

Pomieszczenia i przegrody wewnętrzne

Pojemność cieplna odgrywa dużą rolę, zwłaszcza w budynkach o niezadowalającej izolacji cieplnej przegród. Ze względu na konieczność obliczania pojemności cieplnej, dla budynku lub lokalu powinno się wprowadzić wszystkie przegrody wewnętrzne. Najlepiej dane te wprowadza się po pomieszczeniach. W ten sposób można uniknąć błędów i łatwo jest sprawdzić poprawność wprowadzonych danych, zwłaszcza jeżeli trzeba po jakimś czasie wrócić do opracowanej charakterystyki lub świadectwa. Taka procedura jest obowiązkowa, jeżeli w budynku lub lokalu występują różne strefy oraz jeżeli występują pomieszczenia z chłodzeniem.

Wprowadzając dane o pomieszczeniach należy przygotować następujące informacje:

- nazwa pomieszczenia,
- przeznaczenie (użytkowe, usługowe lub ruchu),
- temperatura obliczeniowa ogrzewana i chłodzona w pomieszczeniu,
- powierzchnia,
- wysokość kondygnacji lub kubatura,
- sposób realizacji wentylacji,
- wymagana wymiana powietrza w pomieszczeniu,

dane dotyczące przegród budowlanych tj. powierzchnia oraz budowa przegrody (warstwy z których zbudowana jest przegroda, występowanie mostków cieplnych).

Przeznaczenie i wymiary. Do poprawnego wykonania projektowej charakterystyki energetycznej konieczne jest prawidłowe określenie powierzchni użytkowej budynku o regulowanej temperaturze oraz kubatury V_e , która określa kubaturę ogrzewanej części budynku, pomniejszonej o podcienia, balkony, loggie, galerie itp., liczonej po obrysie zewnętrznym. Kubatura V_e ma wpływ na określenie wartości granicznej $EP_{gr} = EP$ wg WT2008 [2].

Nieprawidłowe określenie wartości A_f oraz V_e może spowodować uzyskanie niższej wartości $EP_{gr} = EP_{H+W+C+L}$ i przyczynić się do trudności w spełnieniu wymagań warunków technicznych [2] (rys. 4).

Powierzchnia użytkowa o regulowanej temperaturze to powierzchnia zgodna z przeznaczeniem budynku, dla której określona jest temperatura wewnętrzna, zgodna z przeznaczeniem budynku, lokalu lub pomieszczenia, np. 16°C. Wyjaśnijmy, że w budynku handlowym powierzchnia handlowa stanowi powierzchnię użytkową. Natomiast powierzchnia usługowa to powierzchnia pełniąca funkcję służebną dla powierzchni użytkowej budynku, np. kotłownia, serwerownia, wentylatornia itp. Z kolei powierzchnia ruchu to powierzchnia, której funkcja związana jest z ruchem, przemieszczaniem się, np. zewnętrzna klatka schodowa w budynku mieszkalnym, korytarze w szkole.

Dla pomieszczeń mieszkalnych na strychu nie ma jednoznacznej definicji, jak określać ich powierzchnię użytkową, zatem każda forma będzie poprawna, tj. do wysokości 1,9 lub 2,2 m. Podobnie z kubaturą takiego pomieszczenia.

Temperatura w pomieszczeniu. Temperaturę należy określić zgodnie z normą lub zgodnie z wymogami technologicznymi albo innymi, odpowiadającymi analizowanemu pomieszczeniu. Aktualnie obowiązują temperatury określone w normie PN-EN 12831 (ekran 28).

EKRAN 28. Temperatur w pomieszczeniach wg PN-EN 12831

Temperatura wewnętrzna [°C]	
+5	<p>• pomieszczenia nieprzeznaczone na pobyt ludzi oraz przemysłowe pomieszczenia ogrzewane dyżurnie, np.:</p> <ul style="list-style-type: none">• magazyny bez stałej obsługi• garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów)• akumulatornie, maszynownie i szyby dźwigów osobowych
+8	<p>• pomieszczenia, w których nie występują zyski ciepła, a jednorazowy pobyt ludzi znajdujących się w ruchu i okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 h oraz pomieszczenia, w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., przekraczające 25 W na 1 m³ kubatury, np.:</p> <ul style="list-style-type: none">• klatki schodowe w budynkach mieszkalnych• hale sprężarek, pompownie• kuźnie, hartownie, wydziały obróbki cieplnej
+12	<p>• pomieszczenia, w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone do stałego pobytu ludzi, znajdujących się w okryciach zewnętrznych lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym powyżej 300 W oraz pomieszczenia, w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., wynoszące od 10 do 25 W na 1 m³ kubatury, np.:</p> <ul style="list-style-type: none">• magazyny i składy wymagające stałej obsługi• halle wejściowe, poczekalnie przy salach widowiskowych bez szatni, kościoły• hale pracy fizycznej o wydatku energetycznym powyżej 300 W, hale formiarni, maszynownie chłodni, ładownie akumulatorów• hale targowe, sklepy rybne i mięsne
+16	<p>• pomieszczenia, w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone na pobyt ludzi w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej i stojącej oraz bez okryć zewnętrznych znajdujących się w ruchu lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym do 300 W, a także pomieszczenia, w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., nieprzekraczające 10 W na 1 m³ kubatury, np.:</p> <ul style="list-style-type: none">• sale widowiskowe bez szatni• ustępy publiczne• szatnie okryć zewnętrznych• hale produkcyjne• sale gimnastyczne• kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe
+20	<p>• pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych niewykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej oraz kotłownie i węzły ciepłownicze, np.:</p> <ul style="list-style-type: none">• pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska gazowe lub elektryczne• pokoje biurowe, sale posiedzeń• muzea i galerie sztuki z szatniami• audytoria
+24	<p>• pomieszczenia przeznaczone do rozbierania lub przebywania ludzi bez odzieży, np.:</p> <ul style="list-style-type: none">• rozbieralnie- szatnie, łazienki, natryskownie, umywalnie, hale pływalni• gabinety lekarskie z rozbieraniem pacjentów• sale niemowląt i sale dziecięce w żłobkach• sale operacyjne

Temperaturę chłodzenia należy przyjąć zgodnie z projektem lub zgodnie z określonymi wymogami. Najczęściej przyjmuje się 23–24°C.

Wentylacja

Wentylacja w budynku, lokalu lub pomieszczeniu może być realizowana jako naturalna lub mechaniczna: nawiewna, wywiewna, nawiewno-wywiewna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła oraz z przerwami w działaniu.

Określenie wymaganej wymiany powietrza w pomieszczeniach oparte jest na normie PN-83/B-03430/Az3:2000, w której rozróżnia się pomieszczenia w budownictwie mieszkaniowym oraz pozostałe.

W budownictwie mieszkaniowym wentylacja naturalna realizowana jest z pomieszczeń czystych do brudnych, przy czym do wymaganej wymiany należy przyjąć wartość większą z dwóch: $\max(V_{\text{czyste}}; V_{\text{brudne}})$. Wymagana minimalna wymiana powietrza w pomieszczeniach czystych wynosi 1 wym/h. Wymagana wymiana w pomieszczeniach brudnych: kuchnia gazowa – 70 m³/h, kuchnia elektryczna – 50 m³/h, łazienka – 50 m³/h, WC – 30 m³/h. W rozporządzeniu [1] dla „kawalerek” do obliczeń należy przyjmować wartość łącznej wymiany 80 m³/h.

Dla pomieszczeń użyteczności publicznej wymagana minimalna wymiana powietrza wynika z liczby przebywających w nich użytkowników. Dla 1 osoby dorosłej wymagana jest wymiana 20 m³/h, a w pomieszczeniach, gdzie wolno palić – 30 m³/h. Dla dziecka – 15 m³/h. W pomieszczeniu klimatyzowanym oraz wentylowanym o nieotwieralnych oknach dla każdej osoby – 30 m³/h, a w przypadku palenia – 50 m³/h. W budynkach innego typu wymagana wymiana powietrza (oraz zmienność wymiany powietrza w poszczególnych pomieszczeniach) powinna wynikać z innych przepisów i powinna być uzgodniona z odpowiednim rzeczoznawcą. Wartości te powinny być określone w projekcie i przeniesione do obliczanej charakterystyki energetycznej budynku oraz do świadectwa charakterystyki energetycznej budynku ([formularz 7](#)).

Formularz 7. WENTYLACJA – PRZYGOTOWANIE DANYCH

Lokal	pomieszczenie	typ wentylacji	wymagana wymiana		skuteczność rekuperatora [%]	skuteczność wymiennika gruntowego [%]	czas wyłączenia went. mech. [h]	strumień wentylacji przy wyłączonych wentylatorach (kanałowej) [m ³ /h]
			nawiew [m ³ /h]	wywiew [m ³ /h]				

Przygotowując dane do wykonania projektowej charakterystyki energetycznej dla budynku chłodzonego należy dokładnie przeanalizować możliwość wprowadzenia przerw dla chłodzenia oraz dla ogrzewania. Brak przerw w przygotowaniu chłodu może spowodować, że spełnienie wymagań na EP będzie niemożliwe. Dlatego należy określić przerwy tygodniowe, weekendowe oraz inne. Należy podać wówczas długość przerwy, temperaturę w czasie trwania przerwy, powtarzalność przerwy (codziennie, dni robocze, weekend lub inne). Przerwy mogą być różne dla poszczególnych miesięcy – patrz: [formularz 8](#).

FORMULARZ 8. PRZYGOTOWANIE DANYCH DO PRZERW W OKRESIE GRZEWCZYM I KLIMATYZACYJNYM

miesiąc	przerwa w grzaniu/ chłodzeniu	Długość przerwy [h]	temp. w przerwie [°C]	okresowość		
				codziennie	dni robocze	weekend

Na poziomie lokalu można modyfikować zyski ciepła analizując zyski: od ludzi, oświetlenia, od urządzeń elektrycznych, od technologii, od cieczy (np. basenów pływackich) itp.

Powierzchnie przegród zewnętrznych

Wartość strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne H_{tr} oblicza się na podstawie równania:

$$H_{tr} = S_i [b_{tr,i} \cdot (A_i \cdot U_i + S_j L_j \cdot Y_j)],$$

gdzie:

A_i – pole powierzchni i-tej przegrody otaczającej przestrzeń o regulowanej temperaturze obliczana według wymiarów w osiach przegród prostopadłych do i-tej przegrody (wymiarzy okien i drzwi przyjmuje się jako wymiary otworów w ścianie [m²]),

U_i – współczynnik przenikania ciepła i-tej przegrody pomiędzy przestrzenią ogrzewaną i stroną zewnętrzną [W/(m²·K)],

Y_j – współczynnik przenikania ciepła w miejscu występowania j-tego liniowego mostka termicznego [W/(m K)],

L_j – długość j-tego liniowego mostka termicznego [m],

$b_{tr,i}$ – współczynnik zmniejszenia temperatury odnoszący się do przegród pomiędzy przestrzenią ogrzewaną i nieogrzewaną (dla przegród pomiędzy przestrzenią ogrzewaną i atmosferą zewnętrzną $b_{tr} = 1$).

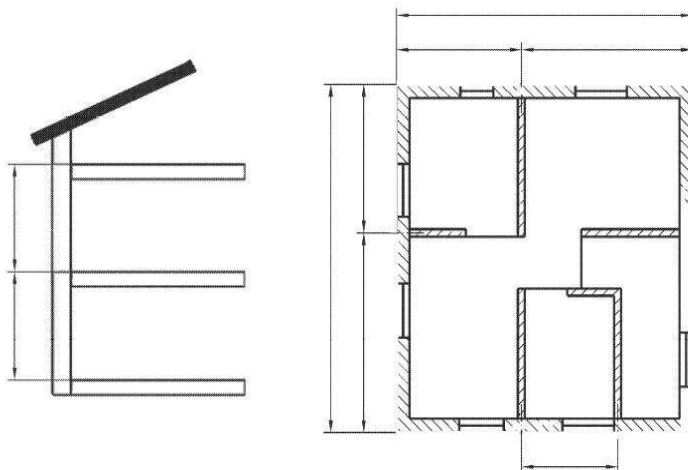
Tabela. Przykładowe wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła dla różnych rozwiązań detali mostków cieplnych

charakterystyka rozwiązania detalu izolacji	ψ [W/m·K]
Ościeże okienne; okno w licu zewnętrznym muru, izolacja muru nie zachodzi na ościeżnicę	0,19
Ościeże okienne; okno w licu zewnętrznym muru, izolacja muru zachodzi 3 cm na ościeżnicę	0,05
Ościeże okienne; okno w licu wewnętrznym muru, ościeże bez izolacji	0,39
Nadproże okienne; okno w licu zewnętrznym muru, izolacja muru nie zachodzi na ościeżnicę	0,29
Nadproże okienne ; okno w licu zewnętrznym muru, izolacja muru zachodzi 3 cm na ościeżnicę	0,06
Nadproże okienne; okno w licu wewnętrznym muru, nadproże bez izolacji od spodu	0,60
Nadproże okienne; okno w licu wewnętrznym muru, izolacja nadproża od spodu	0,20
Podokiennik; okno w licu zewnętrznym muru, kamienny podokiennik wewnętrzny oddzielony od kamiennego podokiennika zewnętrznego 1-cm przekładką ze styropianu	0,39
Podokiennik; okno w licu wewnętrznym muru, wierzch muru nieprzykryty izolacją	0,57
Podokiennik; okno w licu wewnętrznym muru, wierzch muru przykryty izolacją grubości 3 cm	0,22
Podokiennik; okno w licu zewnętrznym muru, kamienny podokiennik wewnętrzny, izolacja zachodzi 3 cm na ościeżnicę	0,07
Płyta balkonowa wspornikowa w przekroju poza drzwiami balkonowymi	0,65
Płyta balkonowa o własnej konstrukcji w przekroju poza drzwiami balkonowymi; beton płyty oddzielony od betonu stropu przekładką izolacji o grubości jak na murze	0,07
Płyta balkonowa wspornikowa w przekroju przez drzwi balkonowe	0,91

Obliczenia powierzchni przegród można wymiarować po wymiarach zewnętrznych. Na rys. 7 przedstawiono sposób wymiarowania przegród do obliczenia współczynnika strat ciepła.

Określenie współczynnika przenikania ciepła wymaga wprowadzenia wszystkich warstw przegrody oraz skorygowania wartości o mostki punktowe, nieszczelności, stropodachy odwrócone oraz mostki liniowe.

Mostki punktowe. W przegrodzie mogą występować różnego rodzaju łączniki mechaniczne, łączące warstwę zewnętrzną z warstwą wewnętrzną – nośną. Bardzo często są to łączniki stalowe, których wpływ na izolacyjność termiczną przegrody jest znaczący. Korektę należy wykonać przez podanie następujących danych: współczynnik przewodzenia ciepła λ (dla stali $\lambda = 58$ W/m·K), liczba łączników na 1 m^2 powierzchni przegrody (najczęściej 4 szt./ m^2) oraz powierzchnia łącznika stalowego.



Rysunek 7 – Przykłady wymiarów zewnętrznych w uproszczonej metodzie obliczeniowej

Mostki liniowe. Określenie wpływu mostków cieplnych na współczynnik strat ciepła H_{tr} wymaga określenia liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ oraz długości mostka liniowego L . W normie PN-EN ISO 14683:2008 zamieszczono katalog ponad 60 mostków cieplnych. Każdy przypadek powinno się przeanalizować indywidualnie. Pomocny może tu być katalog mostków cieplnych (Instrukcja ITB 389/2003), który zawiera 176 mostków cieplnych.

Warstwa niejednorodna. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła wymaga wykonania obliczeń zgodnie z normą PN-EN ISO 6946:2008. Poniżej przedstawiona jest procedura wykonywania obliczeń dla takiego przypadku.

Rozważmy następującą przegrodę: połac dachowa z izolacją z wełny mineralnej o gr. 15 cm i poszyciem wewnętrznym z płyt gipsowo-kartonowych gr. 25 mm, spadek połaci 100% (45°), krokwie sosnowe (6 x 18 cm) w rozstawie osiowym 0,9 m (rys. 6).

Wprowadzanie warstw przegrody do programu obliczeniowego zaczynamy od warstwy materiałowej z płyt gipsowo-kartonowych (grupa materiałów: Wyroby gipsowe) o grubości 0,025 m. Drugą warstwę wprowadzamy jako „Warstwę niejednorodną”. Określamy jej grubość na 0,15 m, zaznaczamy, że jest to warstwa izolacyjna, następnie dodajemy warstwy 2 wycinków.

EKRAN 29

Kalkulator U - warstwa niejednorodna

Grubość warstwy: m

Warstwa izolacyjna:

Warstwy kolejnych wycinków

Lp.	Nazwa	λ [W/(m*K)]	R [m²*K/W]	f
1.	Sosna i świerk - w poprzek włókien	0,16	0,938	0,067
2.	Weł. min. - filce, maty i płyty z wełny mineralnej 100-160	0,042	3,571	0,933

EKRAN 30

CERTO H - Kalkulator U

Warstwy Mostki

Lp.	Nazwa	λ [W/(m*K)]	R [m ² *K/W]	d [m]
1.	Płyty gipsowo-kartonowe	0,23	0,109	0,025
2.	Warstwa niejednorodna	0,050	3,006	0,15
3.	Dobrze wentylowana warstwa powietrza	-	0,000	0,03

Opis przegrody
Polać dachowa z izolacją z wełny mineralnej o gr. 15 cm i poszyciem wewnętrznym z płyt gipsowo-kartonowych gr. 25 mm; spadek połaci 100% (45°); krokwie sosnowe (6 x 18 cm) w rozstawie osiowym 0,9 m

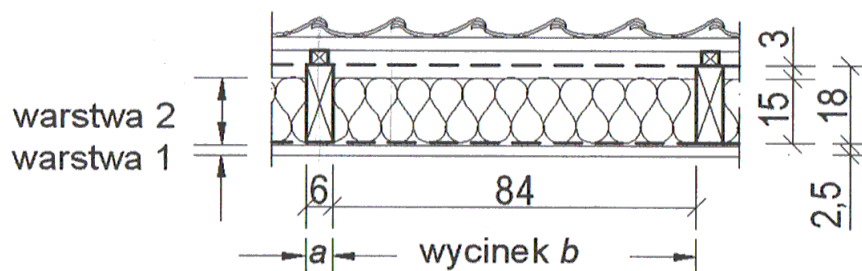
Warunki pracy: średniowilgotne wilgotne

Opory przyjmowania ciepła: Rsi: 0,1 m²*K/W; Rse: 0,04 m²*K/W

Wyniki obliczeń: **U = 0,298 W/(m²*K)**; R = 3,357 m²*K/W

OBLICZ OK Anuluj

Dla każdej warstwy wycinka, zamiast grubości tej warstwy, która jest określana dla całej warstwy niejednorodnej, podajemy jej względne pole powierzchni f . W naszym przykładzie będzie to $0,06/0,90 = 0,067$ dla krokwie oraz $0,84/0,90 = 0,933$ dla wełny mineralnej.



RYS. 6. SCHEMAT KONSTRUKCJI WIĘŻBY DACHOWEJ

W ostatnim kroku dodajemy dobrze wentylowaną warstwę powietrza o grubości 0,03 m. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku izolacji międzykrokwiowej, nie pokrywającej pełnej wysokości krokwie (materiał termoizolacyjny + szczelina powietrzna), obliczenia prowadzi się jak dla powierzchni płaskiej, zakładając myślowe usunięcie części wystających (stąd grubość warstwy niejednorodnej równa się 15 cm, zamiast 18 cm). Ponadto pustka powietrzna pomiędzy termoizolacją a folią wstępnego krycia pełni rolę wentylacyjną (szczelina dobrze wentylowana), stąd nie uwzględnia się oporu cieplnego pustki i kolejnych warstw w kierunku środowiska zewnętrznego. Zatem (dla uproszczenia) nie wprowadzamy następujących warstw leżących za tą pustką powietrzną: wiatroizolacja (folia wstępnego krycia), kontrłaty, łaty, dachówka zakładkowa.

Podsumowanie

Należy mieć świadomość, że przy sporządzaniu charakterystyk i świadectw energetycznych może się okazać, iż pierwotnie przyjęte założenia wymagają kolejnej weryfikacji. Najczęściej należy ponownie przeanalizować:

- poprawność przyjętych wartości strumienia ciepła dla zysków,
- poprawność przyjętej wartości określającej szczelność budynku,
- przyjęte składowe sprawności na c.o., c.w.u. i chłód,
- przerwy w grzaniu i chłodzeniu.

Warto także sprawdzić, czy przyjęty do obliczeń strumień odpowiada wartościom normowym oraz czy

zastosowana wartość wymiany powietrza nie jest maksymalną chwilową wartością (do analiz należy stosować średnią dobową wartość strumienia w odniesieniu do godziny czyli m³/h lub liczba wymian/h). Istotne jest również zweryfikowanie czy powierzchnia użytkowa o regulowanej temperaturze została przyjęta poprawnie (nie należy przy tym sugerować się wartościami przyjętymi w projekcie, gdyż mogą być założone błędnie).

inż. Jerzy Żurawski

Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

Więcej na temat programów potrzebnych przy sporządzaniu charakterystyki energetycznej m.in. na www.cieplej.pl.

Przy sporządzaniu artykułu wykorzystano program CERTO.

Przepisy prawne:

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (Dz.U. 2008.201.1240).

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2008.201.1238 ze zm.).

[3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. z 2008.201.1239 ze zm.).

Przywołane normy:

- PN-EN 12831 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- PN-EN ISO 13370:2008 Ciepłne właściwości użytkowe budynków – Przenoszenie ciepła przez grunt.
- PN-EN ISO 13790:2008 Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia.
- PN-ISO 9972:1999 Izolacja cieplna. Określanie szczelności budynku. Pomiar ciśnieniowy przy użyciu wentylatora.
- PN-EN 13465:2006 Wentylacja budynków – Metody obliczeniowe do wyznaczania wartości strumienia objętości powietrza w mieszkaniach.
- PN-B-02025: 2001 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.
- PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania.
- PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania.