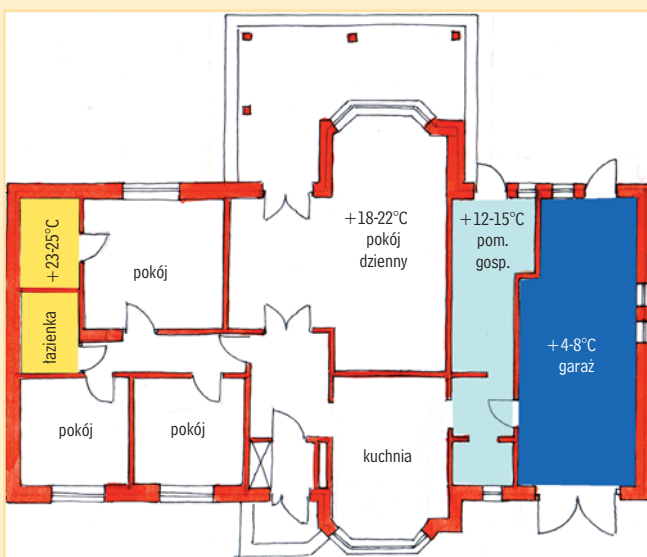
Budynek energooszczędny powinien być projektowany na planie kwadratu lub niezbyt wydłużonego prostokąta. Wskazane jest, żeby był to dom piętrowy 2. Istotny jest jak najmniejszy stosunek powierzchni przegród zewnętrznych do objętości domu, dlatego wybierając dom o niskich kosztach utrzymania powinno się unikać budynków na planie krzyża, litery L, T lub H 3. Oczywiście, nie trzeba też przesadzać – ganek lub wykusz (zwłaszcza od strony południowej) jest dopuszczalny, ale już loggia – nie. Poza tym dom to nie stodoła i zawsze warto, stosując drobne formy architektoniczne, nadać mu atrakcyjny wygląd.



3 Im bardziej rozczłonkowany budynek, tym droższe ogrzewanie (fot. archiwum BD)



4 Dom w zwartej bryle może być energooszczędny (fot. Architekt Paweł Boduch)



5 Rzut domu obrazuje zasadę stref buforowych. Najzimniejsze pomieszczenia usytuowane są od strony północnej, a wymagające najwięcej słońca od strony południowej.

Jeszcze kilka słów o popularnych w Polsce domach z użytkowym poddaszem. Ścianki kolankowe i proste dwuspadowe dachy przyczyniają się do niewielkiego zmniejszenia powierzchni przegród zewnętrznych, przynajmniej w stosunku do domów „kostek” 4. Wpływają więc korzystnie na energooszczędność budynku. Ale należy mieć jednocześnie na uwadze, że rozbudowane dachy wielopłaciowe (lub z wieloma lukarnami) zwykle pogarszają sytuację. Zatem powinno się zapamiętać hasło: **prosto = oszczędność**.

## ORGANIZACJA PRZESTRZENI WEWNĘTRZNEJ

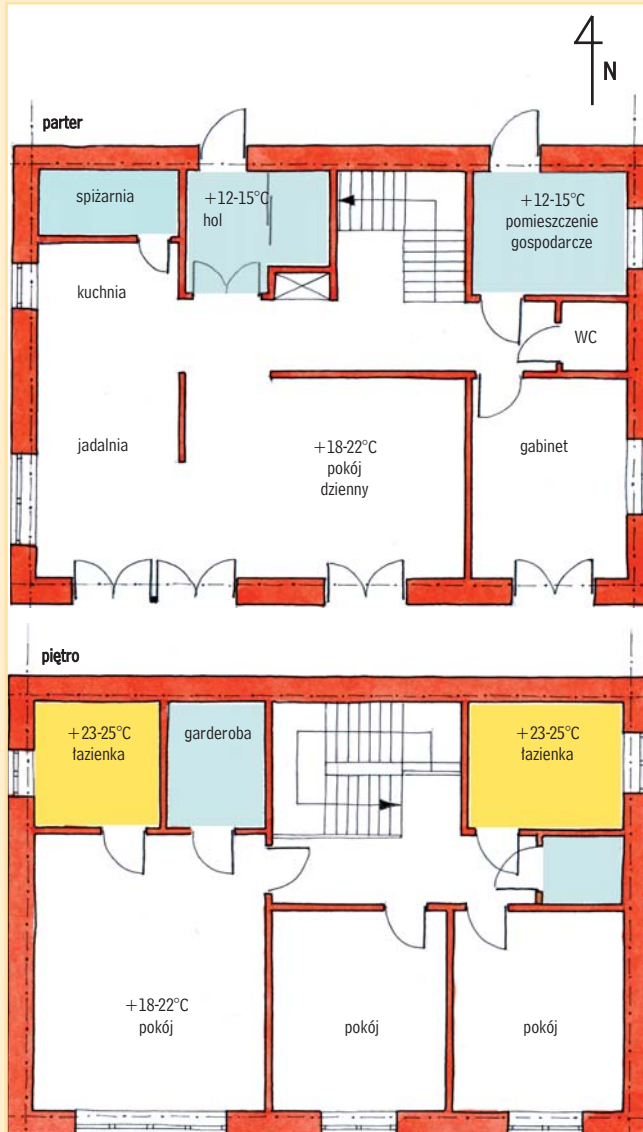
Wybierając projekt domu z katalogu warto zwrócić uwagę na to, czy budynek został podzielony na **strefy o zróżnicowanej temperaturze pomieszczeń**. Przecież dążąc do oszczędzania energii nie trzeba ogrzewać całego domu w jednakowy sposób. Najwyższą temperaturę, czyli 23-25°C, powinno się utrzymywać w łazienkach z wanną lub prysznicem, aby zapewniony był odpowiedni komfort podczas kąpieli (często tylko w określonych godzinach). W pokojach i kuchni wystarczy 18-22°C. Oczywiście, jest to zależne od indywidualnych preferencji mieszkańców. Warto jednak wiedzieć, że założenie swetra umożliwia obniżenie temperatury w pokojach o 2°C. Odczuwalny komfort termiczny pozostanie na niezmiennym poziomie, a oszczędności energii już będą wymierne. W pomieszczeniach rzadziej używanych, jak garderoby, spiżarnie, pralnie, kotłownie czy pomieszczenia gospodarcze, zwykle wystarcza temperatura na poziomie 12-15°C. W razie potrzeby można je przecież czasowo dogrzać np. elektrycznym grzejnikiem. Na pewno będzie to bardziej opłacalne od stałego utrzymywania w tych pomieszczeniach wysokiej temperatury. Najzimniejsze mogą być garaże, magazyny, składziki na sprzęt ogrodowy itp. Wystarczy, że nie dopuści się w nich do zamrzania wody, czyli utrzyma temperaturę na poziomie 4-8°C.

Dom, przy którego projektowaniu architekt myślał o oszczędzaniu energii i pieniędzy właścicieli umożliwi, żeby różnica temperatury w sąsiadujących pomieszczeniach nie przekraczała 8°C. Ideałem jest układ pomieszczeń tworzący tzw. strefy buforowe 5. Oznacza to, że ciepłe pokoje są od zimnego garażu czy składziku oddzielone pomieszczeniami o umiarkowanej temperaturze. Należy zatem unikać rozwiązań, w których np. nieogrzewany garaż czy magazyn sąsiaduje z łazienką lub pokojem.

## USYTUOWANIE NA DOBRE STRONY ŚWIATA

Oszczędzanie energii czy właściwe oświetlenie pomieszczeń nie są nowymi wyzwaniami dla architektów. Przecież nie bez powodu front każdego dworu skierowany był „na godzinę jedenastą”. Zapewniało to sensowne oświetlenie wszystkich pomieszczeń i jednocześnie sprzyjało oszczędzaniu nafty do lamp. Trzon kuchenny i piecze usytuowane były w środku budynku, aby mogły ogrzewać kilka pomieszczeń jednocześnie. Takie rozwiązanie, to oczywiście, przejaw nie tylko oszczędzania energii cieplnej, ale i pieniędzy.

W równie korzystnej sytuacji są inwestorzy zamawiający projekt indywidualny. Mają bowiem dużą szansę na to, by ich dom spełniał wszelkie wymogi energooszczędności. Nie tylko będzie podzielony na strefy buforowe i zorientowany na osi północ-południe (z maks. odchyleniem 30°). Będzie tak zaprojektowany,



**6** Typowe rozmieszczenie pomieszczeń w domu pasywnym. Pokoje usytuowane są od strony południowej, a pomieszczenia pomocnicze od strony północnej

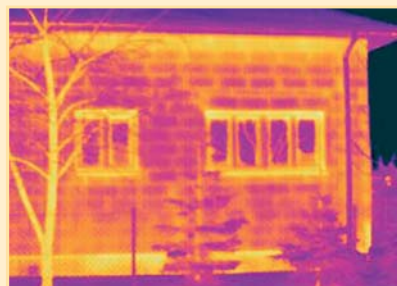


**7** Wykorzystanie istniejącej zieleni naturalnych warunków terenowych to jedna z podstawowych zasad budynków energooszczędnych (fot. archiwum BD)

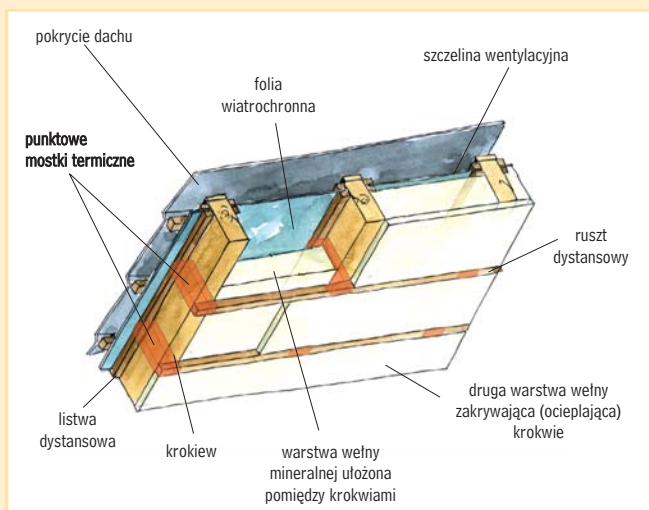
żeby najzimniejsze pomieszczenia znajdowały się od strony północnej, a pokoje od strony południowej (jak w domach pasywnych) **6**. Wtedy, przynajmniej w okresach wiosny i jesieni, będzie możliwe wspomaganie instalacji grzewczej przez bierne wykorzystanie energii słonecznej. Ale na tym nie koniec. Projektując dom na konkretną działkę architekt będzie mógł w pełni wykorzystać jej warunki terenowe. Zagłębienie terenu do budowy piwnicy czy pomieszczenia technicznego, skarpe do osłonięcia lub ukrycia ściany północnej – często bez okien i drzwi. Poza tym drzewa (szczególnie liściaste) też mogą być wykorzystane do oszczędzania energii. Latem mogą chronić dom przed przegrzaniem, a po utracie liści, zimą, umożliwią pozyskanie ciepła z promieni słonecznych **7**.

## BUDOWA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

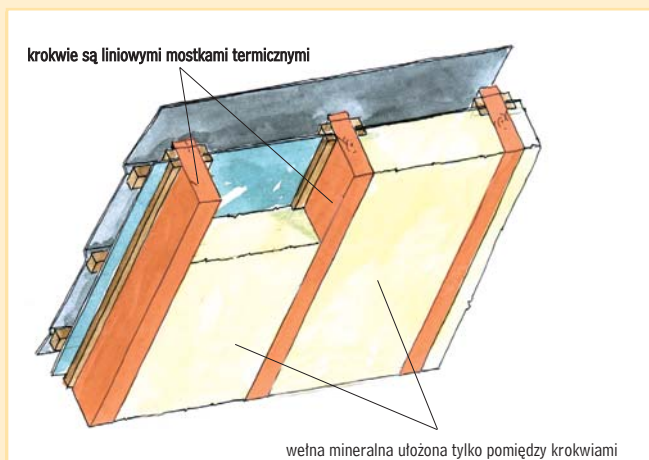
Sposób, w jaki zaprojektowano wszystkie przegrody zewnętrzne – czyli ściany, dach, podłogę na gruncie, okna, drzwi zewnętrzne (w tym garażowe) – jest nie mniej ważny od kształtu budynku. Najłatwiej można przekonać się o tym robiąc zdjęcia gotowego domu kamerą termowizyjną **8**. Ujawnią one wszystkie błędy popełnione zarówno przez projektantów, jak i wykonawców. Jednak po co być „mądrym Polakiem po szkodziu”, skoro już przy wyborze projektu można zadbać o ograniczenie błędów do minimum. Po prostu trzeba zdecydować się na dokumentację, która będzie zawierała rysunki i opisy detali konstrukcyjnych. I znowu, raczej nie należy się spodziewać, że będzie to projekt z katalogu, ponieważ na ogół nie precyzuje on szczegółów wykonawczych. Są to dokumentacje spełniające jedynie wymagania niezbędne do uzyskania pozwolenia na budowę. Na ich podstawie tylko ktoś z dużą wiedzą i doświadczeniem może wybudować bezbłędny dom. Zazwyczaj gwarantują to bardzo duże firmy wykonawcze, zatrudniające wielu fachowców (murarzy, tynkarzy, dekarzy, elektryków, instalatorów sanitarnych itp.). Kłopot w tym, że takie firmy najczęściej nie podejmują się budowy domów jednorodzinnych i oddają to pole niewielkim ekipom, których przedstawiciele na ogół twierdzą, że potrafią zrobić prawie wszystko. Ich rzeczywiste umiejętności oraz wiedza najczęściej pozostają jednak na niskim poziomie. Wtedy, taki projekt bez szczegółów umożliwia dość dowolną interpretację sposobów realizacji przedsięwzięcia, a inwestora – laika łatwo jest przekonać do niewłaściwych, ale łatwiejszych do wykonania lub tańszych rozwiązań. Zatem, budując dom energooszczędny lepiej zamówić droższy projekt indywidualny, ale za to z detalami. Poza tym, kontakt z architektem jest wówczas znacznie bliższy i w przypadku jakichś kontrowersji, łatwiej uzyskać jego opinię lub zmianę rozwiązania konstrukcyjnego. Najlepiej pokaże to przykład.



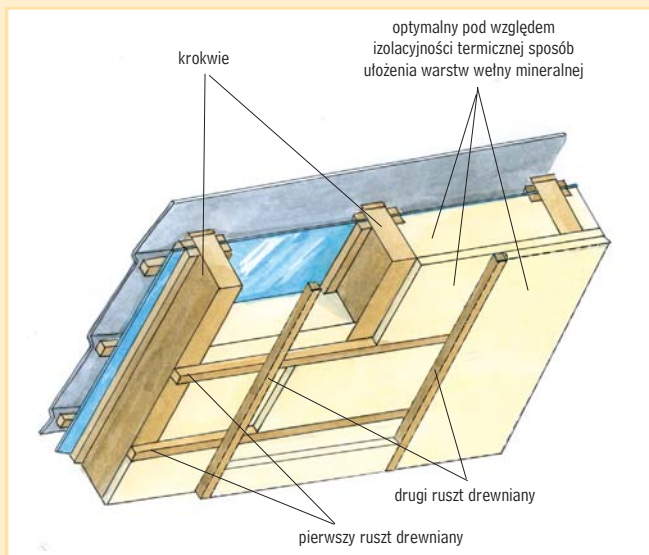
**8** Termogram przedstawia ścianę typowego domu jednorodzinnego. Jasny kolor oznacza duże straty ciepła. Dotyczy to wieńca na ścianie kolanowej, cokołu budynku oraz ram okiennych (fot. Xella)



9 Standardowy sposób izolowania połaci dachowej, powodujący jedynie powstanie punktowych mostków termicznych



10 Nieocieplone krokwie pogarszają izolacyjność termiczną połaci o ponad 30%



11 Ułożenie wełny mineralnej w trzech warstwach powoduje wyeliminowanie mostków termicznych w połaci dachowej

### PRZYKŁAD

Rozpatrujemy wpływ różnych sposobów ocieplenia na termooizolacyjność dachu. Do rozważań przyjmijmy budynek o wymiarach 9x9 m z użytkowym poddaszem. Dach o konstrukcji jętkowej opartej na stropie i kącie nachylenia 45°. Sufit w poziomie jętek na wysokości 2,5 m. Wiązary w rozstawie co 75 cm.

Najpierw rozpatrzmy wariant, który spotkać można w wielu projektach. Krokwie o wymiarach 7,5x15 cm w rozstawie co 75 cm, a pomiędzy nimi wełna mineralna grubości 15 cm. Pod spodem ruszt z listew drewnianych 4x5 cm, przybity prostopadle do krokwi w rozstawie co 50 cm. Pomiedzy rusztem warstwa wełny mineralnej grubości 5 cm. Dla uproszczenia nie uwzględniamy pokrycia dachu, ani podsufitki. Wtedy współczynniki przenikania ciepła przedstawiają się następująco:

- pomiędzy krokiewiami (gr. izolacji 20 cm)  $U=0,194 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- pod krokiewiami (gr. izolacji 5 cm)  $U=0,426$ ;
- pod rusztem dystansowym (gr. izolacji 15 cm)  $U=0,237$ ;
- na styku rusztu i krokwi (bez izolacji)  $U=0,709$ .

Oznacza to, że w dachu występują dwa rodzaje mostków termicznych: liniowe pod krokiewiami oraz punktowe na styku rusztu dystansowego i krokwi.

Dzięki ociepleniu krokwi, wpływ mostków liniowych jest stosunkowo niewielki, ponieważ współczynnik przenikania ciepła w tym miejscu wynosi  $U < 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Można go zatem pominąć, choć w tym miejscu lepiej byłoby zastosować wełnę mineralną grubości 8 cm. Wtedy, po uwzględnieniu pozostałych warstw połaci dachowej, wartość współczynnika przenikania ciepła mostka liniowego zmniejszy się do  $U < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Z kolei dość dużą wartość przenikania ciepła mają mostki punktowe, ale za to ich udział jest niewielki. Mostki te to zaledwie 0,8% ocieplonej powierzchni połaci (od stropu do jętek), czyli zajmują tylko 0,5 m<sup>2</sup>. Zatem – je także można pominąć.

Konstrukcja połaci dachowej jest więc zaprojektowana poprawnie, ale trzeba pamiętać, że podany w dokumentacji współczynnik przenikania ciepła połaci dachowej  $U=0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  jest obarczony 16% błędem. Bowiem rzeczywisty, wypadkowy wynosi  $U=0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Teraz rozpatrzmy dość częsty przypadek uproszczenia stosowanego przez wykonawców – krokwie o przekroju 7,5x20 cm w rozstawie co 75 cm i pomiędzy nimi wełna mineralna grubości 20 cm, czyli bez dodatkowego rusztu drewnianego i dwuwarstwowej izolacji termicznej. Współczynniki przenikania ciepła przedstawiają się następująco:

- pomiędzy krokiewiami (gr. izolacji 20 cm)  $U=0,194 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- pod krokiewiami (bez izolacji)  $U=0,709$ .

W dachu występują tylko liniowe mostki termiczne, ale za to ich wpływ na termooizolacyjność dachu jest duży – to aż 10% połaci, czyli zajmują prawie 6,6 m<sup>2</sup>. Oznacza to, że wypadkowy współczynnik przenikania ciepła będzie miał wartość  $U=0,25$ , a nie  $U=0,19$ . Będzie więc gorszy od zakładanego aż o 32%!

Trzeba jeszcze zauważyć, że grubość izolacji przyjęta w przykładzie odpowiada założeniom domów energooszczędnych. W wielu projektach izolacja połaci dachowych jest znacznie cieńsza i często wynosi zaledwie 12 cm ( $U=0,30$ ). Wtedy, po uwzględnieniu mostków termicznych okaże się, że wymagania normowe nie są spełnione, ponieważ rzeczywista wartość współczynnika przenikania ciepła wyniesie  $U=0,35-0,40$ .

Na koniec zobaczmy, co mogli zaproponować inwestorowi zarówno projektant, kierownik budowy, jak i inspektor nadzoru, gdyby zależało im na zbudowaniu domu energooszczędnego.

Krokwie bez zmian, ale pomiędzy nimi tylko 10 cm wełny mineralnej. Pod spodem dwa ruszty drewniane z listew 4x5 cm. Pierwszy, tak jak poprzednio, przybity prostopadle do krokwii w rozstawie co 50 cm, natomiast drugi równoległe do krokwii, ale przesunięty o połowę przeszła (w odstępach co 75 cm). Między rusztami 2 warstwy wełny mineralnej po 5 cm każda **III**. Uzyskamy następujące współczynniki przenikania ciepła:

- pomiędzy krokwiemi (gr. izolacji 20 cm)  $U=0,194 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- pod krokwiemi (gr. izolacji 10 cm)  $U=0,278$ ;
- pod rusztami dystansowymi (gr. izolacji 15 cm)  $U=0,237$ ;
- na styku rusztu i krokwii (gr. izolacji 5 cm)  $U=0,376$ ;
- na styku rusztów dystansowych (gr. izolacji 10 cm)  $U=0,304$ .

Dzięki dwóm rusztom dystansowym oraz ułożeniu wełny mineralnej w nieco inny sposób (bez zmiany grubości warstwy) mostki termiczne są prawie wyeliminowane. Ich wielkość i zasięg będą na tyle małe, że wypadkowy współczynnik przenikania ciepła połaci dachowej wyniesie  $U=0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Będzie więc gorszy od zakładanego, najwyżej o 10%. Czyli wiele można osiągnąć kosztem kilkunastu dodatkowych listew drewnianych i niewielkim nakładem robocizny. Po prostu – to się opłaca.

W tym przykładzie pokazaliśmy tylko jeden detal konstrukcji, a przecież w budynku jednorodzinym są ich dziesiątki. Szczególnie ważne są miejsca połączeń elementów budowlanych, czyli np. ścian fundamentowych i zewnętrznych, ścian i konstrukcji dachu, ścian i stropów. Błędy można także popełnić przy montażu nadproży, kominów, osadzaniu stolarki okiennej i drzwiowej, wykonywaniu balustrad balkonów, schodów, wszelkich izolacji przeciwwilgociowych, termicznych i akustycznych, wreszcie instalacji oraz armatury. Do tego dochodzą roboty wykończeniowe takie, jak osadzanie parapetów, układanie podłóg, tapet, montaż obróbek blacharskich... i tak dalej (więcej w art. „Energooszczędne szczegóły”). W zasadzie, wszystkie detale powinny być szczegółowo rozrysowane i opisane. Jednak wtedy koszt kompletu dokumentacji z tzw. projektem wykonawczym byłby bardzo wysoki, a w skrajnych przypadkach mogłyby osiągnąć nawet 10% wartości inwestycji. W praktyce z powodzeniem można korzystać z materiałów instruktażowych opracowanych przez producentów, bo przecież oni najlepiej znają swoje wyroby i technologie montażu. Ważne jest tylko, żeby instrukcje te były integralną częścią projektów, a wykonawcy przestrzegali zawartych w nich wskazówek. Wtedy na budowach będzie mniej błędów i sytuacji konfliktowych.

## WPLYW WENTYLACJI

Jak już wspomniano, na ogrzewanie domu, czyli głównie na znajdujące się w nim powietrze, średnio zużywamy ok. 70% energii potrzebnej do funkcjonowania gospodarstwa. Dzieje się tak nie tylko dlatego, że termoizolacyjność większości budynków jest niewystarczająca – to wynika z powszechnego stosowania wentylacji grawitacyjnej. Po prostu, przez 220-250 dni w roku ogrzewamy zarówno powietrze w domu, jak i to na zewnątrz – nad dachem. Oczywiście, straty są tym większe, im niższa temperatura panuje na zewnątrz lub silniejszy wieje wiatr. Oznacza to, że wte-

## Termoizolacyjność przegród budowlanych

W warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki (rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 14.12.1994 r. z późniejszymi zmianami) określone są graniczne wartości **współczynnika przenikania ciepła U** [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] dla przegród budowlanych. Warto jednak pamiętać, że obowiązują one już od ponad 10 lat i zapewne niedługo mogą zostać znowu zredukowane. Poza tym, chcąc budować dom energooszczędny, trzeba osiągnąć rozsądny kompromis pomiędzy termoizolacyjnością przegród, a ich kosztem (**tabela 2**). Zwykle oznacza to użycie elementów budowlanych o właściwościach termicznych znacznie lepszych od normowych. Ważne jest jednak, żeby każde nadproże, wieniec, krokiew, parapet czy żelbetowa płyta balkonowa nie stawały się miejscami mostków termicznych. Ich negatywny wpływ na izolacyjność przegród zewnętrznych może być bowiem na tyle duży, że pomimo poniesionych wysokich kosztów, budynek wcale nie będzie energooszczędny.

**Tabela 2. Porównanie termoizolacyjności przegród zewnętrznych we współcześnie budowanych domach jednorodzinnych**

rodzaj przegrody	maks. wartość współczynnika przenikania ciepła U [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]*		
	dom zgodny z normami	dom energooszczędny	dom pasywny
ściany zewnętrzne	0,30 (0,25)	0,20	0,15 (0,10)
okna	2,00 (1,30)	1,00	1,00 (0,80)
dach lub stropodach	0,30 (0,20)	0,20	0,15 (0,10)
strop nad piwnicą	0,60 (0,33)	0,30	0,15

\* w nawiasach podano wartości uznawane za optymalne

Przy okazji warto jeszcze zwrócić uwagę na region kraju, w którym będzie budowany dom (**a**). Przecież izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych w budynku na suwalszczyźnie (polskim biegunie zima) powinna być o około 10-15% lepsza niż na wybrzeżu szczecińskim, aby uzyskany komfort cieplny był na podobnym poziomie. Po prostu temperatura obliczeniowa dla tych regionów różni się aż o 8°C.

Jednak niska temperatura powietrza zewnętrznego to nie jedyny ważny czynnik klimatyczny, który należy brać pod uwagę przy budowie domu. Równie istotny jest wiatr, a właściwie jego prędkość. Dotyczy to zwłaszcza budynków wznoszonych w pasie nadmorskim oraz w wyższych partiach gór.



a) Mapa Polski z podziałem na strefy klimatyczne

dy, gdy trzeba zatrzymać w domu jak najwięcej ciepła, ono ucieka przez komin. A taka rozrzutność przecież niemało kosztuje.

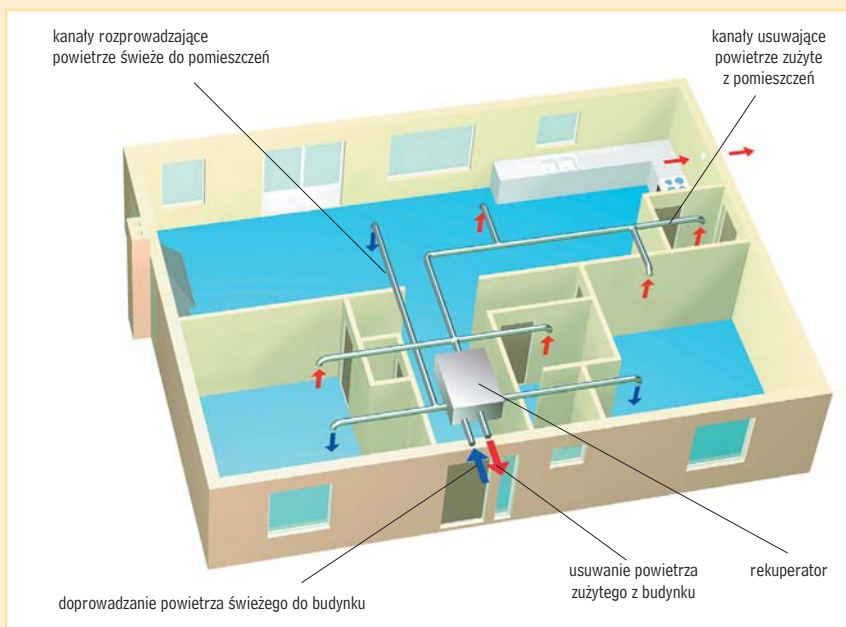
Trudno zatem wyobrazić sobie budynek energooszczędny bez sprawnego systemu nawiewno-wywiewnej wentylacji mechanicznej, oczywiście z odzyskiem ciepła. Nieco lepszym, ale droższym rozwiązaniem jest zastosowanie klimatyzacji. Jednak w domach jednorodzinnych najczęściej wystarcza system z rekuperatorem o dużej sprawności **12**. I znowu posłużmy się przykładem.

### PRZYKŁAD

Zakładamy, że w pomieszczeniach utrzymywana jest temperatura  $+20^{\circ}\text{C}$ , a na zewnątrz panuje mróz ( $-20^{\circ}\text{C}$ ).

W domu z wentylacją grawitacyjną temperatura powietrza opuszczającego komin będzie więc miała  $+20^{\circ}\text{C}$  (w rzeczywistości będzie o kilka stopni niższa, ale to uproszczenie nie zmienia charakteru doświadczenia), a powietrza napływającego  $-20^{\circ}\text{C}$ . Na dodatek ciepłe i jeszcze świeże powietrze będzie ulatywało znacznie szybciej niż jest to wymagane. Po prostu duża różnica temperatury zewnętrznej i wewnętrznej, oznacza także dużą różnicę ciśnień, czyli zwiększoną prędkość przepływu powietrza. Zamiast normowej wymiany powietrza na poziomie  $20\text{-}50\text{ m}^3/\text{h}$  (na osobę) może to być ponad  $100\text{ m}^3/\text{h}$ . Jasne jest więc, że ogrzewana ilość powietrza będzie kilka razy większa od wymaganej, a to przecież oczywista strata energii.

Wymianę powietrza prześledźmy teraz przy wentylacji mechanicznej z rekuperatorem o sprawności np. 80%. Przede wszystkim, temperatura powietrza opuszczającego komin będzie miała  $+4^{\circ}\text{C}$  (w uproszczeniu, bo w rzeczywistości o kilka stopni więcej), a napływającego do mieszkania  $-4^{\circ}\text{C}$ . Świeże powietrze trzeba będzie ogrzać o  $24^{\circ}\text{C}$ , a nie jak poprzednio o  $40^{\circ}\text{C}$ . Jednak na tym nie koniec – powietrze będzie wymieniane w wymaganej ilości, ani mniej, ani więcej, na dodatek



**12** Zasada działania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rys. Lindab)

niezależnie od temperatury powietrza zewnętrznego czy wiejącego wiatru. To czysty zysk.

Przykład ten dobitnie pokazuje, że każdy projekt budynku energooszczędnego powinien uwzględniać system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Niestety, trudno takie znaleźć wśród dokumentacji katalogowych. Pewnym pocieszeniem może być to, że rekuperator można zainstalować nawet w istniejącym domu i, co ważne, często bez większych problemów. Na rynku dostępne są różne rodzaje rekuperatorów o sprawności **60-90%** **13** i **14**. Ich zainstalowanie jest równoznaczne ze zmniejszeniem kosztów ogrzewania średnio o 25-40%. To z kolei oznacza, że ilość energii potrzebnej do ogrzewania powietrza wentylowanego może zmniejszyć się z 70 do 43%. Wtedy osiągnięcie idealnego podziału energii zużywanej w gospodarstwie staje się bardziej realne. Poza tym, system ogrzewania domu może być mocno zredukowany. Jasne jest więc, że to się opłaca (więcej w art. „Odzyskać ciepło”).



**13** Zastosowanie dwóch wymienników krzyżowych zwiększa sprawność rekuperatora do ok. 80% (fot. Ecotherm)



**14** Sprawność rekuperatora z wymiennikiem obrotowym dochodzi do 90% (fot. Systemair)