

Michał Strzeszewski
Piotr Wereszczyński

Norma PN–EN 12831

Nowa metoda

obliczania projektowego
obciążenia cieplnego

Poradnik

Michał Strzeszewski

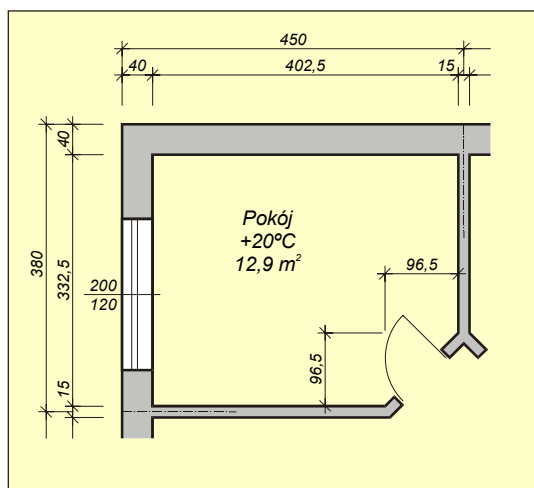
Piotr Wereszczyński

Norma PN–EN 12831

Nowa metoda

obliczania projektowego obciążenia cieplnego

Poradnik



Warszawa 2009

Norma PN–EN 12831. Nowa metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
Poradnik. Wersja 1.10.

W opracowaniu przedstawiono metodykę obliczania obciążenia cieplnego pomieszczeń i budynków wg normy PN–EN 12831. Zwrócono uwagę na główne różnice w stosunku do normy PN-B-03406:1994. Zasady obliczeń zilustrowano przykładami. Omówiono również wspomagane komputerowo obliczanie obciążenia cieplnego budynków.

Wydawca

Rettig Heating Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa
44-203 Rybnik

Biuro Handlowe

ul. Ciszewskiego 15
02-777 Warszawa
budynek KEN Center
tel. (22) 544 10 00
fax (22) 544 10 01

(www.purmo.pl)

Opracowano we współpracy
z firmą

Sankom Sp. z o.o.
(www.sankom.pl)

Niniejszy poradnik może być wykorzystywany wyłącznie do celów informacyjno-dydaktycznych. Inne wykorzystanie jest zastrzeżone. W szczególności poradnik nie zastępuje Polskiej Normy i nie może służyć jako podstawa prowadzenia obliczeń projektowych.

Autorzy dołożyli należytych starań w trakcie opracowywania poradnika. Jednak autorzy ani wydawca nie gwarantują braku błędów i nie ponoszą odpowiedzialności za żadne straty ani utracone zyski, powstałe w wyniku wykorzystania poradnika.

Przedmowa

5 czerwca 2006 r. została zatwierdzona norma PN-EN 12831:2006, będąca tłumaczeniem normy europejskiej EN 12831:2003. Nowa norma wprowadza wiele zmian w stosunku do dotychczasowej metodyki obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków. Jest ich tak dużo, że w zasadzie powinno się mówić raczej o zupełnie nowej metodyce niż o modyfikacji obecnego sposobu prowadzenia obliczeń.

6 listopada 2008 r. Minister Infrastruktury podpisał *Rozporządzenie zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. 2008 nr 201) [23], wprowadzające m.in. obowiązek stosowania normy PN-EN 12831:2006 od 1 stycznia 2009 r.

Wprowadzaniu nowej metodyki obliczeniowej powinna towarzyszyć szeroka akcja popularyzatorsko-szkoleniowa. Niniejszy poradnik ma – w zamierzeniu autorów – być elementem takiej akcji.

Otrzymujemy szereg sygnałów świadczących, że poradnik jest szeroko wykorzystywany, zarówno przez projektantów, jak i studentów kierunków technicznych. Chcielibyśmy w tym miejscu jeszcze raz podziękować wszystkim osobom, które podzieliły się z nami swoimi uwagami nt. poradnika i przyczyniły się do podniesienia jego poziomu merytorycznego.

Po początkowym okresie stosowania nowej metodyki planowane jest przygotowanie drugiego rozszerzonego wydania niniejszego poradnika, uwzględniającego doświadczenia praktyczne, związane ze stosowaniem nowej normy.

Michał Strzeszewski

Piotr Wereszczyński

Spis treści

1. Zasady ogólne	1
1.1 Wprowadzenie.....	1
1.2 Obowiązek stosowania normy	2
1.3 Założenia metody	2
1.4 Procedura obliczeniowa w odniesieniu do przestrzeni ogrzewanej	3
1.5 Procedura obliczeniowa w odniesieniu do budynku lub jego części	3
1.6 Całkowita projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej – przypadki podstawowe	3
1.7 Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej.....	4
1.8 Projektowe obciążenie cieplne budynku lub jego części	5
2. Wartości temperatury	6
2.1 Wprowadzenie.....	6
2.2 Strefy klimatyczne	6
2.3 Projektowa temperatura zewnętrzna	6
2.4 Średnia roczna temperatura zewnętrzna	6
2.5 Projektowa temperatura wewnętrzna	6
3. Obliczanie projektowej straty ciepła przez przenikanie.....	9
3.1 Wprowadzenie.....	9
3.2 Stosowane wymiary	9
3.3 Projektowa strata ciepła przez przenikanie	10
3.4 Straty ciepła bezpośrednio na zewnątrz	10
3.5 Uproszczona metoda w odniesieniu do strat ciepła przez przenikanie.....	11
3.6 Straty ciepła przez przestrzeń nieogrzewaną.....	12
3.7 Straty ciepła do gruntu	15
3.8 Straty ciepła między przestrzeniami ogrzewanymi do różnych wartości temperatury.....	15
3.9 Podsumowanie.....	17
4. Przykłady obliczania projektowej straty ciepła przez przenikanie	18
4.1 Przykład 1.....	18
4.1.1 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006	18
4.1.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994.....	19
4.1.3 Porównanie wyników.....	19
4.2 Przykład 2.....	19
4.2.1 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006	20
4.2.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994.....	21
4.2.3 Porównanie wyników.....	21
4.3 Przykład 3.....	21
4.3.1 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006	22
4.3.2 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006 z uwzględnieniem wymagań Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych	23
4.3.3 Obliczenia wg PN-B-03406:1994.....	23
4.3.4 Porównanie wyników.....	23
4.4 Podsumowanie.....	24

5. Obliczanie projektowej straty ciepła do gruntu	25
5.1 Wprowadzenie.....	25
5.2 Współczynnik straty ciepła przez przenikanie do gruntu	25
5.3 Wymiar charakterystyczny podłogi.....	26
5.4 Równoważny współczynnik przenikania ciepła	26
6. Obliczanie projektowej wentylacyjnej straty ciepła w przypadku wentylacji naturalnej.....	31
6.1 Wprowadzenie.....	31
6.2 Projektowa wentylacyjna strata ciepła.....	31
6.3 Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła	31
6.4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego	32
6.5 Infiltracja przez obudowę budynku	32
6.6 Minimalny strumień objętości powietrza ze względów higienicznych.....	34
6.7 Projektowe obciążenie cieplne budynku lub jego części	34
6.8 Przykład	34
6.8.1 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006	35
6.8.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994.....	36
6.8.3 Porównanie wyników.....	36
7. Obliczanie projektowej wentylacyjnej straty ciepła w przypadku instalacji wentylacyjnej	37
7.1 Wprowadzenie.....	37
7.2 Projektowa wentylacyjna strata ciepła.....	37
7.3 Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła	37
7.4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego	38
7.5 Strumień powietrza doprowadzonego.....	38
7.6 Odzysk ciepła.....	39
7.7 Nadmiar strumienia powietrza usuwanego.....	40
7.8 Projektowe obciążenie cieplne budynku lub jego części	41
7.9 Przykład	41
7.9.1 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006	42
7.9.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994.....	43
7.10 Podsumowanie.....	44
8. Nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania	45
8.1 Wprowadzenie.....	45
8.2 Założenia metody.....	46
8.3 Współczynnik nagrzewania	46
8.4 Przykład	48
8.5 Podsumowanie.....	49
9. Obliczanie obciążenia cieplnego wysokich pomieszczeń.....	50
9.1 Wprowadzenie.....	50
9.2 Współczynnik poprawkowy	50
9.3 Przykład	50

10. Wspomagane komputerowo obliczanie obciążenia cieplnego budynków	52
10.1 Wprowadzenie.....	52
10.2 Dane ogólne.....	52
10.2.1 Podstawowe dane	53
10.2.2 Straty ciepła do sąsiednich lokali.....	54
10.2.3 Mostki cieplne	54
10.3 Współczynniki przenikania ciepła	56
10.4 Pomieszczenia.....	57
10.5 Wentylacja	59
10.6 Obliczenia	59
10.7 Podsumowanie.....	60
11. Przykład wspomagane komputerowo obliczania obciążenia cieplnego pomieszczenia	61
11.1 Dane wyjściowe.....	61
11.2 Wprowadzanie danych	62
11.3 Porównanie wyników.....	71
12. Literatura	74
13. Załączniki.....	75
13.1 Terminy występujące w normie PN-EN 12831:2006	75
13.2 Porównanie wybranych pojęć i symboli występujących w normach PN-EN 12831:2006 i PN-B-03406:1994	76
13.3 Wybrane indeksy występujące w normie PN-EN 12831:2006	78
13.4 Alfabet grecki	79

1. Zasady ogólne

1.1 Wprowadzenie

Norma PN-EN 12831:2006 [20] jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 12831:2003 [17].

Niewątpliwą zaletą wprowadzenia norm europejskich będzie ułatwienie inżynierom świadczenia usług projektowych w innych krajach Unii Europejskiej. Należy jednak pamiętać, że szczegółowe wymagania w poszczególnych krajach członkowskich, podane w załącznikach krajowych do normy, mogą się różnić.

Norma europejska EN 12831:2003 została przyjęta przez CEN (Europejski Komitet Normalizacyjny) 6 lipca 2002 r. Zgodnie z przepisami wewnętrznymi CEN/CENELEC członkowie CEN są zobowiązani do nadania normie europejskiej statusu normy krajowej bez wprowadzania jakichkolwiek zmian. Członkami CEN są krajowe jednostki normalizacyjne państw Unii Europejskiej oraz Szwajcaria, Norwegia i Islandia (członkowie EFTA¹). Norma podaje nie tylko nową metodykę obliczeń, ale również wprowadza nowy system pojęć. Terminy występujące w normie podano w załączniku 11.1. Natomiast porównanie podstawowych pojęć i symboli występujących w normie PN-EN 12831:2006 oraz dotychczasowej PN-B-03406:1994 [13] zestawiono w załączniku 11.2. W celu sprawnego posługiwania się nową normą wskazane jest również zapoznanie się ze stosowanymi indeksami (załącznik 11.3). Poza tym w nowej normie do oznaczeń wykorzystano szereg liter greckich. W załączniku 11.4 zamieszczono alfabet grecki wraz z polskimi nazwami liter.

Jedną ze zmian w nazewnictwie, jest użycie określenia „projektowy” zamiast dotychczasowego słowa „obliczeniowy”. Zmiana ta jest najprawdopodobniej jedną z najłatwiejszych do przyswojenia, ponieważ dotyczy jedynie słownictwa i nie wpływa na tok obliczeń.

Bardziej istotną zmianą jest rozróżnienie w nowej normie pojęć „całkowita projektowa strata ciepła” i „projektowe obciążenie cieplne”, podczas gdy w dotychczasowej normie analogiczne pojęcia były tożsame.

Różnica polega na tym, że w pojęciu „projektowe obciążenie cieplne” – obok całkowitej projektowej straty ciepła – uwzględnia się dodatkowo nadwyżkę mocy cieplnej, wymaganą do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania. W normie PN-B-03406:1994 zrezygnowano natomiast ze względów ekonomicznych z występującego wcześniej „dodatku na przerwy w działaniu ogrzewania” (czyli odpowiednika wspomnianej nadwyżki mocy cieplnej) [13].

Norma PN-EN 12831:2006 podaje sposób obliczania obciążenia cieplnego:

- dla poszczególnych pomieszczeń (przestrzeni ogrzewanych) w celu doboru grzejników,
- dla całego budynku lub jego części w celu doboru źródła ciepła.

Metoda zawarta w normie może być stosowana w tzw. „podstawowych przypadkach”, które obejmują budynki z wysokością pomieszczeń ograniczoną do 5 m, przy założeniu że są one ogrzewane w warunkach projektowych do osiągnięcia stanu ustalonego.

¹ EFTA – Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu (ang. *European Free Trade Association*)

Natomiast w załączniku informacyjnym (nienormatywnym) zamieszczono instrukcje obliczania projektowych strat ciepła w przypadkach szczególnych:

- pomieszczenia o dużej wysokości (powyżej 5 m),
- budynki o znacznej różnicy między temperaturą powietrza i średnią temperaturą promieniowania.

Ponadto norma podaje metodę uproszczoną, która może być stosowana dla budynków mieszkalnych, w których krotność wymiany powietrza, przy różnicy ciśnienia między wnętrzem a otoczeniem budynku równej 50 Pa, n_{50} jest niższa od 3 h^{-1} .

1.2 Obowiązek stosowania normy

W art. 4. ust. 3. Ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji czytamy:

3. Stosowanie Polskich Norm jest dobrowolne.

Oznacza to, że obecnie normy „same z siebie” nie stanowią prawa i sam fakt przyjęcia normy przez PKN nie powoduje obowiązku ich stosowania. Jest to sytuacja odmienna niż w poprzednim okresie, kiedy stosowanie wszystkich Norm Polskich i branżowych było obowiązkowe pod karą aresztu lub grzywny.

Jednak już następny ustęp tej samej ustawy mówi:

4. Polskie Normy mogą być powoływane w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim.

Oznacza to, że przepisy prawne (np. ustawy czy rozporządzenia ministrów) mogą wprowadzać obowiązek stosowania pewnych norm (w całości lub części). Jedynym ograniczeniem we wprowadzaniu obowiązku stosowania norm jest ich opublikowanie w języku polskim. W związku z tym Normy Europejskie przyjmowane jako Normy Polskie w języku oryginału nie mogą być powołane w przepisach prawnych.

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 nr 201) [23], wprowadza m.in. obowiązek stosowania całości normy PN-EN 12831:2006 od 1 stycznia 2009 r. w zakresie § 134 ust. 1:

§ 134. 1. Instalacje i urządzenia do ogrzewania budynku powinny mieć szczytową moc cieplną określoną zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi obliczania zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń, a także obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła przegród budowlanych.

1.3 Założenia metody

Metoda obliczeniowa została opracowana przy następujących założeniach:

- równomierny rozkład temperatury powietrza i temperatury projektowej (wysokość pomieszczeń nie przekracza 5 m),
- wartości temperatury powietrza i temperatury operacyjnej są takie same (budynki dobrze zaizolowane),
- warunki ustalone (stałe wartości temperatury),
- stałe właściwości elementów budynków w funkcji temperatury.

1.4 Procedura obliczeniowa w odniesieniu do przestrzeni ogrzewanej

Procedura obliczeniowa dla przestrzeni ogrzewanej jest następująca:

- określenie wartości projektowej temperatury zewnętrznej i średniej rocznej temperatury zewnętrznej;
- określenie statusu każdej przestrzeni (czy jest ogrzewana, czy nie) oraz wartości projektowej temperatury wewnętrznej dla każdej przestrzeni ogrzewanej;
- określenie charakterystyk wymiarowych i cieplnych wszystkich elementów budynku dla wszystkich przestrzeni ogrzewanych i nieogrzewanych;
- obliczenie wartości współczynnika projektowej straty ciepła przez przenikanie i następnie projektowej straty ciepła przez przenikanie przestrzeni ogrzewanej;
- obliczenie wartości współczynnika projektowej wentylacyjnej straty ciepła i wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej;
- obliczenie całkowitej projektowej straty ciepła;
- obliczenie nadwyżki mocy cieplnej przestrzeni ogrzewanej, czyli dodatkowej mocy cieplnej, potrzebnej do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu;
- obliczenie całkowitego projektowego obciążenia cieplnego przestrzeni ogrzewanej.

1.5 Procedura obliczeniowa w odniesieniu do budynku lub jego części

Po przeprowadzeniu obliczeń dla wszystkich przestrzeni ogrzewanych można obliczyć całkowite projektowe obciążenie cieplne budynku (części budynku) w celu dobrania źródła ciepła. W tym przypadku procedura obliczeniowa jest następująca:

- obliczenie sumy projektowych strat ciepła przez przenikanie we wszystkich przestrzeniach ogrzewanych bez uwzględnienia ciepła wymienianego wewnątrz określonych granic instalacji;
- obliczenie sumy projektowych wentylacyjnych strat ciepła wszystkich przestrzeni ogrzewanych bez uwzględniania ciepła wymienianego wewnątrz określonych granic instalacji;
- obliczenie całkowitej projektowej straty ciepła budynku;
- obliczenie całkowitej nadwyżki ciepła budynku, wymaganej do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu;
- obliczenie obciążenia cieplnego budynku.

1.6 Całkowita projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej – przypadki podstawowe

Norma PN–EN 12831 podaje wzór do obliczania całkowitej projektowej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej w podstawowych przypadkach:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}, \quad W \quad (1.1)$$

gdzie:

- $\Phi_{T,i}$ – projektowa strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (i) przez przenikanie, W;
 $\Phi_{V,i}$ – projektowa wentylacyjna strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (i), W.

Wzór powyższy jest zbliżony do wzoru wg normy PN-B-03406:1994:

$$Q = Q_p (1 + d_1 + d_2) + Q_w, \quad \text{W} \quad (1.2)$$

gdzie:

- Q_p – straty ciepła przez przenikanie, W;
- d_1 – dodatek do strat ciepła przez przenikanie dla wyrównania wpływu niskich temperatur powierzchni przegród chłodzących pomieszczenia;
- d_2 – dodatek do strat ciepła przez przenikanie uwzględniający skutki nasto-
necznienia przegród i pomieszczeń;
- Q_w – zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji, W.

Główna różnica polega na tym, że w nowym wzorze nie występują dodatki do strat ciepła przez przenikanie. W nowej normie nie uwzględnia się wpływu przegród chłodzących przy założeniu, że budynek jest dobrze zaizolowany. Natomiast jeśli tak nie jest, należy zastosować metodę dla budynków o znacznej różnicy między temperaturą powietrza i średnią temperaturą promieniowania (przypadek szczególny).

1.7 Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej

Natomiast w projektowym obciążeniu cieplnym przestrzeni ogrzewanej, jak już wspomniano, uwzględnia się dodatkowo nadwyżkę mocy cieplnej, wymaganą do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, \quad \text{W} \quad (1.3)$$

gdzie:

- $\Phi_{RH,i}$ – nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania strefy ogrzewanej (i), W;

pozostałe oznaczenia j.w.

1.8 Projektowe obciążenie cieplne budynku lub jego części

Projektowe obciążenie cieplne dla całego budynku (lub jego części) oblicza się analogicznie, w następujący sposób:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}, \quad W \quad (1.4)$$

gdzie:

- $\sum \Phi_{T,i}$ – suma strat ciepła przez przenikanie wszystkich przestrzeni ogrzewanych budynku z wyłączeniem ciepła wymienianego wewnątrz budynku, W;
- $\sum \Phi_{V,i}$ – wentylacyjne straty ciepła wszystkich przestrzeni ogrzewanych z wyłączeniem ciepła wymienianego wewnątrz budynku, W;
- $\sum \Phi_{RH,i}$ – suma nadwyżek mocy cieplnej wszystkich przestrzeni ogrzewanych wymaganych do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania, W.

2. Wartości temperatury

2.1 Wprowadzenie

Jak już wspomniano, jedną ze zmian jest używanie określenia „projektowy” zamiast dotychczasowego słowa „obliczeniowy”.

Poza tym, obecnie przyjmuje się, że temperatura wewnętrzna, stosowana do obliczania strat ciepła przez przenikanie, to temperatura operacyjna, a nie temperatura powietrza. Temperatura operacyjna oznacza średnią arytmetyczną z wartości temperatury powietrza wewnętrznego i średniej temperatury promieniowania.

2.2 Strefy klimatyczne

Podział Polski na strefy klimatyczne pokazano na rys. 2.1. Podział wg PN–EN 12831 odpowiada dokładnie dotychczasowemu podziałowi wg normy PN-82/B-02403 [12]. Zmiana dotyczy jedynie tego, że obecnie podział ten podany jest w załączniku krajowym do normy na obliczanie obciążenia cieplnego, a nie w oddzielnej normie.

2.3 Projektowa temperatura zewnętrzna

Wartości projektowej temperatury zewnętrznej zamieszczono w tabeli 2.1. Projektowa temperatura zewnętrzna wg PN–EN 12831 odpowiada obliczeniowej temperaturze powietrza na zewnątrz budynku wg PN-82/B-02403. Zmiany dotyczą jedynie używanego terminu oraz zamieszczenia wartości temperatury w załączniku krajowym do normy na obliczanie obciążenia cieplnego, a nie w osobnej normie.

2.4 Średnia roczna temperatura zewnętrzna

Załącznik krajowym do normy PN–EN 12831 podaje również wartości średniej rocznej temperatury zewnętrznej (tabela 2.1). Wartości te nie były podane w normie PN-82/B-02403, gdyż nie były potrzebne do obliczania zapotrzebowania na ciepło wg normy PN-B-03406:1994. Natomiast obecnie są one wykorzystywane do obliczania strat ciepła do gruntu oraz strat ciepła przez przenikanie do przyległych pomieszczeń.

2.5 Projektowa temperatura wewnętrzna

Norma PN–EN 12831 podaje również wartości projektowej temperatury wewnętrznej (tabela 2.2). Wcześniej wartości „temperatury obliczeniowej w pomieszczeniach” podane były w normie PN-82/B-02402 [11], a następnie w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [22]. Norma PN–EN 12831 w zasadzie przytacza tabelę z Rozporządzenia jedynie z drobnymi zmianami. Natomiast w stosunku do normy PN-82/B-02402 zmiana polega na obniżeniu temperatury w pomieszczeniach przeznaczonych do rozbierania oraz na pobyt ludzi bez odzieży (np. łazienki, gabinety lekarskie) z 25°C do 24°C oraz rezygnacji z najwyższej temperatury 32°C.



Rys. 2.1. Podział terytorium Polski na strefy klimatyczne. Na podstawie [20]

Tabela 2.1. Projektowa temperatura zewnętrzna i średnia roczna temperatura zewnętrzna [20]

Strefa klimatyczna	Projektowa temperatura zewnętrzna, °C	Średnia roczna temperatura zewnętrzna, °C
I	-16	7,7
II	-18	7,9
III	-20	7,6
IV	-22	6,9
V	-24	5,5

Tabela 2.2. Projektowa temperatura wewnętrzna [20]

Przeznaczenie lub sposób wykorzystania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń	ϑ_{int} °C
– nieprzeznaczone na pobyt ludzi, – przemysłowe – podczas działania ogrzewania dyżurnego (jeśli pozwalają na to względy technologiczne)	magazyny bez stałej obsługi, garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów), akumulatornie, maszynownie i szyby dźwigów osobowych	5
– w których nie występują zyski ciepła, a jednorazowy pobyt ludzi znajdujących się w ruchu i okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 h, – w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., przekraczające 25 W na 1 m³ kubatury pomieszczenia	klatki schodowe w budynkach mieszkalnych, hale sprężarek, pompownie, kuźnie, hartownie, wydziały obróbki cieplnej	8
– 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, – w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., wynoszące od 10 do 25 W na 1 m³ kubatury pomieszczenia	magazyny i składy wymagające stałej obsługi, hole 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	12
– w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone na pobyt ludzi: - o w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej i stojącej, - o bez okryć zewnętrznych znajdujących się w ruchu lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym do 300 W, – w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., nieprzekraczające 10 W na 1 m³ kubatury pomieszczenia	sale widowiskowe bez szatni, ustępy publiczne, szatnie okryć zewnętrznych, hale produkcyjne, sale gimnastyczne, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe	16
– przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonywujących w sposób ciągły pracy fizycznej – kotłownie i węzły cieplne	pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska gazowe lub elektryczne, pokoje biurowe, sale posiedzeń, muzea i galerie sztuki z szatniami, audytoria	20
– przeznaczone do rozbierania, – przeznaczone na pobyt ludzi bez odzieży	łazienki, rozbieralnie-szatnie, umywalnie, natryskownie, hale pływalni, gabinety lekarskie z rozbieraniem pacjentów, sale niemowląt i sale dziecięce w żłobkach, sale operacyjne	24

3. Obliczanie projektowej straty ciepła przez przenikanie

3.1 Wprowadzenie

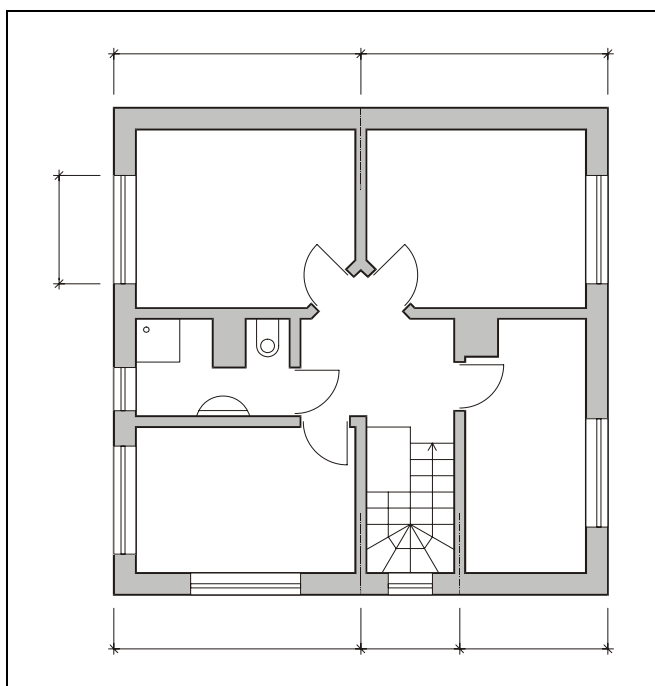
Norma PN-EN 12831:2006 [20] wprowadza szereg zasadniczych zmian w stosunku do dotychczasowej normy PN-B-03406:1994 [13]. Najważniejsze zmiany w zakresie określania strat ciepła przez przenikanie to:

- wprowadzenie współczynnika straty ciepła przez przenikanie,
- zmiana sposobu określania wymiarów elementów budynku,
- uwzględnianie mostków cieplnych,
- zmiana sposobu określania strat ciepła do gruntu,
- zmiana sposobu określania strat ciepła do pomieszczeń nieogrzewanych,
- uwzględnianie strat ciepła do pomieszczeń o takiej samej projektowej temperaturze, jeśli należą do osobnej jednostki budynku (np. innego mieszkania) lub do budynku przyległego.

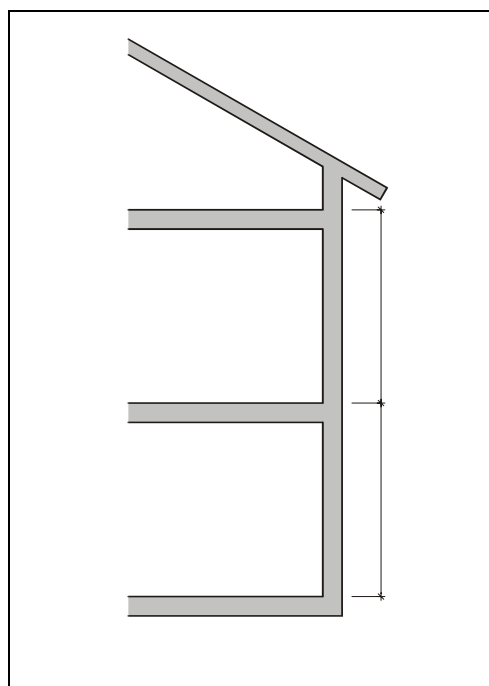
3.2 Stosowane wymiary

Zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 12831:2006, przy obliczaniu strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne należy stosować wymiary zewnętrzne, czyli wymiary mierzone po zewnętrznej stronie budynku. W szczególności wysokość ściany mierzy się pomiędzy powierzchniami podłóg. Przykłady wymiarów pokazano na rys. 3.1 i 3.2.

Norma PN-EN 12831:2006 nie precyzuje jednak sposobu określania wymiarów przegród wewnętrznych. Zdaniem autorów niniejszego poradnika, wymiary przegród wewnętrznych powinny być określone w oparciu o wymiary w osiach przegród ograniczających (tak, jak było to określone w normie PN-B-03406:1994).



Rys. 3.1. Przykład wymiarów poziomych



Rys. 3.2. Przykład wymiarów pionowych

3.3 Projektowa strata ciepła przez przenikanie

Norma PN-EN 12831:2006 podaje następujący wzór do obliczania projektowej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej (*i*) przez przenikanie:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ W} \quad (3.1)$$

gdzie:

- $H_{T,ie}$ – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do otoczenia (*e*) przez obudowę budynku, W/K;
- $H_{T,iue}$ – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do otoczenia (*e*) przez przestrzeń nieogrzewaną (*u*), W/K;
- $H_{T,ig}$ – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do gruntu (*g*) w warunkach ustalonych, W/K;
- $H_{T,ij}$ – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do sąsiedniej przestrzeni (*j*) ogrzewanej do znacząco różnej temperatury, tzn. przyległej przestrzeni ogrzewanej w tej samej części budynku lub w przyległej części budynku, W/K;
- $\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (*i*), °C;
- θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, °C.

Wg nowej metodyki najpierw oblicza się współczynniki projektowych strat ciepła, a dopiero później mnoży się ich sumę przez różnicę temperatury wewnętrznej i zewnętrznej. Natomiast wg normy PN-B-03406:1994 od razu obliczało się straty ciepła.

3.4 Straty ciepła bezpośrednio na zewnątrz

Wartość współczynnika straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) na zewnątrz (*e*) $H_{T,ie}$ zależy od wymiarów i cech charakterystycznych elementów budynku oddzielających przestrzeń ogrzewaną od środowiska zewnętrznego, takich jak ściany, podłogi, stropy, drzwi i okna. Wg normy PN-EN 12831:2006 uwzględnia się również liniowe mostki cieplne:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \text{ W/K} \quad (3.2)$$

gdzie:

- A_k – powierzchnia elementu budynku (*k*), m²;
- U_k – współczynnik przenikania ciepła przegrody (*k*), W/m²K;
- ψ_l – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (*l*), W/mK;
- l_l – długość liniowego mostka cieplnego (*l*) między przestrzenią wewnętrzną a zewnętrzną, m;
- e_k, e_l – współczynniki korekcyjne ze względu na orientację, z uwzględnieniem wpływów klimatu; takich jak: różne izolacje, absorpcja wilgoci przez elementy budynku, prędkość wiatru i temperatura powietrza, w przypadku gdy wpływy te nie zostały wcześniej uwzględnione przy określaniu wartości współczynnika U_k (EN ISO 6946 [19]).

Współczynnik przenikania ciepła U_k należy obliczać według:

- normy EN ISO 6946 – dla elementów nieprzezroczystych;
- normy EN ISO 10077-1 [21] – dla drzwi i okien;
- lub na podstawie zaleceń podanych w europejskich aprobaty technicznych.

Współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego ψ_l powinien być określony wg normy EN ISO 10211-2 [16] (obliczenia numeryczne) lub w sposób przybliżony z wykorzystaniem wartości stabelaryzowanych podanych w normie EN ISO 14683 [15].

Oryginalnym zastosowaniem wartości stabelaryzowanych, podanych w normie EN ISO 14683, były obliczenia w odniesieniu do całego budynku. W przypadku obliczeń metodą „pomieszczenie po pomieszczeniu”, konieczny jest podział wartości współczynnika przenikania ciepła mostka pomiędzy pomieszczenia, jeśli mostek cieplny znajduje się na granicy pomieszczeń (np. strop przecinający izolację ściany zewnętrznej). Podział ten norma PN-EN 12831:2006 pozostawia do uznania projektanta.

W obliczeniach nie uwzględnia się nieliniowych mostków cieplnych.

Orientacyjne wartości współczynników korekcyjnych podane są w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006:

$$e_k = 1,0; \quad e_l = 1,0 \quad (3.3)$$

W związku z tym równanie (3.2) w praktyce upraszcza się do następującej postaci:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l, \quad \text{W/K} \quad (3.4)$$

3.5 Uproszczona metoda w odniesieniu do strat ciepła przez przenikanie

W obliczeniach strat ciepła przez przenikanie, mostki cieplne można uwzględnić metodą uproszczoną. Polega ona na przyjęciu skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła:

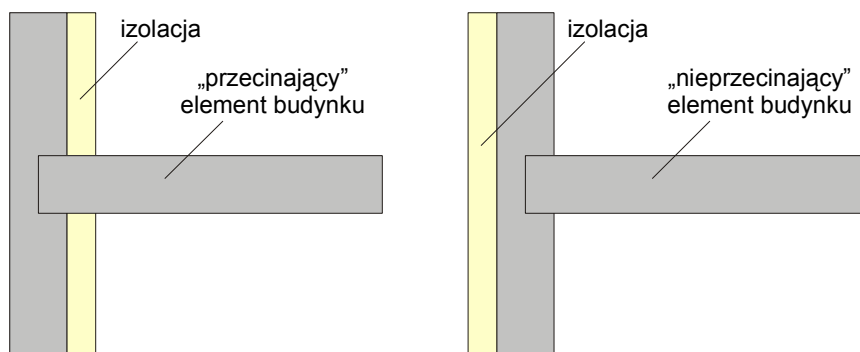
$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}, \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (3.5)$$

gdzie:

- U_{kc} – skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k), z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych, $\text{W/m}^2\text{K}$;
- U_k – współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k), $\text{W/m}^2\text{K}$;
- ΔU_{tb} – współczynnik korekcyjny w zależności od typu elementu budynku, $\text{W/m}^2\text{K}$.

Orientacyjne wartości współczynnika ΔU_{tb} podane są w tabelach 3.1 do 3.3. Pojęcie elementu budynku „przecinającego” i „nieprzecinającego” izolację zostało zobrazowane na rys. 3.3.

Zaletą uproszczonej metody uwzględniania mostków cieplnych jest bezsprzecznie łatwość jej stosowania. Natomiast wadą wydaje się być tzw. „gruby ołówek”, ponieważ obliczone straty ciepła mogą w niektórych przypadkach być znacznie zawyżone.



Rys. 3.3. Element budynku „przecinający” i „nieprzecinający” izolację. Na podstawie [20].

Tabela 3.1. Współczynnik korekcyjny ΔU_{tb} dla pionowych elementów budynku [20]

Liczba stropów przecinających izolację	Liczba przecinanych ścian	ΔU_{tb} , W/m ² K	
		kubatura przestrzeni ≤100 m ³	kubatura przestrzeni >100m ³
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25

Tabela 3.2. Współczynnik korekcyjny ΔU_{tb} dla poziomych elementów budynku [20]

Element budynku			ΔU_{tb} , W/m ² K
Lekka podłoga (drewno, metal itd.)			0
Ciężka podłoga (beton, itd.)	Liczba boków będących w kontakcie ze środowiskiem zewnętrznym	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20

Tabela 3.3. Współczynnik korekcyjny ΔU_{tb} dla otworów [20]

Powierzchnia elementu budynku	ΔU_{tb} , W/m ² K
0-2 m ²	0,50
>2 - 4 m ²	0,40
>4 - 9 m ²	0,30
>9 - 20 m ²	0,20
>20m ²	0,10

3.6 Straty ciepła przez przestrzeń nieogrzewaną

Norma PN-EN 12831:2006 wprowadza zupełnie inny sposób określania strat ciepła w przypadku przestrzeni nieogrzewanej, przyległej do przestrzeni ogrzewanej. Do tej pory granica tych przestrzeni stanowiła granicę analizowanego systemu, a obliczenia wykonywało się analogicznie, jak w przypadku przenikania bezpośrednio na zewnątrz, przyjmując obliczeniową temperaturę w przestrzeni przyległej wg normy PN-82/B-02403 [12]. Natomiast model przyjęty w nowej normie rozpatruje wymianę ciepła między przestrzenią ogrzewaną (i) i otoczeniem (e) poprzez przestrzeń nieogrzewaną (u). Współczynnik projektowej straty ciepła oblicza się w tym przypadku w sposób następujący:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u, \quad \text{W/K} \quad (3.6)$$

gdzie:

- A_k – powierzchnia elementu budynku (k) w metrach kwadratowych, m^2 ;
- U_k – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$;
- b_u – współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej i projektową temperaturą zewnętrzną;
- ψ_l – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l), W/mK ;
- l_l – długość liniowego mostka cieplnego (l) między przestrzenią wewnętrzną a zewnętrzną, m .

Współczynnik b_u może być określony w jeden z następujących sposobów:

1. Jeśli temperatura przestrzeni nieogrzewanej jest znana:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad - \quad (3.7)$$

gdzie:

- $\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), $^{\circ}\text{C}$;
- θ_u – projektowa temperatura przestrzeni nieogrzewanej, $^{\circ}\text{C}$;
- θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, $^{\circ}\text{C}$.

2. Jeśli temperatura przestrzeni nieogrzewanej nie jest znana:

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}, \quad - \quad (3.8)$$

gdzie:

- H_{iu} – współczynnik strat ciepła z przestrzeni ogrzewanej (i) do przyległej przestrzeni nieogrzewanej (u), z uwzględnieniem:
 - strat ciepła przez przenikanie (z przestrzeni ogrzewanej do przestrzeni nieogrzewanej);
 - wentylacyjnych strat ciepła (strumień powietrza między przestrzenią ogrzewaną i nieogrzewaną);

H_{ue} – współczynnik strat ciepła z przestrzeni nieogrzewanej (u) do otoczenia (e), z uwzględnieniem:

- strat ciepła przez przenikanie (do otoczenia i do gruntu);
- wentylacyjnych strat ciepła (między przestrzenią nieogrzewaną a otoczeniem).

3. W uproszczeniu można przyjmować wartości orientacyjne wg tabeli 3.4.

Współczynnik redukcji temperatury b_u uwzględnia fakt, że temperatura przestrzeni nieogrzewanej w warunkach projektowych może być wyższa od temperatury zewnętrznej, a właśnie przez różnicę temperatury wewnętrznej i zewnętrznej mnoży się później współczynnik projektowej straty ciepła – równanie (3.1).

W obliczeniach komputerowych najwłaściwsze wydaje się obliczanie temperatury przestrzeni nieogrzewanej na drodze bilansu cieplnego i podstawienie otrzymanej wartości do równania (3.7). Natomiast w przybliżonych obliczeniach ręcznych może być wygodne posługiwanie się stabelaryzowanymi wartościami współczynnika redukcji temperatury.

Tabela 3.4. Współczynnik redukcji temperatury [20]

Przestrzeń nieogrzewana	b_u
Pomieszczenie	
tylko z 1 ścianą zewnętrzną	0,4
z przynajmniej 2 ścianami zewnętrznymi bez drzwi zewnętrznych	0,5
z przynajmniej 2 ścianami zewnętrznymi z drzwiami zewnętrznymi (np. hale, garaże)	0,6
z trzema ścianami zewnętrznymi (np. zewnętrzna klatka schodowa)	0,8
Podziemie¹	
bez okien/drzwi zewnętrznych	0,5
z oknami/drzwiami zewnętrznymi	0,8
Poddasze	
przestrzeń poddasza silnie wentylowana (np. pokrycie dachu z dachówek lub innych materiałów tworzących pokrycie nieciągłe) bez deskowania pokrytego papą lub płyt łączonych brzegami	1,0
inne nieizolowane dachy	0,9
izolowany dach	0,7
Wewnętrzne przestrzenie komunikacyjne (bez zewnętrznych ścian, krotność wymiany powietrza mniejsza niż $0,5 \text{ h}^{-1}$)	0
Swobodnie wentylowane przestrzenie komunikacyjne (powierzchnia otworów/kubatura powierzchni $> 0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,0
Przestrzeń podpodłogowa (podłoga nad przestrzenią nieprzechođnią)	0,8
Przejścia lub bramy przelotowe nieogrzewane, obustronnie zamknięte	0,9

¹ Pomieszczenie może być uważane za usytuowane w podziemiu, jeśli więcej niż 70% powierzchni ścian zewnętrznych styka się z gruntem.

3.7 Straty ciepła do gruntu

Strumień strat ciepła do gruntu może być obliczony wg normy EN ISO 13370 [14]:

- w sposób szczegółowy
- lub w sposób uproszczony, zamieszczony w normie PN-EN 12831:2006.

Określanie strat ciepła do gruntu omówiono w rozdziale 5.

3.8 Straty ciepła między przestrzeniami ogrzewanymi do różnych wartości temperatury

Współczynnik $H_{T,ij}$ obejmuje ciepło przekazywane przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni (j) ogrzewanej do znacząco innej temperatury. Przestrzenią sąsiednią może być przyległe pomieszczenie w tym samym mieszkaniu (np. łazienka), pomieszczenie należące do innej części budynku (np. innego mieszkania) lub pomieszczenie należące do przyległego budynku, które może być nieogrzewane. Współczynnik $H_{T,ij}$ oblicza się w następujący sposób:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \text{ W/K} \quad (3.9)$$

gdzie:

- f_{ij} – współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni i projektowej temperatury zewnętrznej;
- A_k – powierzchnia elementu budynku (k), m²;
- U_k – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), W/m²K.

W przypadku strat ciepła między przestrzeniami ogrzewanymi do różnych wartości temperatury, nie uwzględnia się mostków cieplnych.

Współczynnik redukcji temperatury określony jest następującym równaniem:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{przyległej\ przestrzeni}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad - \quad (3.10)$$

gdzie:

- $\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), °C;
- $\theta_{przyległej\ przestrzeni}$ – temperatura przestrzeni przyległej, °C;
- θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, °C.

Wartości orientacyjne temperatury przyległych przestrzeni ogrzewanych podano w tabeli 3.5, przy czym:

- $\theta_{m,e}$ – roczna średnia temperatura zewnętrzna, °C.

Nowa norma wprowadza daleko idące zmiany w zakresie przyjmowanej temperatury w sąsiednich pomieszczeniach. Do tej pory, jeśli rozpatrywano ścianę pomiędzy dwoma pokojami mieszkalnymi, to w obu pokojach przyjmowano tempera-

turę +20°C. W związku z tym różnica temperatury wynosiła 0 K, a straty ciepła 0 W. Takie podejście było uzasadnione w czasie, kiedy w praktyce nie występowała możliwość indywidualnej regulacji temperatury wewnętrznej. Jednak ten sposób obliczeń nie jest już adekwatny, biorąc pod uwagę obecny stan prawny (obowiązek zapewnienia indywidualnej regulacji) i faktyczny sposób użytkowania lokali.

Tabela 3.5. Temperatura przyległych przestrzeni ogrzewanych [20]

Ciepło przekazywane z przestrzeni ogrzewanej (i) do:	$\vartheta_{\text{przyległej przestrzeni}}$ °C
przyległego pomieszczenia w tej samej jednostce budynku (np. w mieszkaniu)	powinna być określona na podstawie przeznaczenia pomieszczenia
sąsiedniego pomieszczenia, należącego do innej jednostki budynku (np. do innego mieszkania)	$\frac{\theta_{\text{int},i} + \theta_{m,e}}{2}$
sąsiedniego pomieszczenia, należącego do oddzielnego budynku (ogrzewanego lub nieogrzewanego)	$\vartheta_{m,e}$

Często zdarza się, że mieszkania przez krótsze lub dłuższe okresy są nie używane (zwłaszcza na terenach atrakcyjnych wypoczynkowo). Wtedy, szczególnie w przypadku indywidualnego rozliczania kosztów ogrzewania, temperatura w mieszkaniu jest obniżona w stosunku do temperatury projektowej. Dlatego w praktyce często pojawia się różnica temperatury po obu stronach przegrody budowlanej. W związku z tym, ponieważ ściany wewnętrzne najczęściej nie są izolowane cieplnie, nawet przy stosunkowo małej różnicy temperatury, mogą wystąpić znaczne straty ciepła.

Dlatego zdaniem autorów wskazane jest izolowanie cieplne również przegród wewnętrznych, oddzielających pomieszczenia ogrzewane, jeśli pomieszczenia te należą do oddzielnych jednostek budynku (np. mieszkań lub lokali użytkowych). Izolację taką warto wykonywać z materiału, który oprócz izolacyjności cieplnej posiada właściwości izolacji akustycznej.

Według nowej normy temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu należy przyjmować na podstawie przeznaczenia tylko, jeśli pomieszczenie to należy do tej samej jednostki budynku (np. do mieszkania). Natomiast jeśli pomieszczenie należy do innej jednostki i istnieje możliwość indywidualnej regulacji temperatury, to do obliczania straty ciepła przyjmuje się średnią arytmetyczną z projektowej temperatury wewnętrznej i rocznej średniej temperatury zewnętrznej. Z kolei, jeżeli sąsiednie pomieszczenie należy do oddzielnego budynku (budynku przyległego), przyjmuje się roczną średnią temperaturę zewnętrzną.

Abstrahując w tym miejscu od oceny dokładności takiej metody obliczeń, nie można nie przyznać, że metoda ta pozwala przy doborze grzejników – przynajmniej w sposób przybliżony – uwzględniać ryzyko wystąpienia obniżonej temperatury wewnętrznej w sąsiednich jednostkach budynku.

Należy również zwrócić uwagę, że opisane powyżej straty ciepła uwzględnia się w obliczeniach obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń w celu doboru grzejników, natomiast nie uwzględnia się ich przy określaniu obciążenia cieplnego całego budynku w celu doboru źródła ciepła.

W skali całego budynku, jeśli część pomieszczeń będzie ogrzewana w sposób osłabiony, to uzyskana w ten sposób nadwyżka mocy pozwoli na pokrycie zwiększonego zapotrzebowania na ciepło w pomieszczeniach sąsiednich.

3.9 Podsumowanie

Zarówno nowa jak i dotychczasowa metoda obliczania obciążenia cieplnego ma swoje wady i zalety.

Podstawową wadą nowego podejścia jest mnożenie wszystkich współczynników projektowych strat ciepła (również odnoszących się do strat ciepła przez przestrzeń nieogrzewane i grunt) przez projektową różnicę temperatury (różnicę między projektową temperaturą wewnętrzną a projektową temperaturą zewnętrzną). W związku z tym zachodzi konieczność stosowania współczynników redukcji temperatury, przez co procedura obliczeniowa staje się matematycznie bardziej skomplikowana i mniej czytelna z punktu widzenia fizyki budowli.

Z kolei zaletą nowej metody, zdaniem autorów, jest uwzględnianie potencjalnych strat ciepła do sąsiednich jednostek budynku („straty ciepła do sąsiada”) w przypadku indywidualnej regulacji.

Natomiast procedura obliczeniowa wg normy PN-B-03406:1994 wydaje się prostsza (m.in. nie zachodzi potrzeba obliczania współczynników projektowych strat ciepła) i bardziej czytelna z punktu widzenia fizyki budowli (straty ciepła obliczane są na podstawie różnic temperatury, które je wywołują).

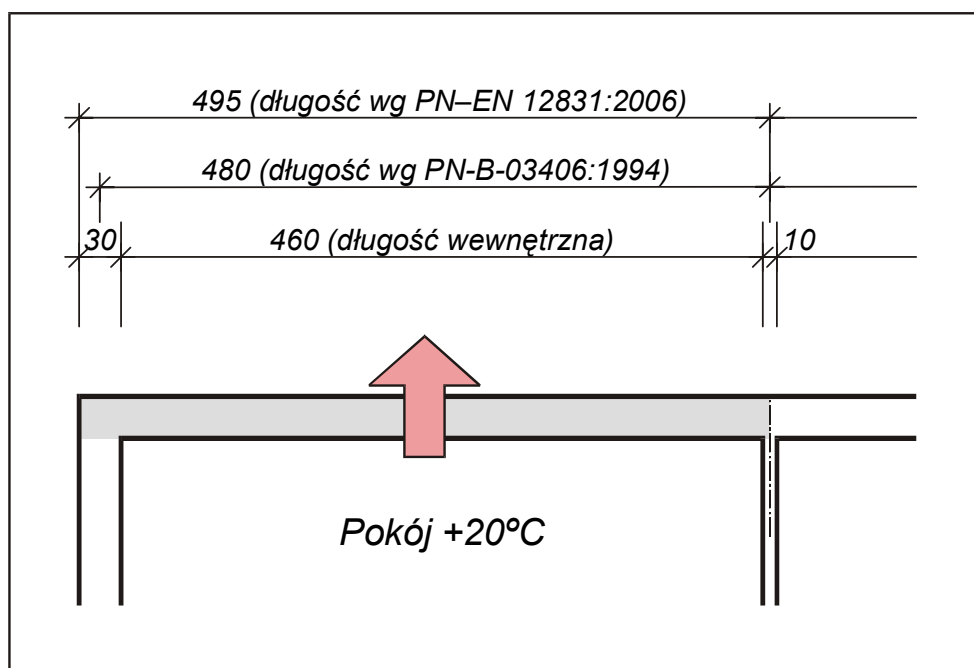
4. Przykłady obliczania projektowej straty ciepła przez przenikanie

Poniżej zamieszczono przykłady obliczeń straty ciepła przez przenikanie przez ściany wg nowej normy oraz normy dotychczasowej PN-B-03406:1994 [13].

4.1 Przykład 1

Obliczyć wartość straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (pokoju mieszkalnego) do otoczenia (e) przez ścianę zewnętrzną bez okna wg rysunku 4.1. Liniowe mostki cieplne uwzględnić metodą uproszczoną. Założenia:

- współczynnik przenikania ciepła: $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- wysokość zewnętrzna ściany: $3,20 \text{ m}$,
- grubość stropów: 35 cm ,
- kubatura pomieszczenia $\leq 100 \text{ m}^3$,
- liczba stropów przecinających izolację: 0 ,
- liczba przecinanych ścian: 0 ,
- lokalizacja: Kraków.



Rys. 4.1. Rysunek do przykładu 1

4.1.1 Obliczenia wg PN-EN 12831:2006

Współczynnik korekcyjny ΔU_{tb} ustalamy na podstawie tabeli 3.1:

$$\Delta U_{tb} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k) z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} = 0,29 + 0,05 = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Długość ściany na podstawie wymiarów zewnętrznych wynosi 4,95 m, a wysokość 3,20 m. W związku z tym powierzchnia ściany wynosi:

$$A_k = 4,95 \cdot 3,2 = 15,84 \text{ m}^2$$

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do otoczenia (*e*) przez analizowaną ścianę:

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} = 15,84 \cdot 0,34 = 5,386 \text{ W/K}$$

Projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej (*i*) przez przenikanie przez analizowaną ścianę:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 5,386 \cdot [20 - (-20)] = 215 \text{ W}$$

4.1.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994

Dla porównania poniżej przedstawiono obliczenie straty ciepła przez przenikanie wg PN-B-03406:1994.

Długość ściany na podstawie wymiarów pomiędzy osiami ścian ograniczających wynosi 4,80 m, a wysokość 3,20 m. W związku z tym powierzchnia ściany wynosi:

$$A = 4,80 \cdot 3,2 = 15,36 \text{ m}^2$$

Strata ciepła przez przenikanie wynosi:

$$Q_o = U \cdot (t_i - t_e) \cdot A = 0,29 \cdot [20 - (-20)] \cdot 15,36 = 178 \text{ W}$$

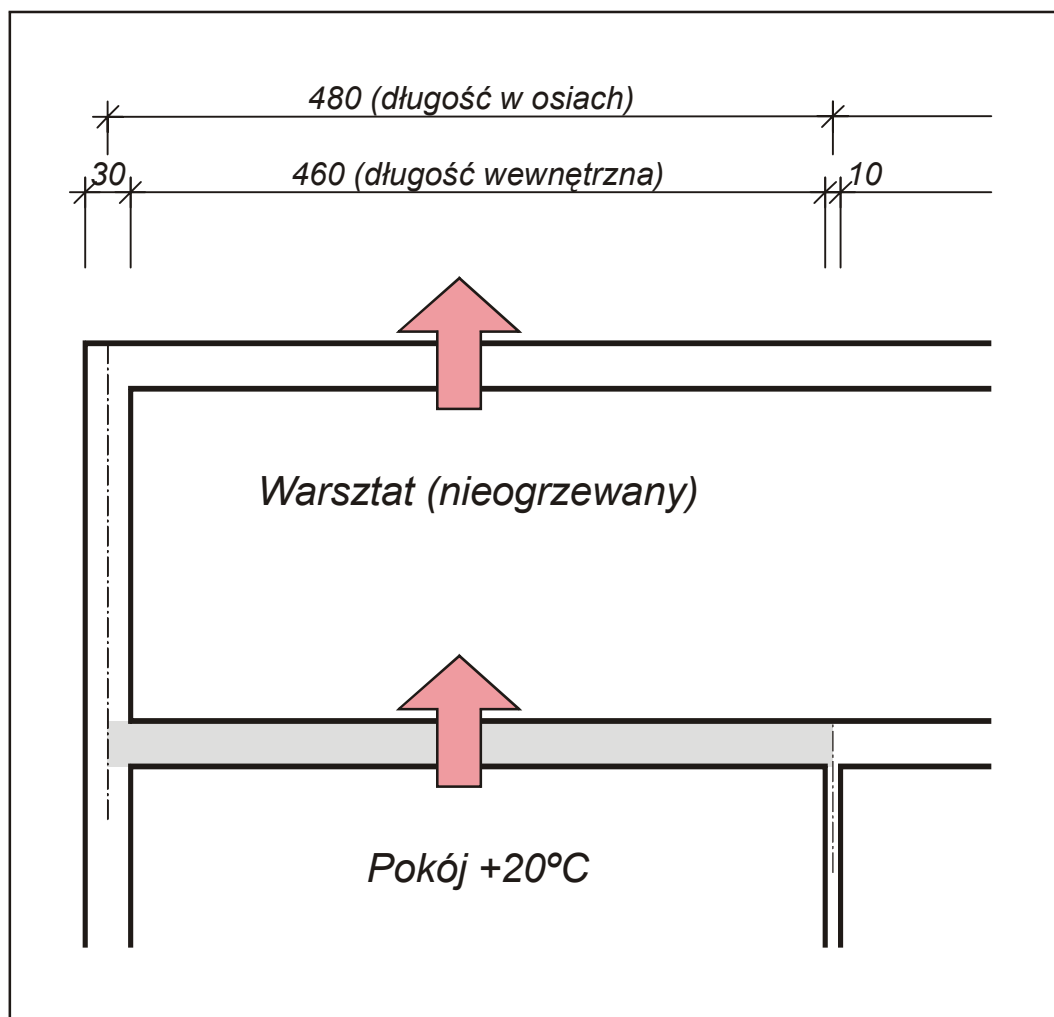
4.1.3 Porównanie wyników

Wartość obliczona wg normy PN–EN 12831:2006 jest o 21% wyższa w porównaniu z normą PN-B-03406:1994. Różnica ta wynika z dwóch powodów: po pierwsze ze zmiany sposobu ustalania powierzchni przegrody (wymiarzy zewnętrzne), a po drugie z dodatku na uwzględnienie liniowych mostków cieplnych (metoda uproszczona).

4.2 Przykład 2

Obliczyć wartość straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do otoczenia (*e*) przez przestrzeń nieogrzewaną (*u*), przez ścianę wg rysunku 4.2. Liniowe mostki cieplne uwzględnić metodą uproszczoną. Założenia:

- współczynnik przenikania ciepła: 0,44 W/m²K,
- wysokość zewnętrzna ściany: 3,20 m,
- grubość stropów: 35 cm,
- kubatura pomieszczenia ≤100 m³,
- liczba stropów przecinających izolację: 0,
- liczba przecinanych ścian: 0,
- otwory zewnętrzne: okno i drzwi,
- ilość przegród zewnętrznych: 2,
- lokalizacja: Gdańsk.



Rys. 4.2. Rysunek do przykładu 2

4.2.1 Obliczenia wg PN-EN 12831:2006

Współczynnik korekcyjny ΔU_{tb} ustalamy na podstawie tabeli 3.1:

$$\Delta U_{tb} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k) z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} = 0,44 + 0,05 = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Długość ściany na podstawie wymiarów zewnętrznych wynosi 4,95 m, a wysokość 3,20 m. W związku z tym powierzchnia ściany wynosi:

$$A_k = 4,8 \cdot 3,2 = 15,36 \text{ m}^2$$

Współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej i projektową temperaturą zewnętrzną ustalamy w sposób orientacyjny na podstawie tabeli 3.4 („pomieszczenie z przynajmniej 2 ścianami zewnętrznymi, z drzwiami zewnętrznymi”):

$$b_u = 0,6$$

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie ciepła z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do otoczenia (*e*) poprzez przestrzeń nieogrzewaną (*u*), przez analizowaną ścianę:

$$H_{T,iue} = A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u = 15,36 \cdot 0,49 \cdot 0,6 = 4,516 \text{ W/K}$$

Projektowa strata ciepła z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do otoczenia (*e*) poprzez przestrzeń nieogrzewaną (*u*), przez analizowaną ścianę:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,iue} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 4,516 \cdot [20 - (-16)] = 163 \text{ W}$$

4.2.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994

Dla porównania poniżej przedstawiono obliczenie straty ciepła przez przenikanie wg PN-B-03406:1994.

Temperatura powietrza w przestrzeni przylegającej została ustalona na podstawie normy PN-82/B-02403 [12] („pomieszczenia nieogrzewane z oknami lub drzwiami zewnętrznymi, z dwiema przegrodami zewnętrznymi”).

$$t_e = -6^\circ\text{C}$$

Strata ciepła przez przenikanie wynosi:

$$Q_o = U \cdot (t_i - t_e) \cdot A = 0,44 \cdot [20 - (-6)] \cdot 15,36 = 176 \text{ W}$$

4.2.3 Porównanie wyników

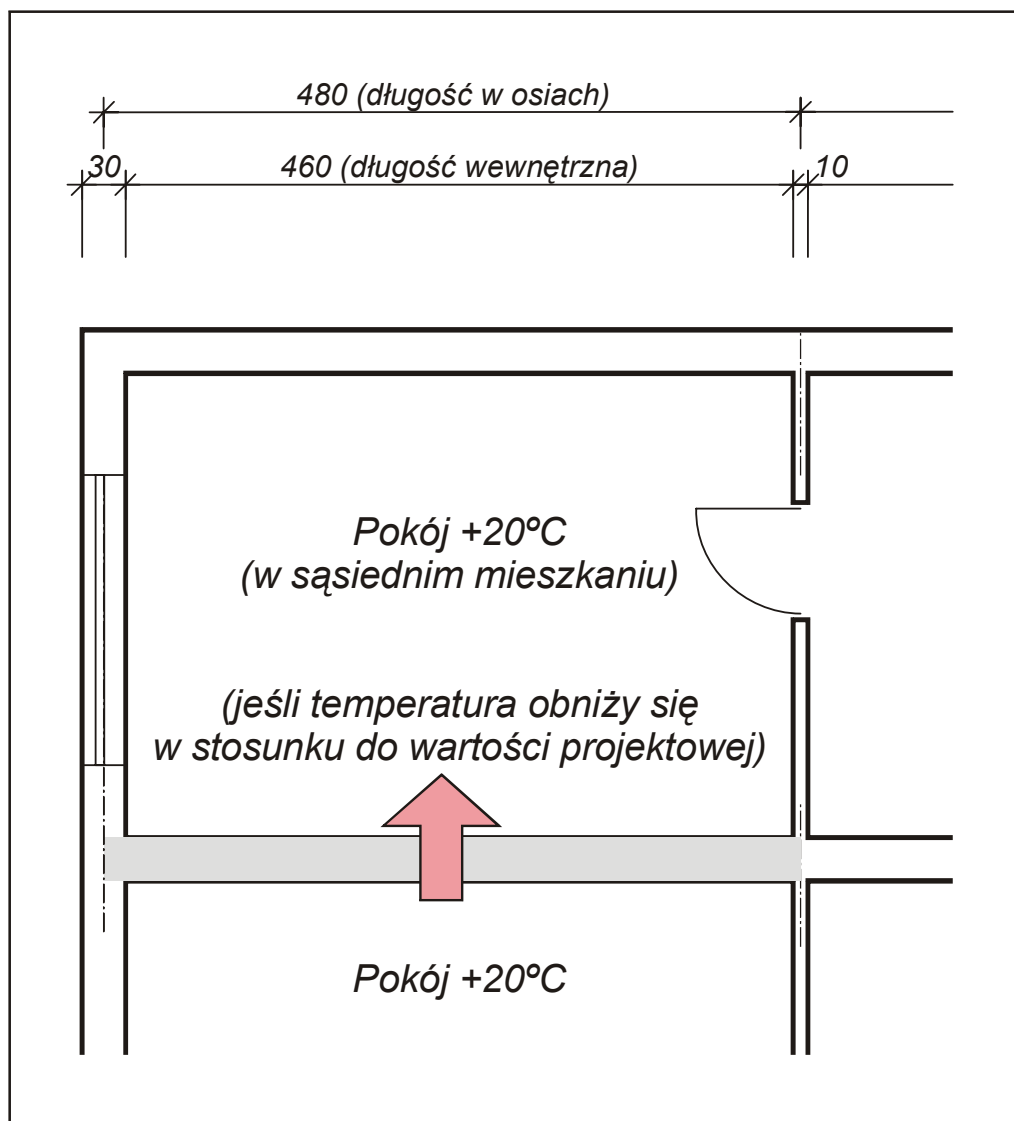
Wartość obliczona wg normy PN–EN 12831:2006 jest o 5% niższa w porównaniu z normą PN-B-03406:1994, przy czym w obu przypadkach temperatura w pomieszczeniu nieogrzewanym, względnie współczynnik redukcji temperatury, zostały ustalone na podstawie wartości orientacyjnych.

4.3 Przykład 3

Obliczyć wartość straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do sąsiedniej przestrzeni (*j*) ogrzewanej, znajdującej się w innym mieszkaniu, przez ścianę wg rysunku 4.3. Liniowe mostki cieplne uwzględnić metodą uproszczoną.

Założenia:

- współczynnik przenikania ciepła: 2,10 W/m²K,
- wysokość ściany: 3,20 m,
- lokalizacja: Białystok.



Rys. 4.3. Rysunek do przykładu 3

4.3.1 Obliczenia wg PN-EN 12831:2006

Długość ściany na podstawie wymiarów zewnętrznych wynosi 4,95 m, a wysokość 3,20 m. W związku z tym powierzchnia ściany wynosi:

$$A_k = 4,8 \cdot 3,2 = 15,36 \text{ m}^2$$

Średnia roczna temperatura zewnętrzna dla IV strefy klimatycznej:

$$\theta_{m,e} = 6,9^\circ\text{C}$$

Projektowa temperatura przyległej przestrzeni ogrzewanej na podstawie tabeli 3.5:

$$\theta_{\text{przyległej przestrzeni}} = \frac{\theta_{\text{int},i} + \theta_{m,e}}{2} = \frac{20 + 6,9}{2} = 13,45^\circ\text{C}$$

Współczynnik redukcyjny temperatury określony jest następującym równaniem:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{przyległej przestrzeni}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 13,45}{20 - (-22)} = 0,156$$

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej (j) przez analizowaną ścianę:

$$H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k = 0,156 \cdot 15,36 \cdot 2,1 = 5,030 \text{ W/K}$$

Projektowa strata ciepła z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej (j) przez analizowaną ścianę:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ij} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 5,030 \cdot [20 - (-22)] = 211 \text{ W}$$

4.3.2 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006 z uwzględnieniem wymagań Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, (par. 134, ust. 6) [22] mówi, że regulatory dopływu ciepła do grzejników powinny umożliwiać użytkownikom uzyskanie w pomieszczeniach temperatury niższej od obliczeniowej, przy czym nie niższej niż 16°C w pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej 20°C i wyższej.

Wobec powyższego, jeżeli jako temperaturę przestrzeni przyległej przyjmiemy 16°C, to współczynnik redukcyjny temperatury będzie wynosił:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{przyległej\ przestrzeni}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 16}{20 - (-22)} = 0,095$$

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej (j) przez analizowaną ścianę:

$$H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k = 0,095 \cdot 15,36 \cdot 2,1 = 3,072 \text{ W/K}$$

Projektowa strata ciepła z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej (j) przez analizowaną ścianę:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ij} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 3,072 \cdot [20 - (-22)] = 129 \text{ W}$$

4.3.3 Obliczenia wg PN-B-03406:1994

Natomiast zgodnie z normą PN-B-03406:1994 nie uwzględnia się strat ciepła pomiędzy pomieszczeniami o tej samej temperaturze obliczeniowej lub jeśli różnica temperatury jest mniejsza niż 4 K. W związku z tym, w analizowanym przypadku strata ciepła przez przenikanie wynosi:

$$Q_o = 0 \text{ W}$$

4.3.4 Porównanie wyników

Wg normy PN-B-03406:1994, nie występują straty ciepła przez przenikanie przez analizowaną ścianę. Natomiast wg normy PN–EN 12831:2006 uzyskano niezerową wartość strat ciepła przez przenikanie do pokoju w sąsiednim mieszkaniu. Wartość tę uwzględnia się przy doborze grzejnika. Dzięki temu moc grzejnika będzie zwiększona na wypadek obniżenia temperatury (osłabienia ogrzewania) w sąsiednim mieszkaniu. Natomiast, jak już wspomniano, wartości tej straty ciepła nie należy uwzględniać przy doborze źródła ciepła.

4.4 Podsumowanie

W przeprowadzonych przykładowych obliczeniach – wg nowej normy uzyskano wyniki odbiegające od wyników uzyskanych na podstawie normy dotychczasowej. Różnice wynikają z:

- uwzględnienia mostków cieplnych,
- zmiany sposobu określania powierzchni przegrody (wymiarzy zewnętrzne),
- innego sposobu określania temperatury (względnie współczynnika redukcji temperatury) w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- innym określeniu temperatury projektowej w pomieszczeniu ogrzewanym, należącym do osobnej jednostki budynku (innego mieszkania).

Mimo, że przedstawione przykłady obliczeniowe mają charakter „wrywkowy” i nie obejmują całego zakresu możliwych przypadków, już na ich podstawie można powiedzieć, że przyjęcie nowej normy ma duży wpływ nie tylko na sposób prowadzenia obliczeń, ale również na uzyskiwane wyniki. W związku z tym, wielkości powierzchni grzewczych i źródeł ciepła, określone na podstawie nowej normy, mogą się różnić nawet znacznie (powyżej skoku w typoszeregach urządzeń) od wielkości, dobranych na podstawie normy dotychczasowej.

5. Obliczanie projektowej straty ciepła do gruntu

5.1 Wprowadzenie

Na potrzeby normy PN-EN 12831:2006 straty ciepła mogą być obliczane wg normy EN ISO 13370:

- w sposób szczegółowy
- lub w sposób uproszczony, podany w normie PN-EN 12831:2006.

Sposób uproszczony polega na wykorzystywaniu tabel i wykresów, sporządzonych dla wybranych przypadków. W tym przypadku nie uwzględnia się mostków cieplnych. Norma PN-EN 12831:2006 podaje również uproszczony sposób obliczeń dla podziemia nieogrzewanego i podłogi podniesionej z wykorzystaniem współczynnika redukcji temperatury b_u .

5.2 Współczynnik straty ciepła przez przenikanie do gruntu

Wg normy PN-EN 12831:2006 współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do gruntu (g) w warunkach ustalonych oblicza się w następujący sposób:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w, \quad \text{W/K} \quad (5.1)$$

gdzie:

- f_{g1} – współczynnik korekcyjny, uwzględniający wpływ rocznych wahań temperatury zewnętrznej (zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 12831:2006 wartość orientacyjna wynosi 1,45);
- f_{g2} – współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między średnią roczną temperaturą zewnętrzną i projektową temperaturą zewnętrzną;
- A_k – powierzchnia elementu budynku (k) stykająca się z gruntem, m^2 ;
- $U_{equiv,k}$ – równoważny współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k); $\text{W/m}^2\text{K}$;
- G_w – współczynnik uwzględniający wpływ wody gruntowej.

Współczynnik redukcji temperatury wynosi:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad - \quad (5.2)$$

gdzie:

- $\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), $^{\circ}\text{C}$;
- $\theta_{m,e}$ – roczna średnia temperatura zewnętrzna, $^{\circ}\text{C}$;
- θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, $^{\circ}\text{C}$.

Woda gruntowa ma najczęściej pomijalny wpływ na wymianę ciepła w gruncie, chyba że występuje na małej głębokości i jej strumień jest duży. Współczynnik uwzględniający wpływ wody gruntowej G_w oblicza się w jeden z następujących sposobów:

- w sposób szczegółowy wg załącznika H do normy PN-EN ISO 13370:2001
- lub na podstawie wartości orientacyjnych, podanych w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006.

Załącznik krajowy do normy PN-EN 12831:2006 podaje dwie wartości orientacyjne współczynnika G_w :

- $G_w = 1,15$ jeśli odległość między założonym poziomem wody gruntowej i płytą podłogi jest mniejsza niż 1 m,
- $G_w = 1,00$ w pozostałych przypadkach.

5.3 Wymiar charakterystyczny podłogi

Kluczowym pojęciem dla określania strat ciepła przez podłogę do gruntu jest wymiar charakterystyczny podłogi B' , określony równaniem:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}, \text{ m} \quad (5.3)$$

gdzie:

- A – pole powierzchni podłogi, m^2 ;
- P – obwód podłogi (uwzględniający tylko ściany zewnętrzne), m.

Obwód podłogi P uwzględnia długość całkowitą ścian zewnętrznych, oddzielających ogrzewany budynek od otoczenia zewnętrznego lub nieogrzewanej przestrzeni, leżącej poza izolowaną obudową budynku (np. dobudowane garaże, pomieszczenia gospodarcze itp.)

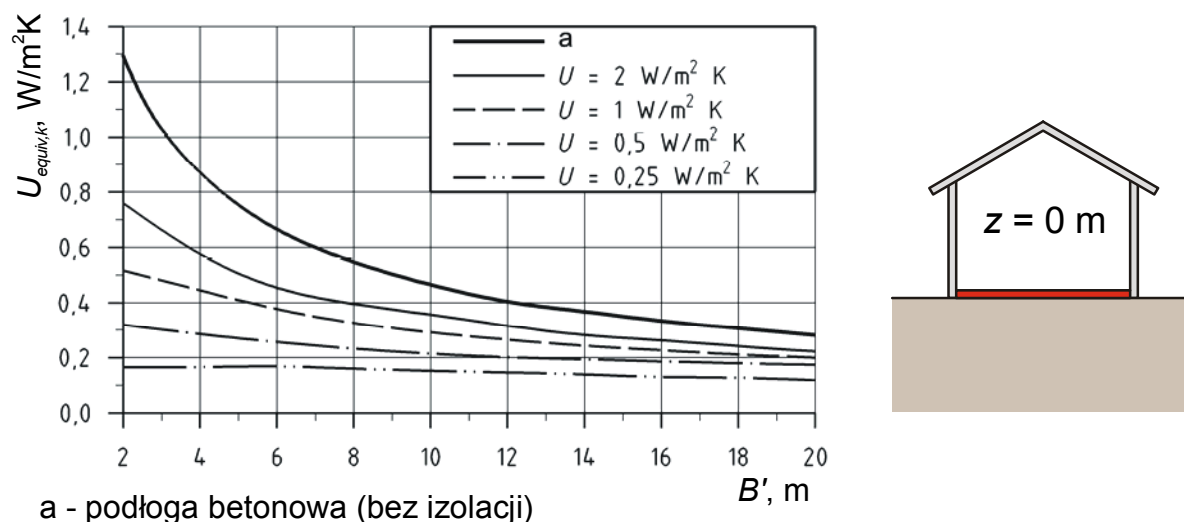
Wymiar charakterystyczny podłogi B' zdefiniowany jest w normie PN-EN ISO 13370:2001 w odniesieniu do całego budynku. Natomiast zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 wymiar ten dla poszczególnych pomieszczeń powinien być określany w jeden z następujących sposobów:

- dla pomieszczeń bez ścian zewnętrznych stosuje się wartość B' obliczoną dla całego budynku;
- dla wszystkich pomieszczeń z dobrze izolowaną podłogą ($U_{\text{podłogi}} < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) również stosuje się wartość B' obliczoną dla całego budynku;
- dla pozostałych pomieszczeń (pomieszczenia ze ścianami zewnętrznymi oraz jednocześnie ze słabo izolowaną podłogą) wartość B' należy obliczać oddzielnie dla każdego pomieszczenia.

Należy zwrócić uwagę, że wzoru (5.3) nie da się zastosować dla pomieszczeń bez ścian zewnętrznych, gdyż obwód P wynosi wówczas zero (zgodnie z powyższym stosuje się wtedy wartość obliczoną dla całego budynku).

5.4 Równoważny współczynnik przenikania ciepła

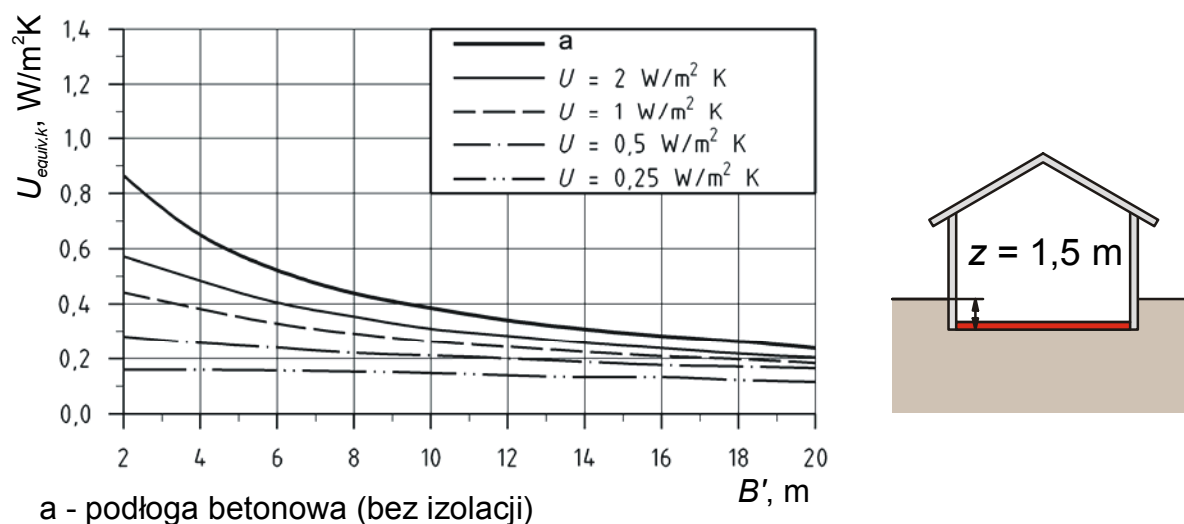
Wartości równoważnego współczynnika przenikania ciepła podłóg i ścian stykających się z gruntem można odczytać z wykresów (rys. 5.1–5.4) lub tabel 5.1–5.4. Należy zwrócić uwagę, że tabele i wykresy zostały opracowane tylko dla wybranych przypadków.



Rys. 5.1. Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi na poziomie terenu. Na podstawie [20]

Tabela 5.1. Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi na poziomie terenu [20]

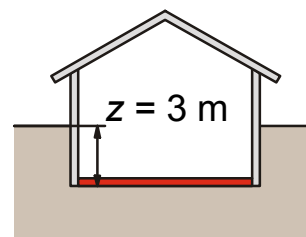
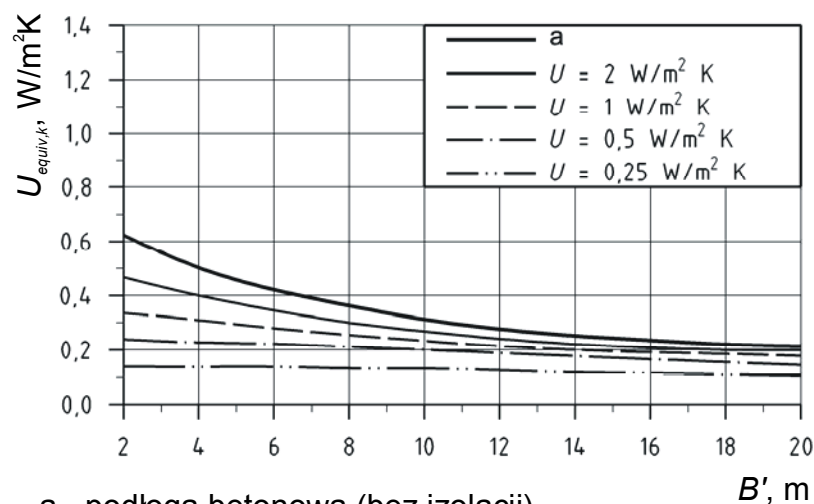
Wartość B' m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 0$ m) W/m^2K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} = 2,0 W/m^2K$	$U_{podłogi} = 1,0 W/m^2K$	$U_{podłogi} = 0,5 W/m^2K$	$U_{podłogi} = 0,25 W/m^2K$
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12



Rys. 5.2. Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi ogrzewanego podziemia z płytą podłogi położoną 1,5 m poniżej poziomu terenu. Na podstawie [20]

Tabela 5.2. Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi ogrzewanego podziemia z płytą podłogi położoną 1,5 m poniżej poziomu terenu [20]

Wartość B' m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 1,5$ m) W/m^2K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} = 2,0 W/m^2K$	$U_{podłogi} = 1,0 W/m^2K$	$U_{podłogi} = 0,5 W/m^2K$	$U_{podłogi} = 0,25 W/m^2K$
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

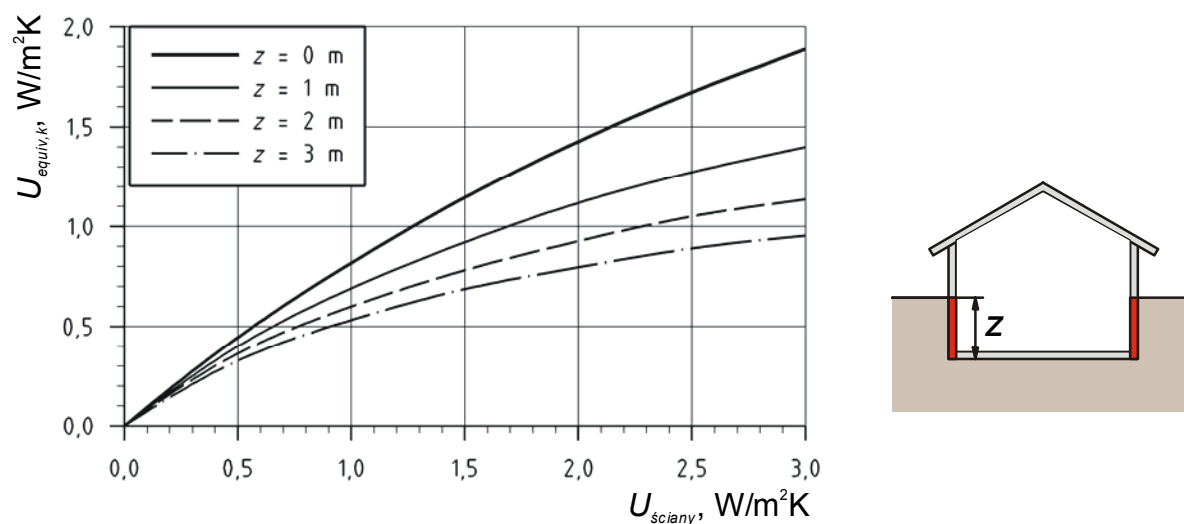


a - podłoga betonowa (bez izolacji)

Rys. 5.3. Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi ogrzewanego podziemia z płytą podłogi położoną 3,0 m poniżej poziomu terenu. Na podstawie [20]

Tabela 5.3. Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi ogrzewanego podziemia z płytą podłogi położoną 3,0 m poniżej poziomu terenu [20]

Wartość B' m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 3,0$ m) W/m ² K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} = 2,0$ W/m ² K	$U_{podłogi} = 1,0$ W/m ² K	$U_{podłogi} = 0,5$ W/m ² K	$U_{podłogi} = 0,25$ W/m ² K
2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11



Rys. 5.4. Równoważny współczynnik przenikania ciepła ściany ogrzewanego podziemia. Na podstawie [20]

Tabela 5.4. Równoważny współczynnik przenikania ciepła ściany ogrzewanego podziemia [20]

U_{sciany} W/m^2K	Równoważny współczynnik przenikania ciepła ściany $U_{equiv,bw}$ W/m^2K			
	$z = 0$ m	$z = 1$ m	$z = 2$ m	$z = 3$ m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

6. Obliczanie projektowej wentylacyjnej straty ciepła w przypadku wentylacji naturalnej

6.1 Wprowadzenie

W normie PN–EN 12831 [20] w miejsce dotychczasowego pojęcia „zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji” występuje „projektowa wentylacyjna strata ciepła”.

Dotychczasowa norma PN-B-03406:1994 określała zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji na podstawie strumienia powietrza wymaganego ze względów higienicznych. Natomiast wg normy PN–EN 12831 należy również określić strumień powietrza infiltrującego i przyjąć większą z tych dwóch wartości.

6.2 Projektowa wentylacyjna strata ciepła

Norma PN–EN 12831 podaje wzór do obliczania projektowej wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad \text{W} \quad (6.1)$$

gdzie:

- $H_{V,i}$ – współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła, W/K;
- $\vartheta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), °C;
- ϑ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, °C.

6.3 Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła

Jak wynika z równania (6.1) współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła $H_{V,i}$ odnosi stratę ciepła do różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej. Współczynnik ten oblicza się w następujący sposób:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p, \quad \text{W/K} \quad (6.2)$$

gdzie:

- $\dot{V}_i$ – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej (i), m³/s;
- ρ – gęstość powietrza w temperaturze $\vartheta_{i,int}$, kg/m³;
- c_p – ciepło właściwe powietrza w temperaturze $\vartheta_{i,int}$, J/kg·K.

Pomijając dla uproszczenia zmienność wartości gęstości i ciepła właściwego powietrza w funkcji temperatury i odnosząc strumień powietrza do jednej godziny, równanie (6.2) przyjmuje następującą postać:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i, \quad \text{W/K} \quad (6.3)$$

gdzie:

- $\dot{V}_i$ – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej (i), m³/h.

Sposób określania strumienia objętości powietrza wentylacyjnego zależy od tego, czy w pomieszczeniu znajduje się instalacja wentylacyjna czy nie.

6.4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego

W przypadku braku instalacji wentylacyjnej zakłada się, że powietrze dopływające do pomieszczenia charakteryzuje się parametrami powietrza zewnętrznego.

Jako wartość strumienia objętości powietrza wentylacyjnego należy przyjąć większą z dwóch wartości:

- wartość strumienia powietrza na drodze infiltracji $\dot{V}_{inf,i}$,
- minimalna wartość strumienia powietrza wentylacyjnego, wymagana ze względów higienicznych $\dot{V}_{min,i}$.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (6.4)$$

Dokładną metodę określania strumienia objętości powietrza w budynku podano w PN-EN 13465 [18]. Natomiast norma PN–EN 12831 zawiera zależności uproszczone, które przytoczono poniżej.

6.5 Infiltracja przez obudowę budynku

Norma PN–EN 12831 podaje wzór na obliczanie strumienia powietrza infiltrującego do przestrzeni ogrzewanej (i):

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (6.5)$$

gdzie:

- V_i – kubatura przestrzeni ogrzewanej (i) (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), m^3 ;
- n_{50} – krotność wymiany powietrza wewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnienia 50 Pa między wnętrzem a otoczeniem budynku, z uwzględnieniem wpływu nawiewników powietrza (tabela 6.1), h^{-1} ;
- e_i – współczynnik osłonięcia (tabela 6.2);
- ε_i – współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu (tabela 6.3).

Współczynnik 2 w równaniu (6.5) uwzględnia najbardziej niekorzystny przypadek, w którym całe infiltrujące powietrze wpływa do budynku z jednej strony.

Tabela 6.1. Krotność wymiany powietrza dotycząca całego budynku [20]

Konstrukcja	n_{50} h^{-1}		
	Stopień szczelności obudowy budynku (jakość uszczelek okiennych)		
	wysoki (wysoka jakość uszczelek w oknach i drzwiach)	średni (okna z podwójnym oszkleniem, uszczelki standardowe)	niski (pojedynczo oszklone okna, bez uszczelek)
budynki jednorodzinne	< 4	4–10	> 10
inne mieszkania lub budynki	< 2	2–5	> 5

Tabela 6.2. Współczynnik osłonięcia. Na podstawie [20]

Klasy osłonięcia	e		
	Ilość odsłoniętych otworów w przestrzeni ogrzewanej (okna i drzwi)		
	0	1	> 1
Brak osłonięcia (budynek w wietrznej przestrzeni, wysokie budynki w centrach miast)	0	0,03	0,05
Średnie osłonięcie (budynki na prowincji z drzewami lub innymi budynkami wokół nich, przedmieścia)	0	0,02	0,03
Dobrze osłonięte (budynki średnio wysokie w centrach miast, budynki w lasach)	0	0,01	0,02

Tabela 6.3. Współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość [20]

Wysokość przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu (wysokość środka pomieszczenia ponad poziomem terenu)	ε
0 – 10 m	1,0
>10 – 30 m	1,2
>30 m	1,5

6.6 Minimalny strumień objętości powietrza ze względów higienicznych

Minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych, dopływający do przestrzeni ogrzewanej (i) może być określony w sposób następujący:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i, \text{ m}^3/\text{h} \quad (6.6)$$

gdzie:

- n_{min} – minimalna krotność wymiany powietrza na godzinę (tabela 6.4), h^{-1} ;
- V_i – kubatura przestrzeni ogrzewanej (i) (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), m^3 .

Tabela 6.4. Minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego [20]

Typ pomieszczenia	n_{min} h^{-1}
Pomieszczenie mieszkalne (orientacyjnie)	0,5
Kuchnia lub łazienka z oknem	0,5
Pokój biurowy	1,0
Sala konferencyjna, sala lekcyjna	2,0

Krotności wymiany powietrza podane w tabeli 6.4 odniesione są do wymiarów wewnętrznych. Jeśli w obliczeniach stosowane są wymiary zewnętrzne, wartości krotności wymiany powietrza podane w tabeli należy pomnożyć przez stosunek między kubaturą wewnętrzną i zewnętrzną (w przybliżeniu można przyjąć 0,8).

W przypadku otwartych kominków należy przyjmować wyższe wartości strumienia powietrza, wymagane ze względu na proces spalania.

6.7 Projektowe obciążenie cieplne budynku lub jego części

Przy obliczaniu strumienia powietrza infiltrującego do poszczególnych przestrzeni ogrzewanych w równaniu (6.5) występuje współczynnik 2, uwzględniający najbardziej niekorzystny przypadek, w którym całe infiltrujące powietrze wpływa do budynku z jednej strony (patrz punkt 6.5). Natomiast w przypadku obliczania obciążenia cieplnego całego budynku, taka konieczność nie zachodzi, ponieważ najgorszy przypadek nie wystąpi jednocześnie w pomieszczeniach z obu stron budynku. Dlatego sumę strumieni powietrza infiltrującego do poszczególnych przestrzeni ogrzewanych należy pomnożyć przez 0,5. W związku z tym strumień powietrza infiltrującego dla budynku określa się w następujący sposób:

$$\sum \dot{V}_i = \max\left(0,5 \cdot \sum \dot{V}_{inf,i}, \sum \dot{V}_{min,i}\right), \text{ m}^3/\text{h} \quad (6.7)$$

6.8 Przykład

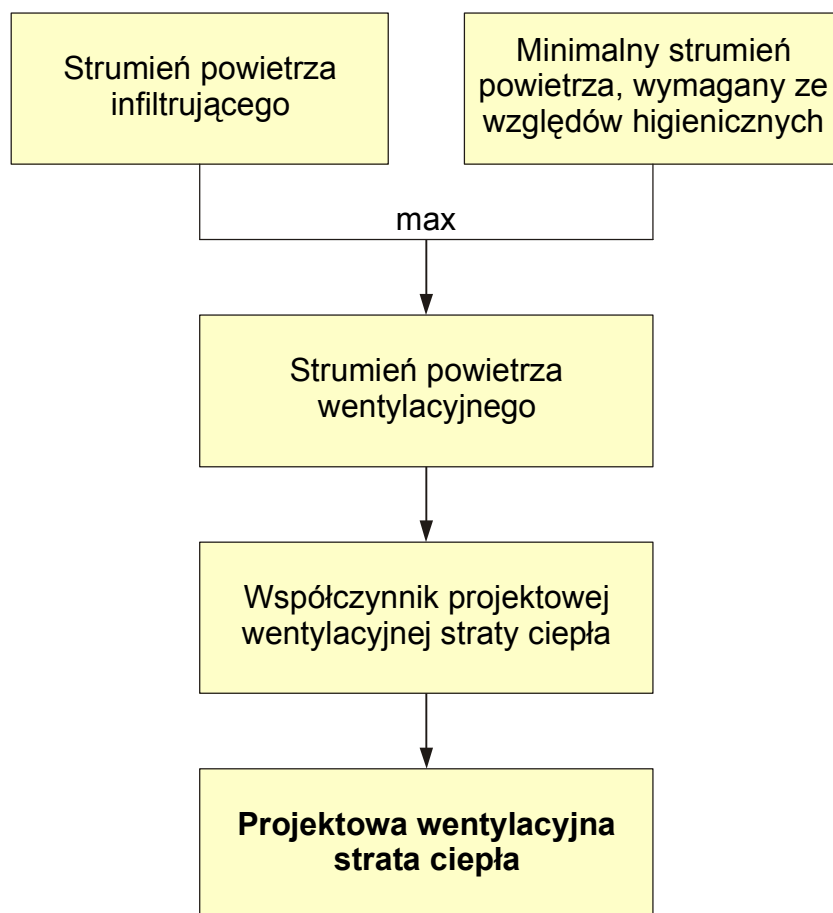
Obliczyć wartość projektowej wentylacyjnej straty ciepła dla pokoju mieszkalnego, dla następujących założeń:

- kubatura: 35 m^3 ,
- rodzaj budynku: wielorodzinny,
- stopień szczelności obudowy budynku: średni,

- klasa osłonięcia: średnie osłonięcie,
- ilość odsłoniętych otworów w przestrzeni ogrzewanej: 1,
- wysokość środka pomieszczenia ponad poziomem terenu: 14,5 m,
- lokalizacja: Poznań.

6.8.1 Obliczenia wg PN–EN 12831:2006

Kolejność obliczeń przedstawiono na rys. 6.1.



Rys. 6.1. Kolejność obliczeń projektowej wentylacyjnej straty ciepła wg PN–EN 12831. Opracowanie własne.

Wartość n_{50} przyjęto $3,5 \text{ h}^{-1}$ (na podstawie tabeli 6.1).

Strumień powietrza infiltrującego do przestrzeni ogrzewanej (i):

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon = 2 \cdot 35 \cdot 3,5 \cdot 0,02 \cdot 1,2 = 5,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

Minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych:

$$\dot{V}_{min} = 0,5 \cdot 35 = 17,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego:

$$\dot{V} = \max(\dot{V}_{inf}, \dot{V}_{min}) = \max(5,88; 17,50) = 17,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

W omawianym przykładzie minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych, przewyższa strumień powietrza infiltrującego. Dzieje się tak w przypadku większości typowych budynków do 10 m wysokości [2].

Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła:

$$H_V = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 17,50 = 5,95 \text{ W/K}$$

Projektowa wentylacyjna strata ciepła:

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 5,95 \cdot [20 - (-18)] = 226 \text{ W}$$

6.8.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994

Dla porównania poniżej przedstawiono obliczenie „zapotrzebowania na ciepło do wentylacji” wg PN-B-03406:1994:

$$Q_w = [0,34(t_i - t_e) - 9]V = [0,34(20 - (-18)) - 9]5 = 137 \text{ W}$$

6.8.3 Porównanie wyników

W tym przypadku wartość obliczona wg PN–EN 12831 jest znacznie wyższa (o 65%) niż otrzymana wg PN-B-03406:1994. Wynika to przede wszystkim z faktu, że zgodnie z normą PN-B-03406:1994 w zapotrzebowaniu na ciepło do wentylacji uwzględniało się (odejmowało się) wewnętrzne zyski ciepła (7 lub 9 W/m³).

7. Obliczanie projektowej wentylacyjnej straty ciepła w przypadku instalacji wentylacyjnej

7.1 Wprowadzenie

Jeżeli instalacja wentylacyjna nie jest zidentyfikowana, wentylacyjne straty ciepła określa się tak, jak w przypadku budynku bez instalacji wentylacyjnej (z wentylacją naturalną).

Powietrze nawiewane do przestrzeni ogrzewanej przez instalację wentylacyjną może mieć różną temperaturę. Norma PN–EN 12831 operuje wartością strumienia powietrza wentylacyjnego przy założeniu, że jego temperatura jest równa projektowej temperaturze zewnętrznej. Natomiast w przypadku wyższej temperatury powietrza wartość strumienia jest odpowiednio redukowana obliczeniowo.

7.2 Projektowa wentylacyjna strata ciepła

Wzór na projektową wentylacyjną stratę ciepła jest taki sam, jak w przypadku wentylacji naturalnej:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad \text{W} \quad (7.1)$$

gdzie:

$H_{V,i}$ – współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła, W/K;

$\vartheta_{i,int}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), °C;

ϑ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, °C.

7.3 Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła

Również współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła oblicza się w sposób analogiczny, jak w przypadku wentylacji naturalnej. Współczynnik ten odnosi stratę ciepła do różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej.

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p, \quad \text{W/K} \quad (7.2)$$

gdzie:

$\dot{V}_i$ – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej (i), m³/s;

ρ – gęstość powietrza w temperaturze $\vartheta_{i,int}$, kg/m³;

c_p – ciepło właściwe powietrza w temperaturze $\vartheta_{i,int}$, J/kg·K.

Pomijając dla uproszczenia zmienność wartości gęstości i ciepła właściwego powietrza w funkcji temperatury i odnosząc strumień powietrza do jednej godziny, równanie (7.2) przyjmuje następującą postać:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i, \quad \text{W/K} \quad (7.3)$$

gdzie:

$\dot{V}_i$ – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej (i), m³/h.

7.4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego

Norma PN–EN 12831 podaje następujący sposób obliczania strumienia powietrza wentylacyjnego strefy ogrzewanej (i) w przypadku występowania instalacji wentylacyjnej:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{V,i} + \dot{V}_{mech,inf,i}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7.4)$$

gdzie:

$\dot{V}_{inf,i}$ – strumień powietrza infiltrującego do przestrzeni ogrzewanej (i), m^3/h ;

$\dot{V}_{su,i}$ – strumień objętości powietrza doprowadzonego do przestrzeni ogrzewanej (i), m^3/h ;

$f_{V,i}$ – współczynnik redukcji temperatury;

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ – nadmiar strumienia objętości powietrza usuwanego z przestrzeni ogrzewanej (i), m^3/h .

Obliczony w ten sposób strumień powietrza można określić jako „cieplnie równoważny” (w artykule [2] używane jest określenie „termicznie efektywny” – „thermisch wirksam”), tzn. taki, którego podgrzanie od temperatury zewnętrznej do temperatury powietrza wewnętrznego wymagałoby takiej samej ilości ciepła, co podgrzanie rzeczywistych strumieni przy ich rzeczywistych wartościach temperatury. Z punktu widzenia zapotrzebowania na ciepło, strumień ten jest traktowany w dalszych obliczeniach, tak jak byłby to strumień powietrza o temperaturze zewnętrznej.

Określanie strumienia powietrza infiltrującego oraz minimalnego strumienia powietrza ze względów higienicznych, zostało omówione w rozdziale 6.

Wg normy PN–EN 12831 strumień powietrza wentylacyjnego $\dot{V}_i$ nie powinien być mniejszy od minimalnego strumienia powietrza ze względów higienicznych. Rozumiejąc literalnie zapis w normie, można dojść do wniosku, że wymaganie to dotyczy strumienia, obliczonego wg równania (7.4). Jednak należy zwrócić uwagę, że wartość $\dot{V}_i$ uwzględnia współczynnik redukcji temperatury. Dlatego wydaje się wystarczającym, aby niemniejszy niż strumień minimalny był rzeczywisty strumień powietrza zewnętrznego, a nie strumień termicznie równoważny (patrz przykład). Odnoszenie wymagań higienicznych do strumienia zredukowanego obliczeniowo (cieplnie równoważnego), który może być znacznie mniejszy od rzeczywistego, podważałoby natomiast m.in. celowość stosowania odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego.

7.5 Strumień powietrza doprowadzonego

Jeśli instalacja wentylacyjna jest zidentyfikowana, strumień powietrza infiltrującego do przestrzeni ogrzewanej (i) określa się na podstawie projektu instalacji.

Powietrze dostarczane do pomieszczenia ma zazwyczaj temperaturę wyższą od projektowej temperatury zewnętrznej. W tym przypadku należy pomnożyć strumień powietrza przez współczynnik redukcji temperatury:

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (7.5)$$

gdzie:

$\vartheta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), °C;

$\vartheta_{su,i}$ – temperatura powietrza dostarczanego do przestrzeni ogrzewanej (i), °C;

ϑ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, °C.

Współczynnik redukcji temperatury umożliwia przeliczenie strumienia objętości powietrza dostarczanego o danej temperaturze na odpowiedni strumień powietrza o temperaturze zewnętrznej, którego podgrzanie do temperatury powietrza wewnętrznego wymaga takiej samej ilości ciepła.

7.6 Odzysk ciepła

Jeśli stosowany jest system odzysku ciepła, temperatura $\vartheta_{su,i}$ może być obliczona na podstawie efektywności (sprawności) odzysku ciepła. Jeśli przy odzysku ciepła nie zachodzi jednocześnie wymiana wilgoci (np. w wymienniku płytowym – rys. 7.1) oraz strumień powietrza nawiewanego równy jest strumieniowi powietrza wywiewanego, zachodzi następująca równość [6]:

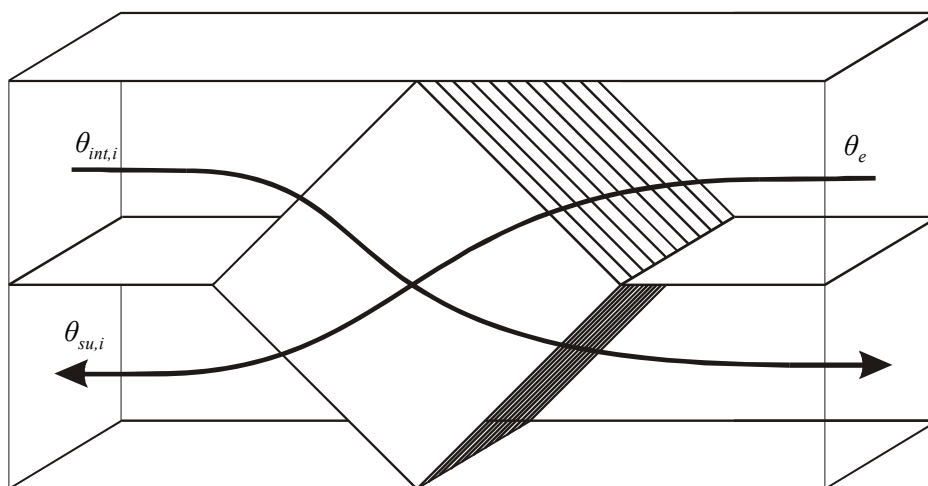
$$\theta_{su,i} = \theta_e + \eta_V (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (7.6)$$

gdzie:

η_V – efektywność (sprawność) odzysku ciepła;

pozostałe oznaczenia jw.

Układ temperatur pokazano na przykładzie wymiennika płytowego na rys. 7.1.



Rys. 7.1. Schemat wymiennika płytowego

Orientacyjne wartości efektywności odzysku ciepła dla różnych systemów podano w tabeli 7.1 [1].

Tabela 7.1. Porównanie systemów odzysku ciepła. Na podstawie [1]

System odzysku ciepła	Efektywność odzysku ciepła (bez odzysku wilgoci)	Powietrze nawiewane i wywiewane w jednej centrali	Części ruchome	Możliwość wymiany wilgoci
Wymiennik płytowy	50-60%	tak	nie	nie
Rekuperacja pośrednia	40-50%	nie	tak	nie
Rurka ciepła	50-60%	tak	nie	nie
Wymiennik obrotowy bez odzysku wilgoci	65-80%	tak	tak	w małym stopniu
Wymiennik obrotowy z odzyskiem wilgoci	65-80%	tak	tak	tak

W tym miejscu warto zauważyć, że po podstawieniu temperatury powietrza dostarczanego z równania (7.6) do równania (7.5) otrzymamy:

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_e - \gamma_V (\theta_{int,i} - \theta_e)}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (7.7)$$

$$f_{V,i} = \frac{(1 - \gamma_V)(\theta_{int,i} - \theta_e)}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (7.8)$$

W związku z tym, współczynnik redukcji temperatury w przypadku odzysku ciepła z powietrza usuwanego, przy podanych wyżej założeniach, można obliczyć z następującego równania:

$$f_{V,i} = 1 - \gamma_V \quad (7.9)$$

7.7 Nadmiar strumienia powietrza usuwanego

Norma zakłada, że jeżeli strumień powietrza usuwanego z pomieszczenia jest większy od strumienia dostarczanego, to powstała różnica jest kompensowana przez strumień powietrza zewnętrznego, dopływającego przez obudowę budynku.

Jeżeli nadmiar strumienia powietrza usuwanego nie jest inaczej określony, to jego wartość w odniesieniu do całego budynku można obliczyć w następujący sposób:

$$\dot{V}_{mech,inf} = \max(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{su}, 0) \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7.10)$$

gdzie:

$\dot{V}_{ex}$ – strumień objętości powietrza usuwanego w odniesieniu do całego budynku, m^3/h ;

$\dot{V}_{su}$ – strumień objętości powietrza doprowadzonego w odniesieniu do całego budynku, m^3/h .

W budynkach mieszkalnych, strumień objętości powietrza doprowadzanego w odniesieniu do całego budynku jest często przyjmowany jako równy zeru.

Wartość nadmiaru strumienia powietrza usuwanego dla całego budynku, otrzymaną wg równania (7.10), rozdziela się następnie na poszczególne przestrzenie budynku na podstawie ich przepuszczalności. Jeśli przepuszczalności nie zostały określone, rozdział strumienia powietrza zewnętrznego może być przeprowadzony w sposób uproszczony, proporcjonalnie do kubatury każdej przestrzeni:

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \dot{V}_{mech,inf} \frac{V_i}{\sum V_i}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (7.11)$$

gdzie:

V_i – kubatura przestrzeni (i), m^3 .

W analogiczny sposób można rozdzielać strumień powietrza dostarczonego do całego budynku.

7.8 Projektowe obciążenie cieplne budynku lub jego części

Strumień powietrza infiltrującego dla całego budynku norma określa w następujący sposób:

$$\sum \dot{V}_i = 0,5 \cdot \sum \dot{V}_{inf,i} + (1 - \eta_V) \sum \dot{V}_{su,i} + \dot{V}_{mech,inf,i}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (7.12)$$

Podobnie jak w równaniu dla wentylacji naturalnej, przed sumą strumieni powietrza infiltrującego występuje mnożnik 0,5. Wynika on z tego, że przy obliczaniu strumienia powietrza infiltrującego do poszczególnych przestrzeni ogrzewanych stosuje się współczynnik 2, uwzględniający najbardziej niekorzystny przypadek, w którym całe infiltrujące powietrze wpływa do budynku z jednej strony. Natomiast w przypadku obliczania obciążenia cieplnego całego budynku, nie zachodzi konieczność uwzględniania mnożnika 2, ponieważ wyżej opisana niekorzystna sytuacja nie wystąpi jednocześnie w pomieszczeniach z obu stron budynku (patrz punkt 6.7).

Dodatkowo norma mówi, że jeśli dostarczane powietrze jest ogrzewane przez sąsiednią instalację (instalację wentylacyjną), należy uwzględnić to w obliczeniach wymaganego obciążenia cieplnego do zwymiarowania źródła ciepła.

7.9 Przykład

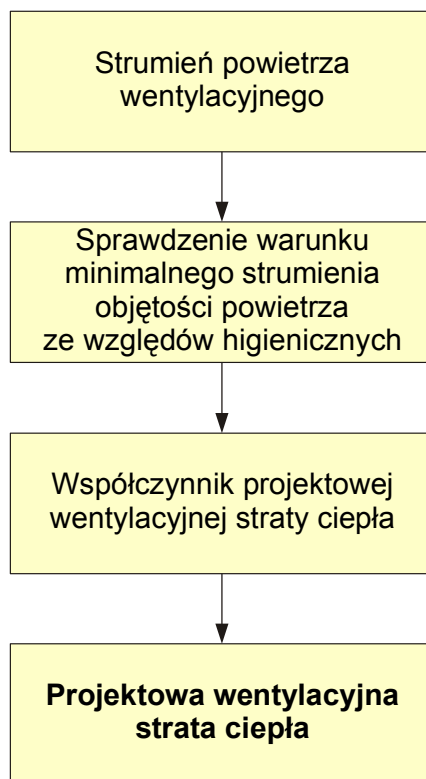
Obliczyć wartość projektowej wentylacyjnej straty ciepła dla pokoju mieszkalnego, dla następujących założeń:

- kubatura: 35 m^3 ,
- rodzaj budynku: wielorodzinny,
- stopień szczelności obudowy budynku: średni,
- klasa osłonięcia: średnie osłonięcie,
- ilość odsłoniętych otworów w przestrzeni ogrzewanej: 1,
- wysokość środka pomieszczenia ponad poziomem terenu: 14,5 m,
- strumień objętości pow. doprowadzonego do przestrzeni ogrzewanej: $25 \text{ m}^3/\text{h}$,
- nadmiar strumienia objętości pow. usuwanego z przestrzeni ogrz.: $0 \text{ m}^3/\text{h}$,

- zastosowano wymiennik płytowy do odzysku ciepła z powietrza usuwanego o efektywności 60% (strumień powietrza usuwanego jest równy strumieniowi powietrza dostarczanego), brak recyrkulacji powietrza,
- lokalizacja: Poznań.

7.9.1 Obliczenia wg PN-EN 12831:2006

Kolejność obliczeń przedstawiono na rys. 7.2.



Rys. 7.2. Kolejność obliczeń projektowej wentylacyjnej straty ciepła wg PN-EN 12831. Opracowanie własne.

Wartość n_{50} przyjęto $3,5 \text{ h}^{-1}$ (na podstawie tabeli 6.1), $e = 0,02$ (tabela 6.2), $\varepsilon = 1,2$ (tabela 6.3).

Strumień powietrza infiltrującego do przestrzeni ogrzewanej (i):

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon = 2 \cdot 35 \cdot 3,5 \cdot 0,02 \cdot 1,2 = 5,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

Temperatura powietrza dostarczanego do przestrzeni ogrzewanej z uwzględnieniem odzysku ciepła z powietrza usuwanego:

$$\theta_{su,i} = \theta_e + \eta_V (\theta_{int,i} - \theta_e) = -18 + 0,6[20 - (-18)] = 4,8^\circ\text{C}$$

Współczynnik redukcji temperatury wg równania (7.5):

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 4,8}{20 - (-18)} = 0,4$$

Współczynnik redukcji temperatury można również obliczyć wg równania (7.9):

$$f_{V,i} = 1 - \eta_V = 1 - 0,6 = 0,4$$

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{V,i} + \dot{V}_{mech,inf,i} = 5,88 + 25 \cdot 0,4 + 0 = 15,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

Minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych:

$$\dot{V}_{min} = 0,5 \cdot 35 = 17,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Obliczona wartość termicznie równoważnego strumienia objętości powietrza wentylacyjnego (15,88 m³/h) jest mniejsza od wartości minimalnej, wymaganej ze względów higienicznych (17,50 m³/h). Jednak obliczona w sposób podany w normie moc ciepła pozwoli na podgrzanie strumienia powietrza 30,88 m³/h, który jest prawie dwa razy większy od strumienia minimalnego. Dlatego do dalszych obliczeń wydaje się celowe przyjąć wartość zredukowaną 15,88 m³/h. Wartość strumienia jest redukowana, ponieważ dalej, przy obliczaniu straty ciepła, zakłada się, że powietrze jest podgrzewane od temperatury zewnętrznej.

Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła:

$$H_V = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 15,88 = 5,40 \text{ W/K}$$

Projektowa wentylacyjna strata ciepła:

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 5,40 \cdot [20 - (-18)] = 205 \text{ W}$$

Natomiast przyjmując zgodnie z zapisem w normie PN–EN 12831:2006 strumień objętości powietrza wentylacyjnego jako równy minimalnemu strumieniowi objętości powietrza wymaganemu ze względów higienicznych, współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła wynosi:

$$H_V = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 17,5 = 5,95 \text{ W/K}$$

Natomiast projektowa wentylacyjna strata ciepła wynosi w tym przypadku:

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 5,95 \cdot [20 - (-18)] = 226 \text{ W}$$

Otrzymana w ten sposób wartość jest wyższa, ponieważ nie w pełni uwzględnia korzyści wynikające z zastosowania systemu odzysku ciepła z powietrza usuwanego.

7.9.2 Obliczenia wg PN-B-03406:1994

Dla porównania poniżej przedstawiono obliczenie „zapotrzebowania na ciepło do wentylacji” wg PN-B-03406:1994. Norma ta nie przewidywała jasno możliwości współpracy instalacji grzewczej i wentylacyjnej. Jednak po uwzględnieniu poprawki, zaproponowanej przez Piotra Wereszczyńskiego [8], można zapisać:

$$Q_w = 0,34(t_i - t_n)\dot{V}_w - q_{zc} \cdot V = 0,34(20 - 4,8)25 - 9 \cdot 35 = 155 - 315 = -186 \text{ W}$$

Ponieważ obliczona wartość jest ujemna, należy zgodnie z normą przyjąć zero. Oznacza to, że założone w normie zyski ciepła 9 W/m³ pokryją w całości zapotrzebowanie ciepła do podgrzania powietrza wentylacyjnego.

7.10 Podsumowanie

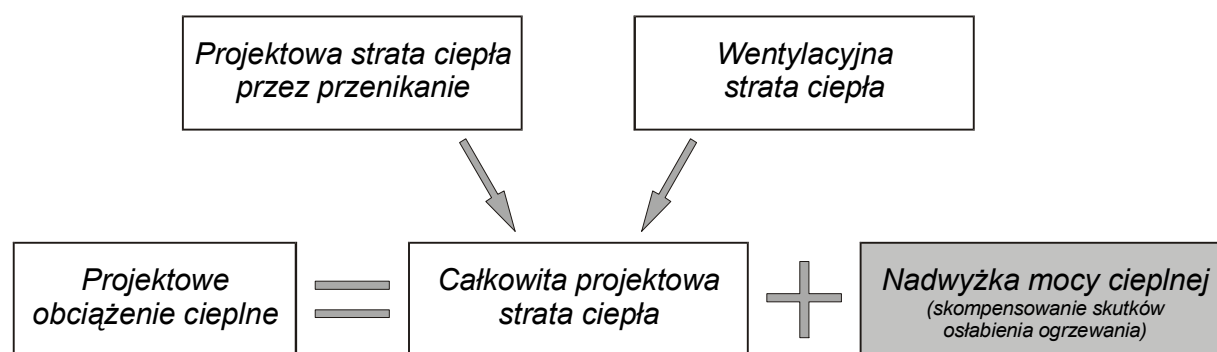
Norma PN–EN 12831 przewiduje explicite możliwość współpracy instalacji centralnego ogrzewania i instalacji wentylacyjnej, co jest jej zaletą w porównaniu z normą dotychczasową. Jednak wydaje się celowym doprecyzowanie warunku minimalnego strumienia powietrza ze względów higienicznych. Zdaniem autorów niniejszy warunek powinien odnosić się do rzeczywistego strumienia powietrza zewnętrznego, a nie do strumienia cieplnie równoważnego (zredukowanego obliczeniowo z uwagi na inną temperaturę powietrza wentylacyjnego niż temperatura zewnętrzna). Taką interpretację potwierdza drugie wydanie niemieckiego załącznika krajowego, chociaż nie wynika to jednoznacznie z tekstu samej normy europejskiej.

8. Nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania

8.1 Wprowadzenie

Istotną zmianą, wprowadzoną przez normę PN-EN 12831:2006, w stosunku do metodyki dotychczasowej jest rozróżnienie pojęć „całkowita projektowa strata ciepła” i „projektowe obciążenie cieplne”.

Różnica polega na tym, że „projektowe obciążenie cieplne” – obok całkowitej projektowej straty ciepła – uwzględnia dodatkowo nadwyżkę mocy cieplnej, wymaganą do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania (rys. 8.1).



Rys. 8.1. Porównanie pojęć „całkowita projektowa strata ciepła” i „projektowe obciążenie cieplne”

Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej określone jest równaniem:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, \quad W \quad (8.1)$$

gdzie:

- $\Phi_{T,i}$ – projektowa strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (*i*) przez przenikanie, W;
- $\Phi_{V,i}$ – projektowa wentylacyjna strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (*i*), W;
- $\Phi_{RH,i}$ – nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania strefy ogrzewanej (*i*), W.

Jak już wspomniano, w normie PN-B-03406:1994 [13] zrezygnowano z występującego wcześniej „dodatku na przerwy w działaniu ogrzewania” (czyli odpowiednika wprowadzonej obecnie „nadwyżki mocy cieplnej”). W momencie wprowadzenia normy PN-B-03406:1994 wycofanie tego dodatku uzasadniono względami ekonomicznymi [13]. Miało to zapobiegać znacznemu wzrostowi kosztów elementów instalacji (źródeł ciepła, grzejników, przewodów). Dlatego założono ciągłość działania instalacji przy temperaturze równej lub niższej niż -5°C .

Natomiast w obecnej sytuacji ekonomicznej stosunek kosztów eksploatacyjnych do kosztów inwestycyjnych instalacji grzewczych jest znacznie większy niż wcześniej i dlatego ponowne umożliwienie stosowania osłabienia ogrzewania także przy niskich temperaturach zewnętrznych wydaje się uzasadnione.

8.2 Założenia metody

Straty ciepła oblicza się, zakładając ustalony model wymiany ciepła. Natomiast ogrzewanie z przerwami lub osłabieniem wymaga zapewnienia nadwyżki mocy ponad moc, która pozwala pokrywać straty ciepła w warunkach ustalonej wymiany ciepła. Nadwyżka ta umożliwia osiągnięcie wymaganej temperatury wewnętrznej w określonym czasie po okresie osłabienia.

Ogólnie nadwyżka zależy od następujących czynników:

- pojemności cieplnej budynku,
- czasu, w którym ma być osiągnięta wymagana temperatura wewnętrzna,
- zakładanego obniżenia temperatury w okresie osłabienia ogrzewania,
- charakterystyk układu regulacji instalacji.

Nadwyżka mocy cieplnej czasami nie jest wymagana, np.:

- jeśli układ regulacji wyłącza program osłabienia w okresie niskich temperatur zewnętrznych (podobnie, jak było to przyjęte w normie PN-B-03406:1994),
- straty ciepła mogą być ograniczone w okresie osłabienia ogrzewania, np. poprzez zmniejszenie intensywności wentylacji.

Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 nadwyżka mocy powinna być uzgodniona z klientem (zlecającym).

Nadwyżka mocy może być określona metodą dokładną na podstawie obliczeń dynamicznych. Natomiast norma PN-EN 12831:2006 podaje metodę uproszczoną. Metoda ta może być stosowana w odniesieniu do:

- budynków mieszkalnych (okres osłabienia do 8 godzin, konstrukcja nie jest lekka),
- budynków niemieszkalnych (okres osłabienia weekendowego do 48 godzin, okres użytkowania do 8 godzin dziennie, projektowa temperatura wewnętrzna od 20°C do 22°C).

Efektywna masa budynku jest klasyfikowana w trzech kategoriach:

- duża masa budynku (betonowe podłogi i sufity połączone ze ścianami z cegły lub betonu);
- średnia masa budynku (betonowe podłogi i sufity oraz lekkie ściany);
- lekka masa budynku (podwieszone sufity i podniesione podłogi oraz lekkie ściany).

8.3 Współczynnik nagrzewania

Nadwyżka mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia dla przestrzeni ogrzewanej (*i*) może być określona w następujący sposób:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, \quad W \quad (8.2)$$

gdzie:

A_i – wewnętrzna powierzchnia podłogi przestrzeni ogrzewanej (i), m^2 ;

f_{RH} – współczynnik nagrzewania.

Współczynnik nagrzewania f_{RH} zależy od założonego obniżenia temperatury w okresie osłabienia ogrzewania i czasu nagrzewania, w którym ma być osiągnięta wymagana temperatura wewnętrzna. Wartości współczynnika nagrzewania są podane w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006 (tabela 8.1 i 8.2). Wartości podane w tabelach odnoszą się do wewnętrznej powierzchni podłogi i mogą być stosowane dla pomieszczeń, których średnia wysokość nie przekracza 3,5 m. Wartości tych nie stosuje się w przypadku elektrycznego ogrzewania akumulacyjnego.

Tabela 8.1. Współczynnik nagrzewania w budynkach niemieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 12 h [20]

Czas nagrzewania, godz.	Współczynnik nagrzewania f_{RH} , W/m^2								
	Zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia ^a								
	2 K			3 K			4 K		
	masa budynku			masa budynku			masa budynku		
	niska	średnia	duża	niska	średnia	duża	niska	średnia	duża
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

^a W dobrze izolowanych szczelnych budynkach wystąpienie spadku temperatury wewnętrznej podczas osłabienia o więcej niż 2 do 3 K nie jest bardzo prawdopodobne. Zależy to od warunków klimatycznych i masy cieplnej budynku.

Tabela 8.2. Współczynnik nagrzewania w budynkach mieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 8 h [20]

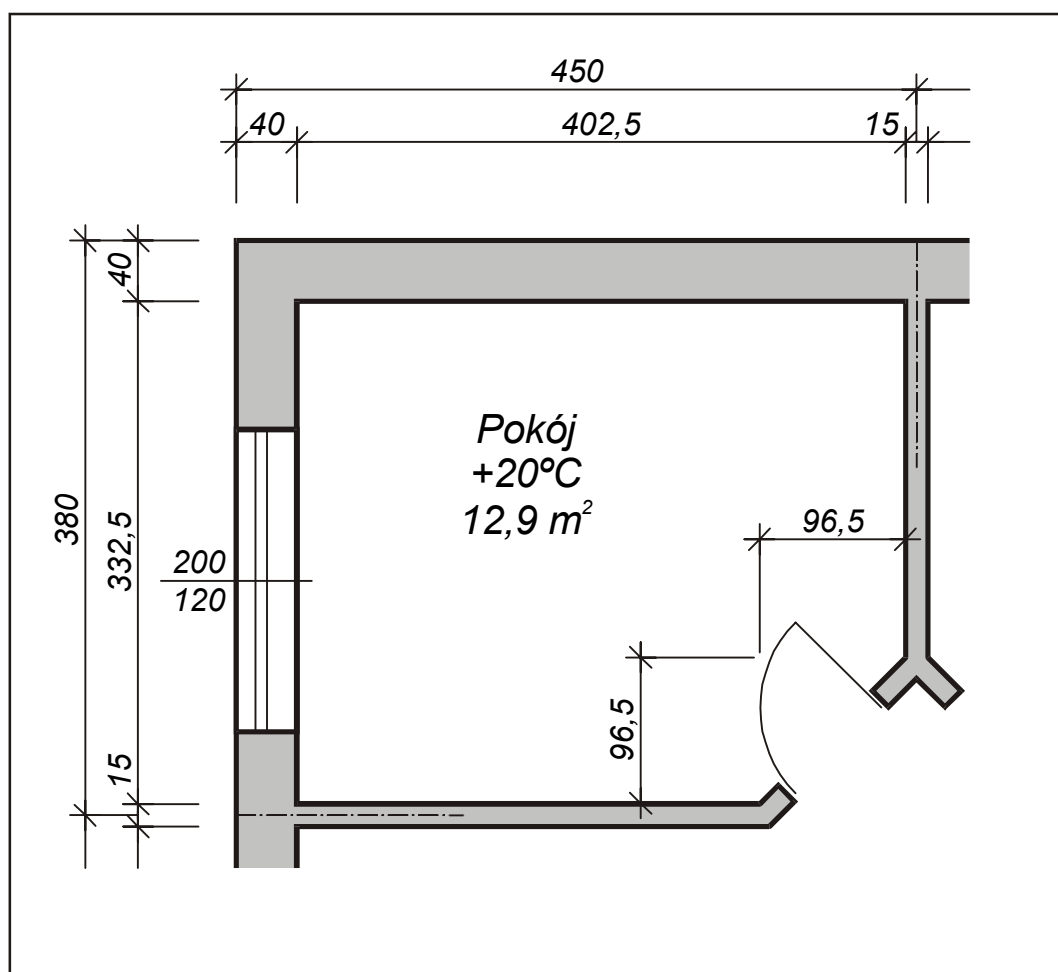
Czas nagrzewania, godz.	Współczynnik nagrzewania f_{RH} , W/m^2		
	Zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia ^a		
	1 K	2 K	3 K
	masa budynku duża	masa budynku duża	masa budynku duża
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

^a W dobrze izolowanych szczelnych budynkach wystąpienie spadku temperatury wewnętrznej podczas osłabienia o więcej niż 2 do 3 K nie jest bardzo prawdopodobne. Zależy to od warunków klimatycznych i masy cieplnej budynku.

8.4 Przykład

Obliczyć nadwyżkę mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia dla pokoju mieszkalnego z rys. 8.2, przy następujących założeniach:

- wysokość pomieszczenia: 2,8 m,
- masa budynku: duża,
- zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia nocnego: 2 K,
- czas nagrzewania:
 - a) 1 godz.,
 - b) 2 godz.



Rys. 8.2. Rysunek do przykładu. Rzut pomieszczenia

Rozwiązanie:

ad a) Współczynnik nagrzewania f_{RH} odczytujemy z tabeli 8.2 (budynek mieszkalny):

$$f_{RH} = 22 \text{ W/m}^2.$$

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 12,9 \cdot 22 = 285 \text{ W}$$

ad b) Współczynnik nagrzewania $f_{RH} = 11 \text{ W/m}^2$.

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 12,9 \cdot 11 = 142 \text{ W}$$

Wydłużenie czasu nagrzewania pomieszczenia po osłabieniu nocnym z 1 do 2 godzin spowodowało dwukrotne zmniejszenie wymaganej nadwyżki mocy cieplnej. Natomiast dalsze zwiększanie czasu przyniesie już znacznie mniejsze redukcje nadwyżki mocy.

8.5 Podsumowanie

Zakładanie dużego obniżenia temperatury w okresie osłabienia i krótkiego czasu nagrzewania po osłabieniu powoduje uzyskanie dużych wartości wymaganej nadwyżki mocy cieplnej. Dlatego parametry te należy uzgodnić ze zleceniodawcą.

Metoda określania nadwyżki mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia, zawarta w normie PN-EN 12831:2006, jest uproszczona. Dokładniejsze wyniki można uzyskać na drodze obliczeń dynamicznych, które mogą uwzględniać indywidualne cechy danego budynku.

9. Obliczanie obciążenia cieplnego wysokich pomieszczeń

9.1 Wprowadzenie

Podstawowa metoda obliczeniowa podana w normie PN-EN 12831:2006 [20] opiera się na założeniu jednakowej temperatury wewnętrznej w ogrzewanym pomieszczeniu. Założenie takie jest spełnione z wystarczającą dokładnością w pomieszczeniach o wysokości do 5 m. Natomiast w pomieszczeniach wyższych występuje znaczny pionowy gradient temperatury, który zwiększa straty ciepła.

Pionowy gradient temperatury zależy od następujących czynników:

- wysokości pomieszczenia,
- strat ciepła pomieszczenia (poziomu izolacji cieplnej i strefy klimatycznej),
- typu i lokalizacji grzejników.

Wpływ gradientu temperatury uwzględnia się w postaci dodatków do projektowych strat ciepła. Dodatki te najlepiej byłoby określać na podstawie wyników dynamicznych obliczeń symulacyjnych, gdyż można by wówczas uwzględniać indywidualne właściwości poszczególnych budynków.

9.2 Współczynnik poprawkowy

Norma PN-EN 12831:2006 w załączniku B podaje orientacyjne wartości współczynnika poprawkowego ze względu na wysokość pomieszczenia (tabela 9.1). Wartości te można stosować dla budynków, w których projektowe straty ciepła nie przekraczają 60 W/m² powierzchni podłogi. Skorygowaną całkowitą projektową stratę ciepła przestrzeni ogrzewanej (*i*) oblicza się wówczas w następujący sposób:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{h,i}, \quad \text{W} \quad (9.1)$$

gdzie:

- $\Phi_{T,i}$ – projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej (*i*) przez przenikanie, W;
- $\Phi_{V,i}$ – projektowa wentylacyjna strata ciepła przestrzeni ogrzewanej (*i*), W;
- $f_{h,i}$ – współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość pomieszczenia, określany wg tabeli 9.1.

9.3 Przykład

Obliczyć całkowitą projektową stratę ciepła przestrzeni ogrzewanej, dla następujących założeń:

- projektowa strata ciepła przez przenikanie: 2 540 W,
- projektowa wentylacyjna strata ciepła: 450 W,
- wysokość pomieszczenia 7 m,
- grzejniki konwekcyjne.

Rozwiązanie:

Współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość pomieszczenia odczytujemy z tabeli 9.1 $f_{h,i} = 1,15$.

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{h,i} = (2\,540 + 450) \cdot 1,15 = 3\,439 \text{ W}$$

Tabela 9.1. Współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość pomieszczenia [20]

Sposób ogrzewania oraz typ i lokalizacja grzejników	Współczynnik $f_{h,i}$	
	Wysokość przestrzeni ogrzewanej	
	5 do 10 m	10 do 15 m
GŁÓWNIE PRZEZ PROMIENIOWANIE		
Ogrzewanie podłogowe	1	1
Ogrzewanie sufitowe (poziom temperatury < 40°C)	1,15	niewłaściwe do takiego zastosowania
Promienniki o średniej i wysokiej temperaturze umieszczone na dużej wysokości, skierowane ku dołowi	1	1,15
GŁÓWNIE PRZEZ KONWEKCJĘ		
Ciepłe powietrze przy konwekcji naturalnej	1,15	niewłaściwe do takiego zastosowania
OGRZEWANIE POWIETRZNE		
Strumień poprzeczny na małej wysokości	1,30	1,60
Strumień opadający z dużej wysokości	1,21	1,45
Poprzeczny strumień powietrza o średniej lub wysokiej temperaturze ze średniej wysokości	1,15	1,30

10. Wspomagane komputerowo obliczanie obciążenia cieplnego budynków

10.1 Wprowadzenie

W zasadzie możliwe jest przeprowadzanie obliczeń obciążenia cieplnego wg normy PN-EN 12831:2006 bez wykorzystania komputera. Jednak, zwłaszcza w przypadku dużych i skomplikowanych budynków, byłaby to czynność bardzo żmudna. Dlatego w praktyce obliczenia te wykonywane są z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania komputerowego. Wprowadzanie danych i wykonywanie obliczeń zostanie omówione na przykładzie programu Purmo OZC 4.0 [9].

Główne okno programu zostało przedstawione na rysunku 10.1. Bezpośrednio pod paskiem menu znajdują się przyciski pozwalające szybko przełączać program pomiędzy poszczególnymi oknami.

Purmo OZC - Przykład.odz - [Ogólne]

Podstawowe dane | Sezonowe zużycie energii E | Wentylacja i wymagania higieniczne | Parametry obliczeń

Nazwa projektu: **Przykład obliczania obciążenia cieplnego pomiesz-**
czenia wg PN-EN 12831 wspomagane komputerowo

Miejscowość: **Radom**

Adres:

Projektant: **dr inż. Michał Strzeszewski**

Norma na wsp. U: **PN-EN ISO 6946** | Strefa klimatyczna: **III - temp. zewnętrzna $\theta_e = -20^\circ\text{C}$** | θ_e **-20** °C | $\theta_{m,e}$ **7.6** °C

Norma na Φ : **PN-EN 12831:2006**

Dane budynku

Typ budynku: **Wielorodzinny** | Typ ogrzewania: **Konwekcyjne**

Typ konstrukcji: **Masywna** | **Bez osłabienia**

Stopień szczelności: **Średni**

Krotność wym. powietrza n50: **3.5** 1/h

Klasa osłonięcia budynku: **Średnie osłonięcie**

Grunt

Rodzaj gruntu: **Piasek lub żwir** | Pojemność cieplna: **2,000** MJ/m³K

Głębokość okresowego wnikania ciepła δ : **3.167** m | Współczynnik przewodzenia ciepła λ_g : **2.0** W/(m·K)

Geometria

Rzędna terenu: **0.00** m

Rzędna podłogi: **2.00** m

Rzędna wody gruntowej: **-10.00** m

Wysokość kondygnacji H: **3.20** m

Wysokość pomieszczeń H_i: **2.90** m

A_g: m² | P_g: m

Pow. ogrzewana A_h: m²

Kub. ogrzewana V_h: m³

Obrót budynku: **Bez obrotu**

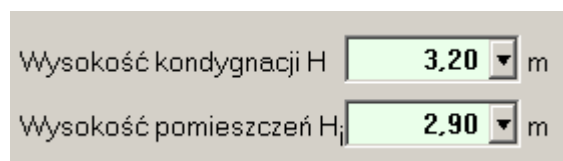
Rys. 10.1. Główne okno programu Purmo OZC 4.0

10.2 Dane ogólne

Wprowadzanie danych rozpoczyna się od danych ogólnych. Dane te dotyczą całego budynku. Pomimo dużej ilości wyświetlanych pól edycyjnych, po uzyskaniu podstawowych umiejętności obsługi programu, wprowadzanie danych ogólnych nie jest pracochłonne. Po pierwsze część pól wypełnia się automatycznie. Np. po wybraniu strefy klimatycznej, w której znajduje się budynek, program automatycznie wyświetli projektową temperaturę zewnętrzną i średnią roczną temperaturę zewnętrzną dla tej strefy. Po drugie część pól jest nieobowiązkowa. Pola te oznaczone są zielonym tłem (rys. 10.2). Nie jest np. wymagane podanie domyślnej wysokości kondygnacji ani wysokości

pomieszczeń w świetle, chociaż akurat te pola warto wypełnić, gdyż zaoszczędzi to dużo pracy na etapie wprowadzania pomieszczeń.

Dziedziczenie wartości. W programie zastosowano technikę, polegającą na tym, że można wprowadzić dane domyślne dla całego budynku (np. wysokość typowego pomieszczenia w świetle). Następnie program będzie wykorzystywał te wartości automatycznie, chyba że na niższym poziomie struktury (na kondygnacji, w strefie lub w pomieszczeniu) podana zostanie inna wartość. Technika ta pozwala na oszczędność czasu w przypadku powtarzalnych danych, umożliwiając jednocześnie wprowadzenie nietypowych wartości tam, gdzie to jest konieczne.



Rys. 10.2. Oznaczenie pól nieobowiązkowych (zielone tło)

Dane ogólne podzielone są na cztery zakładki:

Podstawowe dane – w tym miejscu wpisuje się najważniejsze dane dotyczące analizowanego budynku.

Sezonowe zużycie energii – wypełnienie tej zakładki wymagane jest jedynie w przypadku wykonywania obliczeń sezonowego zużycia energii.

Wentylacja i wymagania higieniczne – zakładkę tę wypełnia się głównie dla skomplikowanych budynków, w typowych przypadkach wystarczą dane domyślne.

Parametry obliczeń – w tym miejscu ustala się dokładny sposób, w jaki program wykona obliczenia, m.in. metodę uwzględniania mostków cieplnych.

10.2.1 Podstawowe dane

W zakładce **Podstawowe dane** istnieje możliwość wyboru normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego (zapotrzebowania na moc cieplną) (rys. 10.3). W wersji 4.0 program umożliwia wykonanie obliczeń wg następujących norm:

- PN-B-03406:1994 [13],
- PN-EN 12831:2006 [20].



Rys. 10.3. Wybór normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego

W tej samej zakładce podaje się również inne podstawowe informacje na temat budynku, takie jak: jego typ, masywność konstrukcji, stopień szczelności, klasę osłonięcia itd.

10.2.2 Straty ciepła do sąsiednich lokali

Spośród parametrów obliczeń warto zwrócić uwagę zwłaszcza na sposób, w jaki program ma uwzględniać straty ciepła do sąsiednich lokali na wypadek osłabienia w nich ogrzewania.

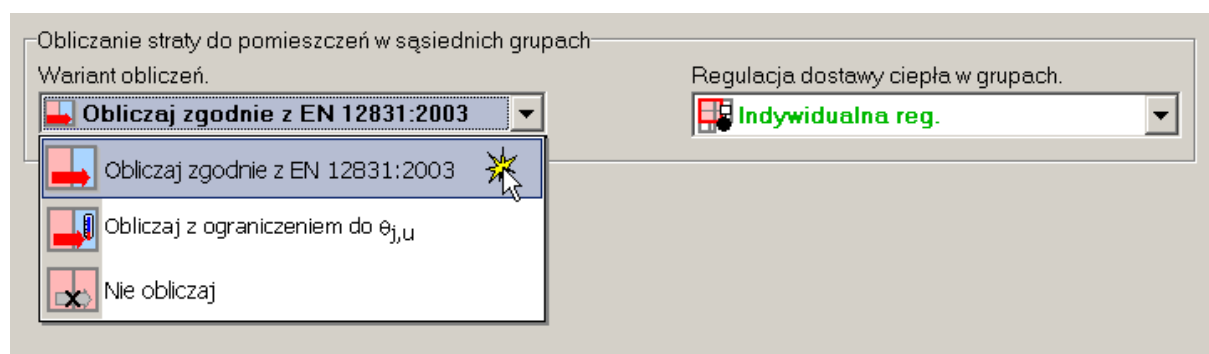
Jeśli istnieje możliwość indywidualnej regulacji temperatury, to według nowej normy temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu, należącym do innego lokalu, należy przyjmować jako średnią arytmetyczną z projektowej temperatury wewnętrznej w analizowanym pomieszczeniu i średniej rocznej temperatury zewnętrznej.

Takie podejście ma uwzględniać możliwość obniżenia temperatury w sąsiednich lokalach w stosunku do wartości projektowej. Jednak metoda podana w normie PN-EN 12831:2006 wydaje się zbyt „ostrożna”, ponieważ często zakłada temperaturę w sąsiednim lokalu ok. 13°C. W związku z tym w programie przewidziano dwa dodatkowe warianty określania temperatury w sąsiednim lokalu (rys. 10.4):

- obliczanie wg normy (średniej arytmetycznej), ale z ograniczeniem (nie mniej niż podana wartość, np. 16°C),
- nie uwzględnianie ryzyka obniżenia temperatury (tzn. przyjmuje się temperaturę projektową na podstawie funkcji danego pomieszczenia).

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, (par. 134, ust. 6) [22] podaje 16°C jako minimalną wartość temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej (projektowej) 20°C lub wyższej i taką wartość ograniczenia można wprowadzić w programie.

Dostępne w programie dwa dodatkowe warianty obliczania strat ciepła do sąsiednich lokali nie są przewidziane w normie PN-EN 12831:2006.



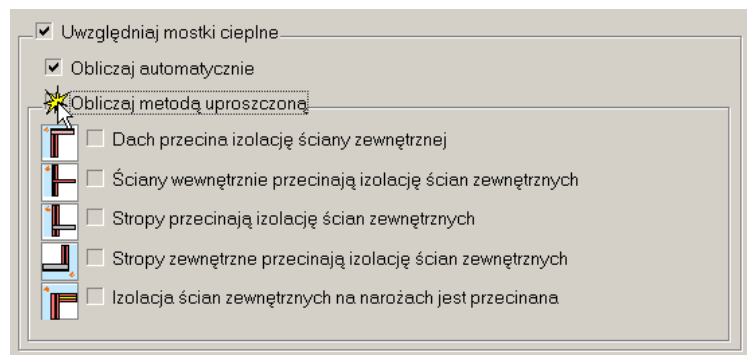
Rys. 10.4. Wybór sposobu określania strat ciepła do sąsiednich lokali

10.2.3 Mostki cieplne

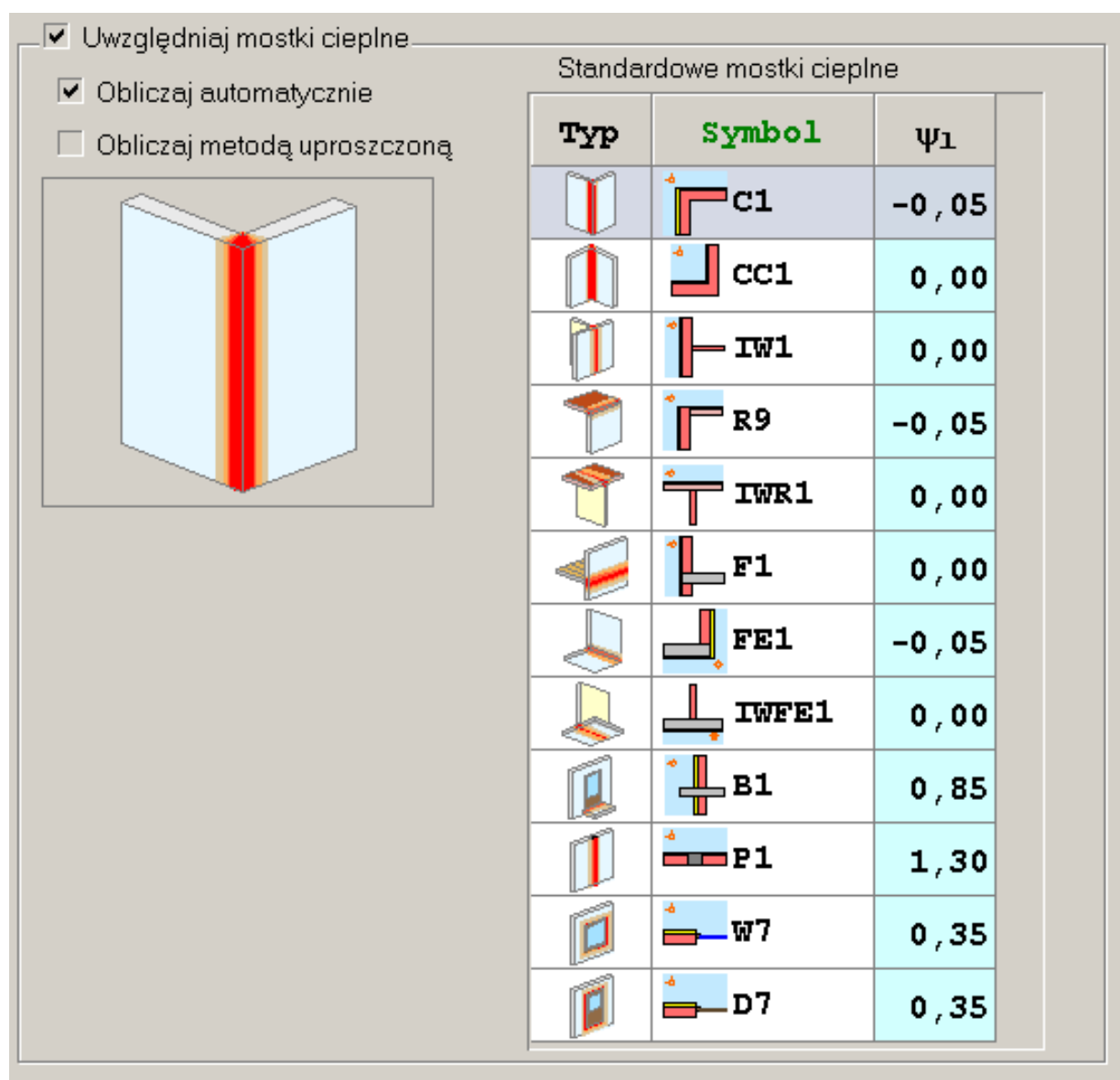
W zakładce **Parametry obliczeń** ustala się również sposób uwzględniania mostków cieplnych. Program umożliwia zastosowanie zarówno metody uproszczonej (opcja **Obliczaj metodą uproszczoną**), jak i w oparciu o współczynniki przenikania i długości poszczególnych mostków.

W przypadku metody uproszczonej należy zaznaczyć, w których miejscach izolacja cieplna budynku jest przerwana (rys. 10.5).

Natomiast dla metody podstawowej, należy z **Katalogu mostków cieplnych**, w oparciu o rozwiązania konstrukcyjne budynku, wybrać odpowiedni przypadek dla poszczególnych miejsc potencjalnych mostków cieplnych (rys. 10.6).



Rys. 10.5. Wybór opcji uwzględniania mostków cieplnych metodą uproszczoną



Rys. 10.6. Wybór opcji uwzględniania mostków cieplnych metodą podstawową

10.3 Współczynniki przenikania ciepła

Współczynniki przenikania ciepła określa się w oknie **Przegrody** (rys. 10.7). Okno to zawiera dwie zakładki:

- **Przegrody wielowarstwowe**,
- **Przegrody typowe**.

W zakładce **Przegrody wielowarstwowe** wprowadza się informacje o warstwach przegrody i na tej podstawie program oblicza współczynnik przenikania ciepła. Natomiast dane o przegrodach o znanych współczynnikach przenikania ciepła (np. okna) wprowadza się w zakładce **Przegrody typowe**.

W tym miejscu można również zmodyfikować typy mostków cieplnych, jeśli są inne dla danej przegrody niż te, które zostały określone w danych ogólnych. Jednak najczęściej nie zachodzi taka konieczność. Wtedy program wyświetla w kolorze zielonym typy mostków zaczerpnięte z danych ogólnych (rys. 10.7).

Program automatycznie przelicza wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne. W związku z tym musi znać grubości poszczególnych przegród. Dla „przegród wielowarstwowych”, program sam oblicza grubość przegrody, jako sumę grubości poszczególnych warstw. Natomiast w przypadku „przegród typowych” konieczne może być ręczne wprowadzenie grubości przegrody.

Program umożliwia również obliczenie rozkładu temperatury i ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przekroju przegrody budowlanej (rys. 10.8).

Purmo OZC - Przykład.odc - [Przegrody]

Symbol: SZ-51 Opis: Ściana zewnętrzna 51 cm

Producent: Rodzaj: Ściana zewnętrzna Warunki wilgotności: Średnio wilgotne Numer katalogowy:

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGLA-DZIU	0,240	Mur z cegły dziurawki na zaprawie cement	0,620	1400	0,880	0,387	0,387
STYROPIAN	0,120	Styropian - inne przypadki	0,045	30	1,460	2,667	2,667
CEGLA-DZIU	0,120	Mur z cegły dziurawki na zaprawie cement	0,620	1400	0,880	0,194	0,194
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,820	1850	0,840	0,018	0,018

Opór przejmowania wewnętrz R_i : 0,130 Grubość G: 0,510 m

Opór przejmowania na zewnątrz R_e : 0,040 Suma oporów przejm. i przew.: 3,454 m²·K/W

Standardowe mostki cieplne: Wsp. przenikania ciepła U: 0,290 W/m²·K

Przegroda z podanymi wymiarami

Typ Symbol ψ_1

C1 -0,05

CC1 0,00

IW1 0,00

F1 0,00

C (Naroże)

Wszyscy Konstrukcja Dokumentacja

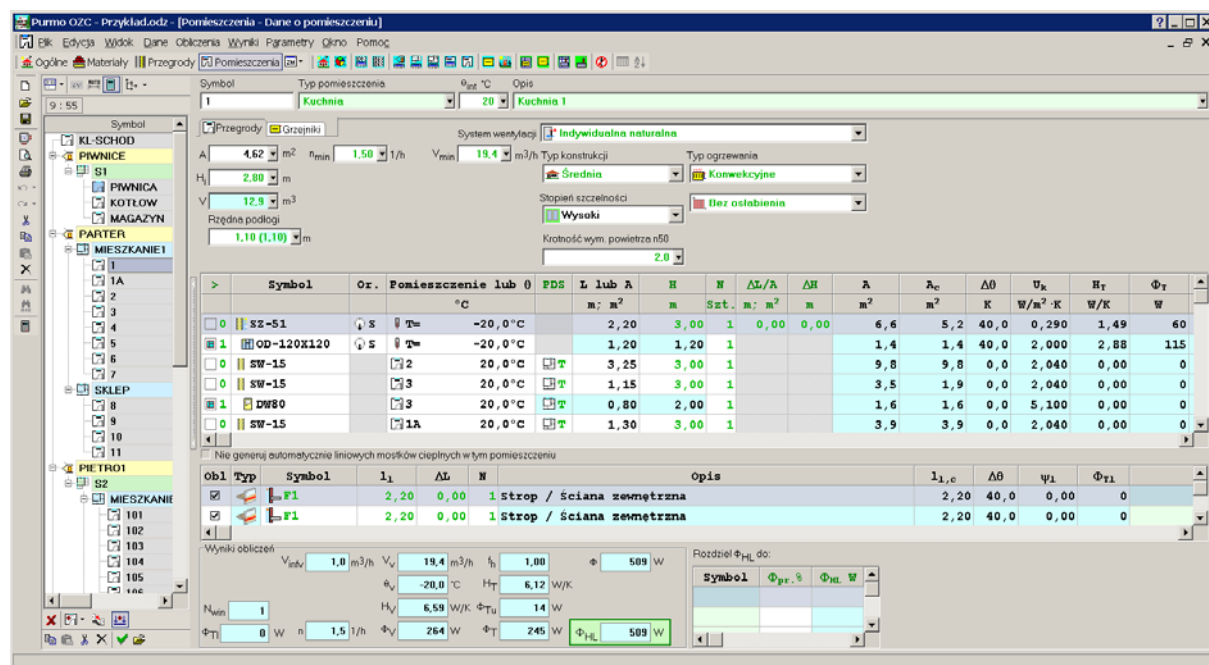
Rys. 10.7. Zakładka **Przegrody wielowarstwowe** (określanie współczynników przenikania ciepła)



Rys. 10.8. Rozkład temperatury i ciśnienia cząstkowego pary w przekroju ściany zewnętrznej

10.4 Pomieszczenia

Kolejnym krokiem jest wprowadzanie informacji nt. poszczególnych pomieszczeń (rys. 10.9). W przypadku gdy obliczenia przeprowadzane są w celu doboru źródła ciepła bez doboru grzejników, można wprowadzić całą kubaturę budynku jedynie z podziałem na strefy temperaturowe. Wtedy należy jako typ ogrzewania wybrać opcję **Bez gradientu**, aby program nie traktował poszczególnych stref jako „pomieszczenia wysokie”.



Rys. 10.9. Informacje o pomieszczeniu

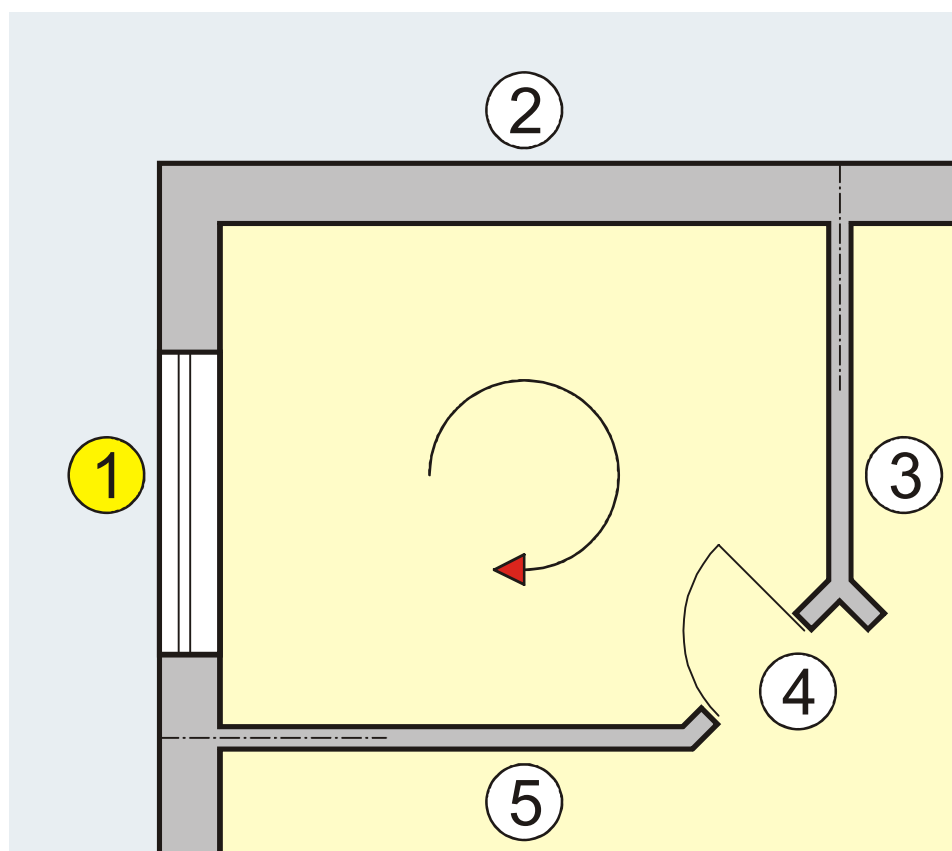
Nową funkcją programu, wprowadzoną w wersji 4.0, jest możliwość definiowania struktury budynku (podział na kondygnacje, strefy i grupy pomieszczeń). Struktura ta pozwala na łatwiejszą orientację, zwłaszcza w przypadku dużego budynku, chociaż jej definiowanie nie jest obowiązkowe i np. w budynku jednorodzinnym wystarczy jedynie zdefiniować pomieszczenia (najlepiej jednak z podziałem na kondygnacje).

Jak pokazuje rys. 10.9 wiele danych wyświetlanych jest kolorem zielonym, oznacza to że są to dane przyjęte automatycznie przez program (np. na podstawie danych ogólnych) i najczęściej nie musimy ich na tym etapie korygować.

Przyjęto zasadę, że wymiary przegród, tak jak do tej pory, podawane są w osiach przegród ograniczających i program sam przelicza je na wymiary zewnętrzne, wymagane przez normę PN–EN 12831:2006.

Aby program prawidłowo przeliczał wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, poszczególne przegrody pionowe należy wprowadzać po kolei, zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Wprowadzanie przegród pionowych należy rozpocząć od przegrody zewnętrznej, występującej jako pierwsza w ciągu przegród zewnętrznych (rys. 10.10).



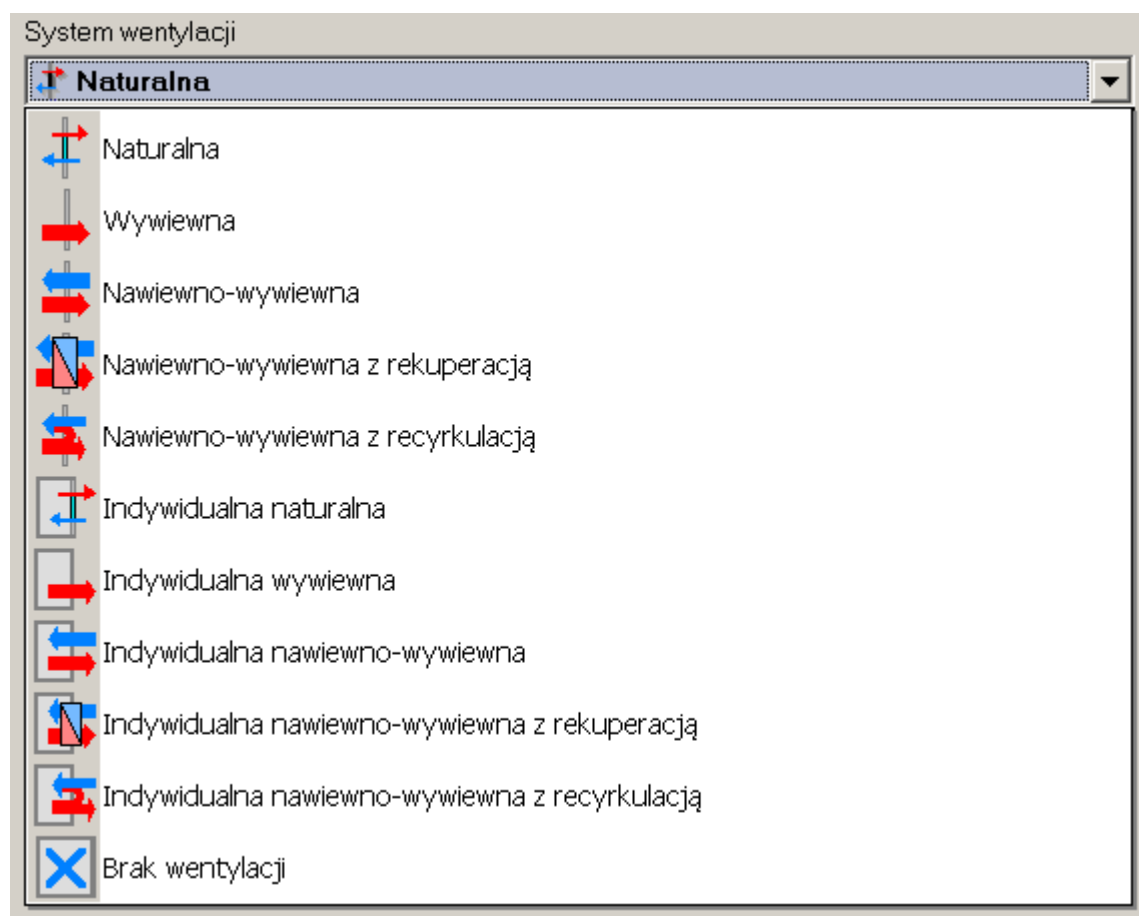
Rys. 10.10. Przykład kolejności wprowadzania ścian

10.5 Wentylacja

Program umożliwia analizę wielu różnych rozwiązań wentylacji (rys. 10.11). Istnieje możliwość wybrania m.in. następujących systemów:

- wentylacja naturalna (grawitacyjna),
- wentylacja mechaniczna wywiewna,
- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna,
- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z rekuperacją,
- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z recyrkulacją.

Rozwiązania zastosowane w programie pozwalają na analizę nawet bardzo skomplikowanych systemów wentylacyjnych (w znacznie szerszym zakresie niż przewidują to normy PN-B-03406:1994 i PN-EN 12831:2006).



Rys. 10.11. Wybór systemu wentylacji

10.6 Obliczenia

Program wykonuje:

- obliczenia współczynników przenikania ciepła U dla ścian, podłóg, dachów i stropodachów,
- obliczenia rozkładu temperatury i ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przekroju przegród budowlanych,
- obliczenia projektowego obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń,
- obliczenia projektowego obciążenia cieplnego całego budynku (uwaga: w przy-

padku normy PN–EN 12831:2006 nie jest to suma obciążeń cieplnych poszczególnych pomieszczeń),

- obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzania budynków mieszkalnych,
- obliczenia wskaźników sezonowego zapotrzebowania na energię cieplną EV i EA.

Wyniki obliczeń obciążenia cieplnego mogą następnie zostać przeniesione do programu Purmo C.O. w celu zaprojektowania instalacji centralnego ogrzewania.

10.7 Podsumowanie

Zadaniem programu Purmo OZC 4.0 jest umożliwienie szybkiego i wygodnego wykonania obliczeń w oparciu o dość skomplikowaną metodykę, podaną w normie PN-EN 12831:2006. Program z jednej strony posiada rozbudowane narzędzia, umożliwiające prowadzenie złożonych analiz np. bardzo skomplikowanych systemów wentylacyjnych, z drugiej zaś strony w przypadku budynków typowych proces wprowadzania danych jest bardzo szybki z uwagi na możliwość wykorzystania wielu danych domyślnych.

11. Przykład wspomaganego komputerowo obliczania obciążenia cieplnego pomieszczenia

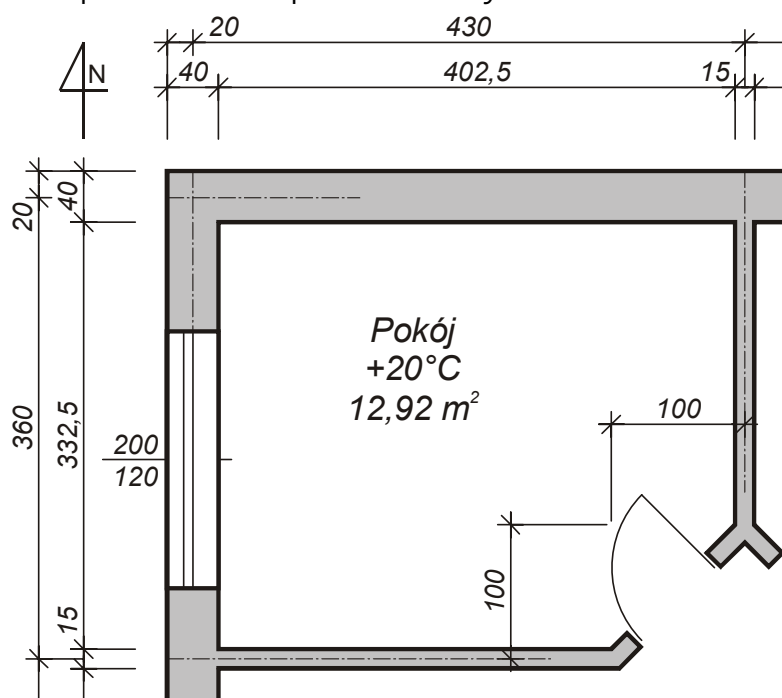
11.1 Dane wyjściowe

W tym rozdziale omówiony został przykład obliczeń wspomaganych komputerowo.

Obliczenia zostaną wykonane dla następujących danych:

- współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych $U_{sz} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła stropu (przepływ ciepła do góry) $U_{sg} = 1,866 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła stropu (przepływ ciepła do dołu) $U_{sd} = 1,479 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła okna $U_{ok} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- wysokość kondygnacji (pomiędzy powierzchniami podłóg) 3,2 m;
- grubość stropów: 0,3 m;
- sąsiednie pomieszczenia na tej samej kondygnacji charakteryzują się taką samą projektową temperaturą wewnętrzną i należą do tego samego mieszkania;
- poniżej i powyżej analizowanego pomieszczenia znajdują się również pokoje mieszkalne, przy czym należą one do innych mieszkań;
- osłabienie ogrzewania: brak;
- typ budynku: budynek mieszkalny wielorodzinny,
- typ konstrukcji: masywna,
- izolacja po stronie zewnętrznej, okno w osi ściany,
- lokalizacja: Radom.

Rzut pomieszczenia pokazano na rys. 11.1.



Rys. 11.1. Rzut pomieszczenia – rysunek do przykładu

11.2 Wprowadzanie danych

Krok 1 – Podstawowe dane

Wprowadzanie danych zaczynamy od podstawowych danych, dotyczących całego budynku. W tym celu klikamy przycisk **Ogólne**, a następnie wybieramy zakładkę **Podstawowe dane** (rys. 11.2).

The screenshot shows the 'Purmo OZC - Przykład.odz - [Ogólne]' window. The 'Podstawowe dane' tab is active. The form includes the following fields and values:

- Nazwa projektu:** Przykład obliczania obciążenia cieplnego pomieszczenia wg PN-EN 12831 wspomagane komputerowo
- Miejscowość:** Radom
- Adres:** (empty)
- Projektant:** dr inż. Michał Strzeszewski
- Norma na wsp. U:** PN-EN ISO 6946
- Norma na Φ :** PN-EN 12831:2006
- Strefa klimatyczna:** III - temp. zewnętrzna $\theta_{\text{e}} = -20^{\circ}\text{C}$, θ_{e} -20 $^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{m,e}}$ 7.6 $^{\circ}\text{C}$
- Dane budynku:**
 - Typ budynku:** Wielorodzinny
 - Typ ogrzewania:** Konwekcyjne
 - Typ konstrukcji:** Masywna
 - Bez osłabienia:** (checked)
 - Stopień szczelności:** Średni
 - Krotność wym. powietrza n_{50} :** 3.5 1/h
 - Klasa osłonięcia budynku:** Średnie osłonięcie
- Grunt:**
 - Rodzaj gruntu:** Piasek lub żwir
 - Pojemność cieplna:** 2.000 $\text{MJ/m}^3\text{K}$
 - Głębokość okresowego wnikania ciepła δ :** 3.167 m
 - Współczynnik przewodzenia ciepła λ_g :** 2.0 W/(mK)
- Geometria:**
 - Rzędna terenu:** 0.00 m
 - Rzędna podłogi:** 2.00 m
 - Rzędna wody gruntowej:** -10.00 m
 - Wysokość kondygnacji H :** 3.20 m
 - Wysokość pomieszczeń H_i :** 2.90 m
 - A_g :** m²
 - P_g :** m
 - Pow. ogrzewana A_h :** m²
 - Kub. ogrzewana V_h :** m³
 - Obrót budynku:** Bez obrotu

Rys. 11.2. Program w trybie wprowadzania podstawowych danych dotyczących całego budynku

Teraz możemy wpisać nazwę projektu, miejscowość, dokładny adres i nazwisko projektanta. Pola do wprowadzania tych danych oznaczone są zielonym tłem. Jest to informacja, że wypełnienie tych pól nie jest obowiązkowe. Jednak w przypadku rzeczywistych projektów warto je wypełnić, ponieważ informacje te znajdują się na wydrukach z wynikami obliczeń.

Następnie bardzo ważną czynnością jest wybranie normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego (zapotrzebowania na moc cieplną). W wersji 4.0 Purmo OZC wykonuje obliczenia wg normy europejskiej PN-EN 12831:2006 [20] lub dotychczasowej normy polskiej PN-B-03406:1994 [13] (rys. 11.3).

The close-up shows the 'Norma na Φ ' dropdown menu. It contains three options:

- PN-EN 12831:2006 (selected, with a star icon)
- PN-B-03406:1994
- PN-EN 12831:2006 (with a star icon)

 A mouse cursor is pointing at the bottom option.

Rys. 11.3. Wybór normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego

Poza tym w danych ogólnych musimy podać jeszcze kilka innych informacji, m.in. strefę klimatyczną, w której znajduje się budynek, typ budynku i stopień szczelności. Spośród pól nieobowiązkowych warto wypełnić: wysokość kondygnacji i wysokość pomieszczeń (rys. 11.4).

Wysokość kondygnacji wg normy PN-EN 12831:2006 podajemy licząc od powierzchni podłogi na jednej kondygnacji do powierzchni podłogi na kondygnacji sąsiedniej. W większości przypadków będzie to ta sama lub zbliżona wartość, jak licząc pomiędzy osiami stropów (wg PN-B-03406:1994).

Natomiast wysokość pomieszczeń należy podać w świetle. Dana ta będzie wykorzystywana do obliczania wentylacyjnej straty ciepła (zapotrzebowania na moc cieplną do wentylacji).

Powyższe dane mają charakter „domyślny”, tzn. program będzie je wykorzystywał domyślnie, chyba że w szczególnym przypadku podamy inaczej (np. parter lub piwnica mogą mieć inną wysokość).

Wysokość kondygnacji H m

Wysokość pomieszczeń H_i m

Rys. 11.4. Wprowadzenie domyślnych wysokości kondygnacji i pomieszczeń

Krok 2 – Sposób określania strat ciepła do sąsiednich lokali

Kolejnym krokiem jest wybór parametrów obliczeń, czyli dokładnego sposobu, w jaki program będzie wykonywał obliczenia. W tym miejscu należy zwrócić uwagę zwłaszcza na straty ciepła do sąsiednich grup (lokali) oraz mostki cieplne.

Metoda podana w normie PN-EN 12831:2006 wydaje się zbyt „ostrożna” i dlatego w programie Purmo OZC 4.0 przewidziano dwa dodatkowe warianty określania temperatury w sąsiednim lokalu (rys. 11.5):

- obliczanie wg normy (średniej arytmetycznej), ale z ograniczeniem (nie mniej niż podana wartość),
- nie uwzględnianie ryzyka obniżenia temperatury (tzn. przyjmuje się temperaturę projektową na podstawie funkcji danego pomieszczenia).

Dostępne w programie dwa dodatkowe warianty obliczania strat ciepła do sąsiednich lokali nie są przewidziane w normie PN-EN 12831:2006.

Wybieramy wariant obliczeń zgodnie z normą PN-EN 12831 (rys. 11.5).

Obliczanie straty do pomieszczeń w sąsiednich grupach

Wariant obliczeń:

- ☒ Obliczaj zgodnie z EN 12831:2003
- ☐ Obliczaj zgodnie z EN 12831:2003
- ☐ Obliczaj z ograniczeniem do $\theta_{j,u}$
- ☐ Nie obliczaj

Regulacja dostawy ciepła w grupach:

☒ Indywidualna reg.

Rys. 11.5. Wybór sposobu określania strat ciepła do sąsiednich lokali

Krok 3 – Wybór metody uwzględniania mostków cieplnych

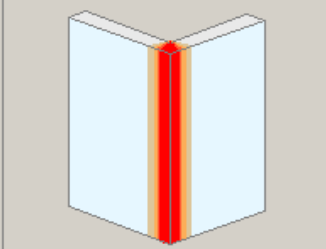
Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, w obliczeniach obciążenia cieplnego należy uwzględniać liniowe mostki cieplne, w związku z tym w **Parametrach obliczeń** powinna być zaznaczona opcja **Uwzględniaj mostki cieplne** (rys. 11.6). Warto również włączyć opcję **Obliczaj automatycznie**, ponieważ może to nam zaoszczędzić sporo czasu. Następnie w zależności od decyzji projektanta można włączyć lub wyłączyć opcję **Obliczaj metodą uproszczoną**.

Omawiany przykład przeliczymy w pierwszej kolejności uwzględniając współczynniki przenikania ciepła mostków cieplnych. W związku z tym wyłączamy opcję **Obliczaj metodą uproszczoną** (rys. 11.6). Wtedy program wyświetli obok tabelę pozwalającą na podanie domyślnych mostków cieplnych dla określonych sytuacji (np. naroże ścian zewnętrznych). Wybór typu mostka cieplnego odbywa się z **Katalogu mostków cieplnych** w oparciu o rozwiązania konstrukcyjne budynku (rys. 11.7).

W naszym przykładzie dla naroża wybierzemy mostek typu C1, oznaczający izolację po stronie zewnętrznej (rys. 11.7). Taki mostek charakteryzuje się liniowym współczynnikiem przenikania ciepła $-0,05 \text{ W/mK}$. Ujemna wartość oznacza, że w tym przypadku straty ciepła przez przenikanie, określone w oparciu o wymiary zewnętrzne są zawyżone. W takiej sytuacji uwzględnienie mostka cieplnego *de facto* pełni funkcję korekty zawyżonych strat ciepła.

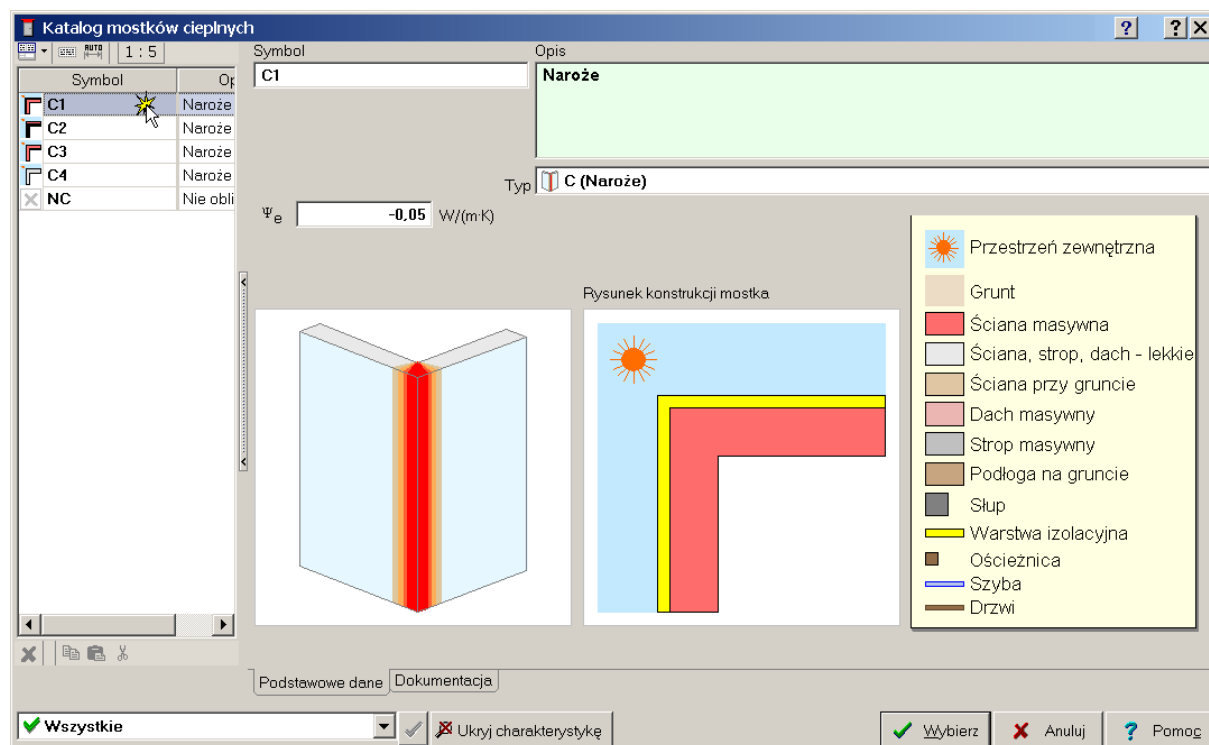
W naszym przykładzie oprócz naroża, mostek cieplny wystąpi jeszcze na obwodzie otworu okiennego. W związku z tym należy również wybrać typ mostka cieplnego dla takiej sytuacji. W przykładzie wybierzemy mostek typu W7 (rys. 11.8). Jego współczynnik przenikania ciepła wynosi $0,35 \text{ W/mK}$.

☒ Uwzględniaj mostki cieplne
☒ Obliczaj automatycznie
☐ Obliczaj metodą uproszczoną

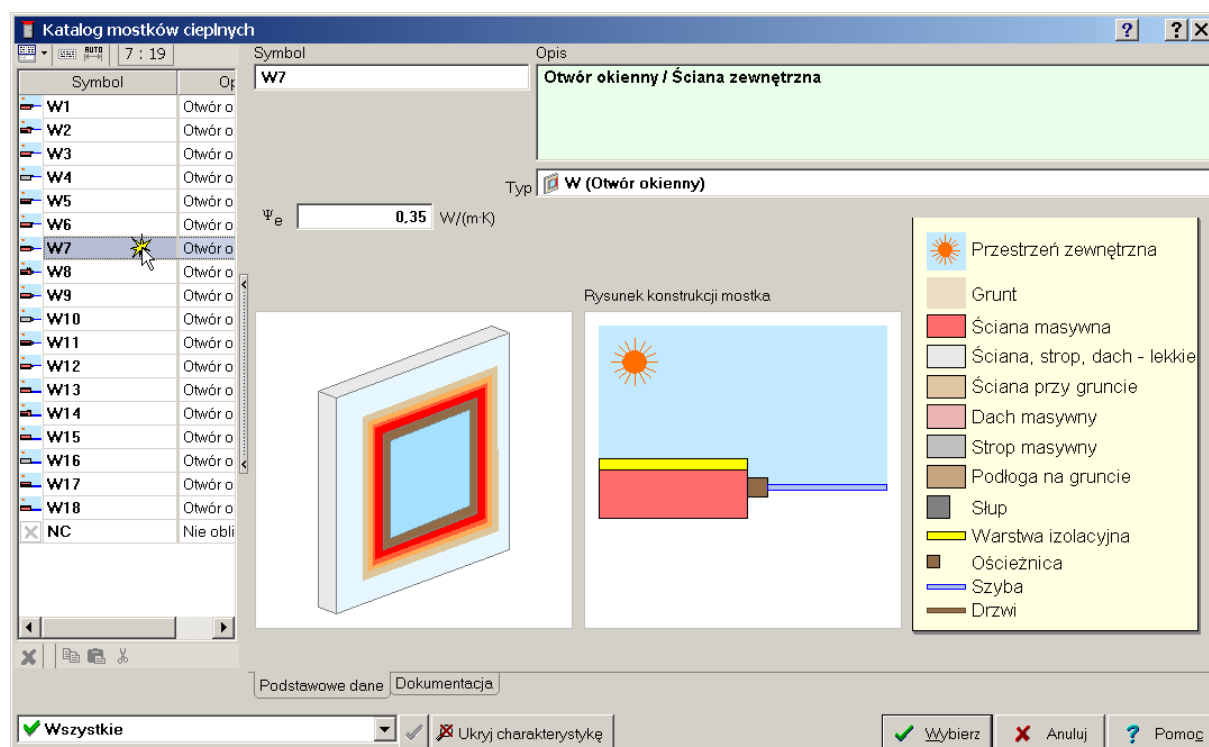


Typ	Symbol	ψ_1
	C1	-0,05
	CC1	0,00
	IW1	0,00
	R9	-0,05
	IWR1	0,00
	F1	0,00
	FE1	-0,05
	IWFE1	0,00
	B1	0,85
	P1	1,30
	W7	0,35
	D7	0,35

Rys. 11. 6. Wybór sposobu uwzględniania w obliczeniach mostków cieplnych



Rys. 11.7. Wybór typu mostka cieplnego dla naroża



Rys. 11.8. Wybór typu mostka cieplnego dla okna

Krok 4 – Współczynniki przenikania ciepła

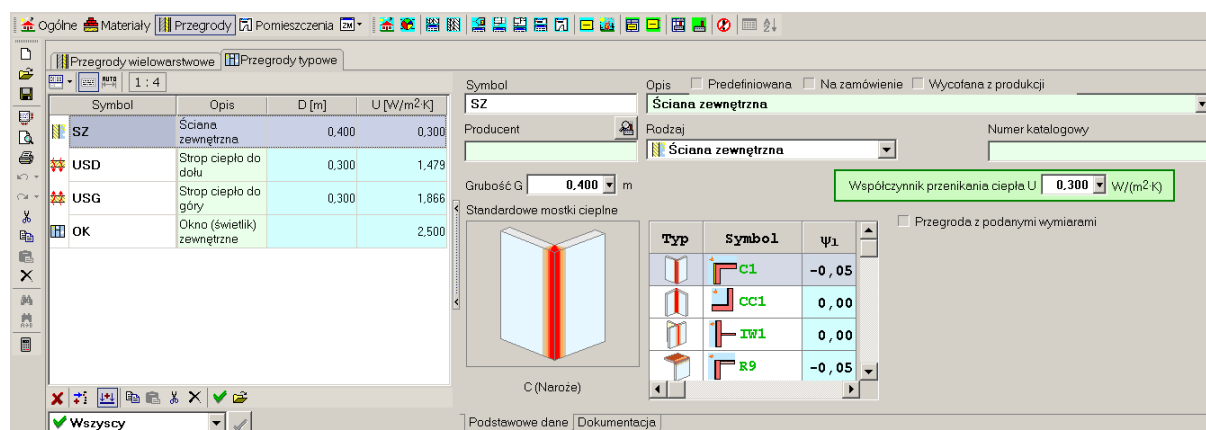
Współczynniki przenikania ciepła określa się w oknie **Przegrody**. Jeśli znamy współczynniki (tak jak w naszym przykładzie), to możemy wprowadzić je w zakładce **Przegrody typowe**, nie wnikać w strukturę przegród (rys. 11.9).

Podczas definiowania przegród należy nadać im zrozumiałe symbole. W naszym przykładzie przyjmujemy następujące oznaczenia:

- SZ – ściana zewnętrzna,
- STG – strop (przepływ ciepła do góry),
- STD – strop (przepływ ciepła do dołu),
- OK – okno.

Ponieważ program automatycznie przelicza wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, wymagane jest podanie grubości przegrody dla „przegród typowych”. Natomiast w przypadku „przegród wielowarstwowych”, program sam oblicza grubość przegrody, jako sumę grubości poszczególnych warstw.

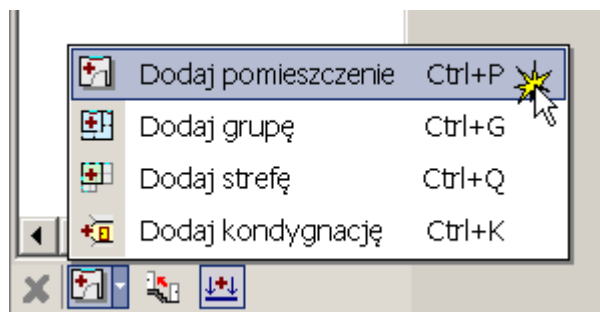
Wprowadzając dane o poszczególnych przegrodach można zmodyfikować domyślne typy mostków cieplnych, określone dla całego budynku. Jednak w większości przypadków nie jest to konieczne. Jeżeli nie wskażemy rozwiązań konstrukcyjnych dla danej przegrody, to program przyjmie typy mostków, wprowadzone w **Danych ogólnych**. Typy te będą wtedy wyświetlone kolorem zielonym (rys. 11.9).



Rys. 11.9. Wprowadzenie znanych wartości współczynnika przenikania ciepła

Krok 5 – Dodanie pomieszczenia

Teraz możemy przystąpić do wprowadzania informacji nt. konkretnego pomieszczenia. W tym celu przechodzimy do okna **Pomieszczenia**. Ponieważ ten przykład dotyczy tylko jednego pomieszczenia, nie musimy korzystać z takich struktur jak grupa (lokal), strefa czy kondygnacja. Możemy wstawić pomieszczenie bezpośrednio do projektu. W tym celu rozwijamy przycisk **Dodaj...**, znajdujący na dole ekranu i wybieramy polecenie **Dodaj pomieszczenie** (rys. 11.10).



Rys. 11.10. Dodanie nowego pomieszczenia

Krok 6 – Symbol i temperatura wewnętrzna

Po dodaniu nowego pomieszczenia możemy przystąpić do wprowadzania danych na jego temat. Obowiązkową informacją jest symbol pomieszczenia i temperatura wewnętrzna. W naszym przykładzie wprowadzimy symbol „1”. Następnie z rozwijanej listy wybieramy typ pomieszczenia „pokój”. Program automatycznie przyjmie temperaturę wewnętrzną 20°C (rys. 11.11).

Krok 7 – Wentylacja

Kolejna część okna z informacjami o pomieszczeniu dotyczy wentylacji. Jak widać większość informacji wyświetlanych jest kolorem zielonym. Oznacza to, że program przyjął je na podstawie **Danych ogólnych**. W tej części musimy wprowadzić jedynie powierzchnię pomieszczenia.

Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	θ_{int} °C	PDS	L lub A	H	N	$\Delta L/A$	ΔH	A	A_c	$\Delta \theta$	U_k	H_p	Φ_T	θ_u	Φ_{Tu}
					m; m ²	m	Szt.	m; m ²	m	m ²	m ²	K	W/m ² ·K	W/K	W	°C	W
0	SZ	W	T=	-20,0 °C	3,60	3,20	1	0,20	0,00	12,2	9,8	40,0	0,300	2,93	117		
1	OK	W	T=	-20,0 °C	2,00	1,20	1			2,4	2,4	40,0	2,500	6,00	240		
0	SZ	N	T=	-20,0 °C	4,30	3,20	1	0,20	0,00	14,4	14,4	40,0	0,300	4,32	173		
0	USD	W	T=	20,0 °C	14,98		1			15,0	15,0	6,2	1,866	4,33	173	13,8	173
0	USD	W	T=	20,0 °C	14,98		1			15,0	15,0	6,2	1,479	3,43	137	13,8	137

Obł	Typ	Symbol	l_1	ΔL	N	Opis	$l_{1,c}$	$\Delta \theta$	ψ_1	Φ_{T1}	Uwag
✓	F1		4,30	0,20	1	Strop / Ściana zewnętrzna.	4,50	40,0	0,00/2	0	
✓	F1		4,30	0,20	1	Strop / Ściana zewnętrzna.	4,50	40,0	0,00/2	0	

Wyniki obliczeń		Rozdziel Φ_{HL} do:	
V_{infv}	5,2 m ³ /h	V_v	18,7 m ³ /h
θ_v	-20,0 °C	H_T	23,09 W/K
N_{win}	1	H_v	6,37 W/K
Φ_{T1}	83 W	Φ_{Tu}	311 W
n	0,5 1/h	Φ_v	255 W
		Φ_T	924 W
		Φ_{HL}	1179 W

Rys. 11.11. Informacje o pomieszczeniu

Krok 8 – Ściana zewnętrzna

Teraz możemy przystąpić do wprowadzania informacji na temat przegród budowlanych, ograniczających nasze pomieszczenie.

Aby program prawidłowo przeliczał wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, poszczególne przegrody pionowe należy wprowadzać po kolei, zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Wprowadzanie przegród pionowych należy rozpocząć od przegrody zewnętrznej, występującej jako pierwsza w ciągu przegród zewnętrznych (rys. 10.10).

Zacniemy od ściany zachodniej. W pierwszej kolumnie zostawiamy zero.

Następnie w kolumnie **Symbol** wybieramy z rozwijanej listy lub wpisujemy ręcznie, wprowadzony wcześniej symbol ściany zewnętrznej – SZ.

W kolumnie **Orientacja** wybieramy orientację zachodnią (W).

Dla ściany zewnętrznej program sam przyjmie temperaturę po drugiej stronie zgodną ze strefą klimatyczną.

W kolumnie **L lub A**, w przypadku ściany, należy wprowadzić długość ściany wg wymiarów w osiach ścian ograniczających, w tym przypadku 3,60 m.

W kolumnie **H** program sam wpisał wartość 3,20 m. Wartość ta wyświetlona jest kolorem zielonym. Oznacza to, że jest to wartość przyjęta automatycznie przez program na podstawie wysokości kondygnacji. W większości przypadków wartości tej nie musimy zmieniać. Jeśli jednak zaszłaby taka konieczność, to możemy wpisać ręcznie inną wysokość. Ręcznie prowadzona wartość będzie wyświetlana kolorem czarnym. Skasowanie tej wartości spowoduje powrót do wysokości ustalonej automatycznie.

W kolumnie **N** nie zmieniamy domyślnej wartości jeden, która oznacza, że w danym pomieszczeniu jest tylko jedna przegroda tego typu. Jedynie w przypadku powtarzającej się przegrody, np. kilku takich samych okien w jednym pomieszczeniu, należy w kolumnie **N** wpisać odpowiednią wartość.

Ponieważ zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 uwzględnia się mostki cieplne, nie należy kilku okien (lub drzwi) wprowadzać jako jedno okno o odpowiednio zwiększonej powierzchni. W takiej sytuacji mostki cieplne nie zostałyby określone prawidłowo. Zamiast tego należy wprowadzić jedno okno i jego rzeczywistą powierzchnię, a ilość powtarzających się okien wpisać w kolumnie **N**.

Kolumna **$\Delta L/A$** zawiera korektę długości ściany w celu przeliczenia jej z wymiarów w osiach na wymiary zewnętrzne. Na razie w polu tym wyświetla się 0,00, ale po wprowadzeniu następnej ściany program automatycznie rozpozna naroże i wpisze poprawkę +0,20. W ten sposób program uwzględni w obliczeniach wg normy PN-EN 12831:2006 długość zewnętrzną ściany 3,80 m (3,60+0,20).

Ponieważ wysokości ściany określone wg wymiarów w osiach i wymiarów zewnętrznych są najczęściej równe bądź zbliżone, w kolumnie **ΔH** najczęściej pozostawia się zero.

W tym miejscu kończy się wprowadzanie danych o przegrodzie. W kolejnych kolumnach znajdują się wartości obliczone przez program.

W kolumnie **A** wyświetlana jest obliczona powierzchnia przegrody.

Kolumna **A_c** zawiera skorygowaną powierzchnię przegrody – po odjęciu powierzchni przegród wbudowanych. Na razie w kolumnie tej wyświetlana jest taka sama wartość jak w kolumnie **A**. Dopiero po wprowadzeniu informacji o oknie program będzie mógł odpowiednio skorygować powierzchnię ściany.

W programie dla przegród wbudowanych (np. okien) wykorzystano metodę polegającą na obliczaniu powierzchni netto przegrody, w której wbudowane są inne przegrody. Np. od powierzchni ściany odejmuje się powierzchnię otworu okiennego. Metoda ta jest matematycznie równoważna z metodą polegającą na odejmowaniu wartości współczynnika przenikania ciepła, ale wydaje się bardziej czytelna.

W kolumnie **Δθ** znajdziemy różnicę temperatury po obu stronach przegrody. W naszym przypadku wyświetli się 40 K.

Kolumna **Δθ** zawiera rzeczywistą różnicę temperatury, określoną indywidualnie dla każdej przegrody w zależności od temperatury po drugiej stronie. Nie jest to **projektowa różnica temperatury** w rozumieniu normy PN-EN 1231:2006, określana we wszystkich przypadkach jako różnica temperatury wewnętrznej i zewnętrznej.

W kolumnie **U_k** wyświetli się współczynnik przenikania ciepła, który wprowadziliśmy wcześniej dla ściany zewnętrznej w oknie **Przegrody**.

Z kolumny **H_T** można (w razie potrzeby) odczytać wartość współczynnika straty ciepła.

Wartości współczynnika straty ciepła podawane są w rozumieniu normy PN-EN 1231:2006, tzn. jest to strata ciepła podzielona przez **projektową różnicę temperatury** (określaną we wszystkich przypadkach jako różnica temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, niezależnie od temperatury po drugiej stronie przegrody).

Kolumna **Φ_T** zawiera całkowitą projektową stratę ciepła na drodze przenikania przez daną przegrodę.

Krok 9 – Okno

Następnie wpisujemy dane o oknie, które znajduje się we wcześniej wprowadzonej ścianie zachodniej. Większość danych wprowadza się analogicznie jak w przypadku ściany zewnętrznej. Dlatego w tym miejscu zostaną wskazane tylko istotne różnice.

W pierwszej kolumnie wybieramy stopień wbudowania 1. Oznacza to, że to okno jest wbudowane we wcześniej wpisaną ścianę.

Przegrody wbudowane należy w tabeli wprowadzać bezpośrednio pod przegrodami, w które są one wbudowane.

Orientację okna program przyjmie taką samą jak orientację ściany, w którą jest ono wbudowane.

W przypadku okna należy wpisać ręcznie jego wysokość, ponieważ program nie jest w stanie określić jej automatycznie jak w przypadku ścian, chyba że wymiary okna zostały podane w oknie dialogowym **Przegrody** (opcja **Przegroda z podanymi wymiarami**).

W związku z tym wpisujemy wymiary okna 2,00 m x 1,20 m. Program teraz obliczy powierzchnię otworu okiennego 2,40 m² i wyświetli tę wartość w kolumnie **A**. Jednocześnie wartość powierzchni okna zostanie odjęta od powierzchni ściany brutto. Teraz w kolumnie **A_c** w wierszu dotyczącym ściany pojawi się wartość 9,8 m² (12,2 – 2,4).

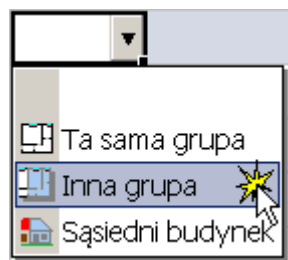
W przypadku okien, kolumny **ΔL/A** i **ΔH** są niedostępne, ponieważ powierzchnia otworu okiennego wg wymiarów zewnętrznych (norma PN-EN 12831:2006) jest tak sama, jak powierzchnia określona w świetle wg dotychczasowej normy PN-B-03406:1994.

Po wpisaniu danych na temat okna wprowadzamy ścianę północą.

Krok 10 – Stropy

Następnie wpisujemy stropy. Mimo, że poniżej i powyżej analizowanego pomieszczenia znajdują się również pokoje mieszkalne, to jednak należą do innych mieszkań i wykonując obliczenia zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 należy uwzględnić potencjalne straty ciepła w przypadku obniżenia temperatury wewnętrznej w sąsiednich lokalach. W związku z tym należy również wpisać stropy.

Dane na temat stropów wpisujemy analogicznie jak w przypadku ścian i okien. Główną różnicą jest podanie dodatkowej danej w kolumnie **PDS**. W tym miejscu wprowadza się informację na temat pomieszczenia po drugiej stronie przegrody. Ponieważ poniżej i powyżej znajdują się inne lokale, wybieramy opcję **Inna grupa** (rys. 11.12). Wprowadzenie tej informacji jest niezbędne w naszym przykładzie, ponieważ wykonujemy obliczenia dla jednego pomieszczenia. W przypadku prowadzenia obliczeń dla całego budynku i utworzenia odpowiedniej struktury uwzględniającej przypisanie pomieszczeń do poszczególnych lokali, program może informację tę ustalić automatycznie.



Rys. 11.12. Informacje o pomieszczeniu

W **Parametrach obliczeń** została wybrana wcześniej opcja obliczania strat ciepła do sąsiednich lokali zgodnie z normą PN-EN 12831. W związku z tym program przyjmie temperaturę w sąsiednich lokalach jako średnią arytmetyczną z temperatury wewnętrznej i średniej rocznej temperatury zewnętrznej:

$$\theta_u = \frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2} = \frac{20 + 7,6}{2} = 13,8^{\circ}\text{C}$$

W tej sytuacji różnica temperatury dla stropów wyniesie 6,2 K, co spowoduje obliczenie strumieni przenikającego ciepła: 173 W – do góry i 137 W – do dołu. Program wartości te wyświetla również w dodatkowej kolumnie **Φ_{Tu}**. Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, strumienie te należy uwzględnić przy doborze grzejnika, ale nie należy ich uwzględniać przy doborze źródła ciepła dla całego budynku.

Krok 11 – Mostki cieplne

W naszym przykładzie mostki cieplne są obliczane automatycznie, ponieważ w danych ogólnych zaznaczyliśmy opcję **Obliczaj automatycznie**. Występują tu dwa niezerowe strumienie związane z mostkami cieplnymi (dla okna i naroża).

Dodatkowy strumień ciepła związany z mostkiem cieplnym na obwodzie okna oblicza się w następujący sposób:

$$\Phi_{Tl} = \psi_l \cdot l_l \cdot \Delta\theta = 0,35 \cdot 6,4 \cdot 40 = 90 \text{ W}$$

Natomiast dla naroża współczynnik przenikania ciepła przy nieprzerwanej izolacji po stronie zewnętrznej wynosi $-0,05 \text{ W/mK}$. W związku z tym strumień ciepła zostanie obliczony w następujący sposób:

$$\Phi_{Tl} = \psi_l \cdot l_l \cdot \Delta\theta = -0,05 \cdot 3,2 \cdot 40 = -6 \text{ W}$$

Wartość ta – jak już wspomniano wcześniej – oznacza nieznaczną korektę zawyżonych strat ciepła z uwagi na stosowanie wymiarów zewnętrznych.

Krok 12 – Wyniki obliczeń

Wyniki obliczeń dla jednego pomieszczenia można przeanalizować w dolnej części okna **Pomieszczenia**. W tym miejscu wyświetlane jest obliczone obciążenie cieplne oraz jego składowe.

11.3 Porównanie wyników

Dla porównania, obliczenia dla powyższego przykładu zostały powtórzone przy innych parametrach obliczeń, dotyczących:

- normy określającej metodykę obliczeń,
- uwzględniania mostków cieplnych,
- uwzględniania strat ciepła do sąsiednich lokali.

Uzyskane wartości obciążenia cieplnego zostały zestawione w tabeli 11.1 i na rys. 11.13. Jak widać, poszczególne wyniki różnią się od siebie w dość dużym przedziale. Najwyższa wartość jest wyższa o ok. 75% od najniższej.

Mimo, że obliczenia te zostały przeprowadzone tylko dla jednego typu pomieszczenia, to jednak wynika z nich, że przyjęte parametry obliczeń mogą mieć bardzo duży wpływ na uzyskiwane wyniki.

Należy ponownie podkreślić, że nieuwzględnianie strat ciepła do sąsiednich lokali (na wypadek osłabienia ogrzewania w tych lokalach) lub ich uwzględnianie z ograniczeniem, nie jest przewidziane w normie PN-EN 12831:2006. Jednak metoda podana w normie wydaje się zbyt ostrożna. Zakłada ona znaczne obniżenie temperatury we wszystkich sąsiednich lokalach. Sytuacja taka może mieć miejsce np. w budynku apartamentowym nad morzem. Natomiast w większości budynków wielorodzinnych w miastach, sytuacja taka, poza okresem zasiedlania budynku, jest mało prawdopodobna. W związku z tym wydaje się, że uwzględniając straty ciepła do sąsiednich lokali z ograniczeniem obniżenia temperatury (np. do 16°C) można uzyskać bardziej miarodajne wyniki niż postępując w pełni zgodnie z normą PN-EN 12831:2006.

W prezentowanym przykładzie założono dobrą izolację budynku i w konsekwencji nie

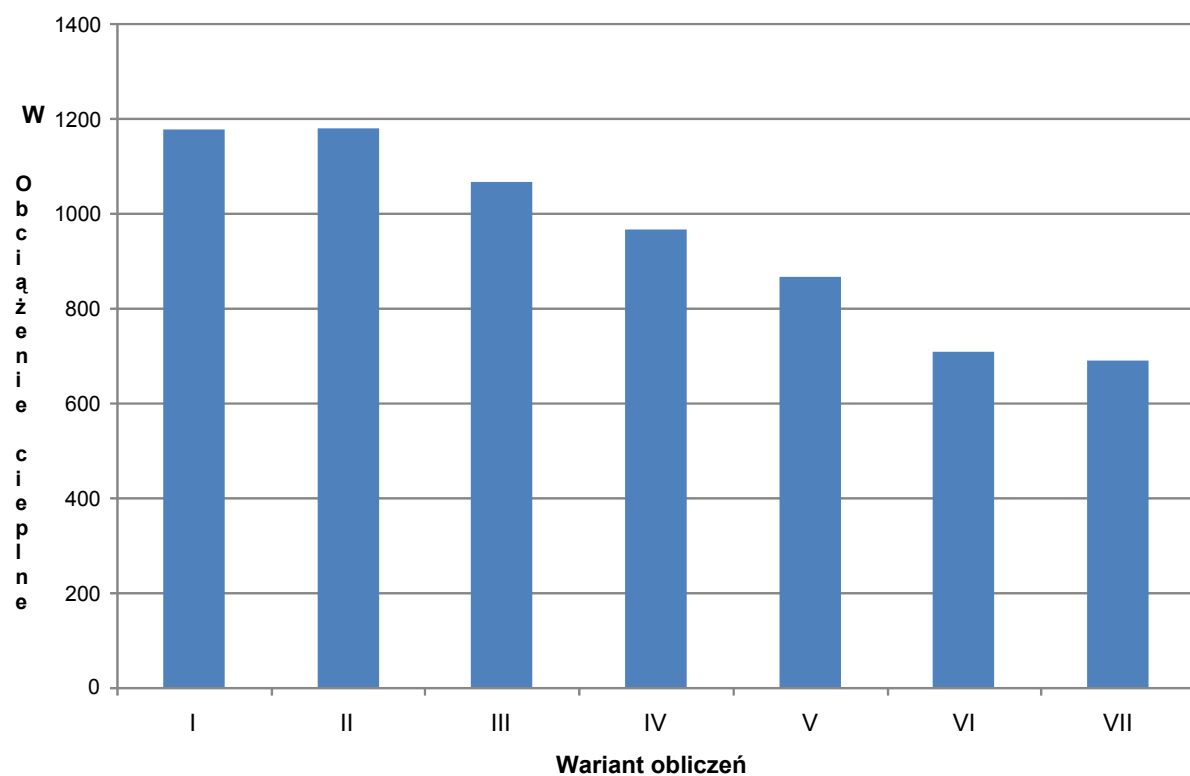
uzyskano znaczących różnic w zależności od sposobu uwzględnienia mostków cieplnych. Natomiast różnice te mogą być większe w przypadku występowania dużej ilości niezaizolowanych mostków cieplnych w budynku.

Dla prezentowanego pomieszczenia wyniki uzyskane wg normy PN-EN 12831:2006 są znacznie wyższe w porównaniu normą PN-B-03406:1994. Jest to spowodowane głównie następującymi czynnikami:

- nie uwzględnianie wewnętrznych zysków ciepła
- uwzględnianie strat ciepła do sąsiednich lokali na wypadek osłabienia ogrzewania w tych lokalach,
- stosowanie wymiarów zewnętrznych.

Tabela 11.1. Porównanie wyników uzyskanych przy różnych parametrach obliczeń

Wariant obliczeń	Parametry obliczeń	Obciążenie cieplne, W
I	Wg normy PN-EN 12831, mostki cieplne metodą dokładną, straty ciepła do sąsiednich lokali bez ograniczenia temperatury u sąsiada.	1179
II	Wg normy PN-EN 12831, mostki cieplne metodą uproszczoną, straty ciepła do sąsiednich lokali bez ograniczenia temperatury u sąsiada.	1182
III	Wg normy PN-EN 12831, mostki cieplne metodą dokładną, straty ciepła do sąsiednich lokali z ograniczeniem do 16°C	1068
IV	Wg normy PN-EN 12831, mostki cieplne metodą dokładną, straty ciepła do sąsiednich lokali z ograniczeniem do 18°C	968
V	Wg normy PN-EN 12831, mostki cieplne metodą dokładną, straty ciepła do sąsiednich lokali nie uwzględniane	868
VI	Wg normy PN-EN 3406, mostki cieplne uwzględniane	709
VII	Wg normy PN-EN 3406, mostki cieplne nie uwzględniane	691



Rys. 11.13. Porównanie wyników uzyskanych przy różnych parametrach obliczeń

12. Literatura

1. Girdwoyń A.: *Techniczne uwarunkowania zużycia energii cieplnej i chłodniczej w instalacjach wentylacji i klimatyzacji* w: Materiały konferencyjne XII Zjazdu Ogrzewników Polskich „Oszczędność energii a zysk”, Warszawa 17 października 2002.
2. Markert H.: *Europäische Norm DIN EN 12831. Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Die neue Norm ist gültig – Übergangsfrist für DIN 4701 bis Oktober 2004*, BHKS-Almanach 2004.
3. Płuciennik M.: *PN-EN 12831 zastąpi PN-B-03406:1994*, Polski Instalator Nr Specjalny 7-8/2006.
4. Rubik M.: *Nowe normy z dziedziny ogrzewnictwa w przededniu wdrożenia w Polsce Dyrektywy Europejskiej 2002/1WE*, COW 10/2005.
5. Strzeszewski M.: *Określanie zapotrzebowania na ciepło do wentylacji w przypadku stosowania odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, bez nagrzewnic powietrza* w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2003”. Pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy. Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004. Str. 355-342.
(http://www.is.pw.edu.pl/~michal_strzeszewski/articles/pjpwwp2003_ciep_went.pdf)
6. Strzeszewski M.: *Norma PN-EN 12831. Nowe podejście do obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków*, COW 10/2006.
7. Strzeszewski M.: *Kluczowe zmiany w metodyce obliczania zapotrzebowania na ciepło zawarte w PN-EN 12831. Nowe obliczenia kontra stare*, Polski Instalator 10/2006.
8. Wereszczyński P.: *Niejednoznaczne ciepło. Jak obliczać zapotrzebowanie na moc cieplną potrzebną do ogrzania powietrza wentylacyjnego w budynkach mieszkalnych*, Polski Instalator nr 2/2003.
9. Wereszczyński P. et al.: *Purmo OZC 4.0. Program wspomagający obliczanie projektowego obciążenia cieplnego budynku oraz sezonowego zapotrzebowania na ciepło*. Podręcznik użytkownika. SANKOM Sp. z o.o., Warszawa, 2008. (www.sankom.pl)
10. Wichowski R.: *Zapotrzebowanie na moc cieplną. Nowa norma PN-EN 12831*, Rynek Instalacyjny 1-2/2006 i 3/2006.
11. PN-82/B-02402. *Ogrzewnictwo – Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach*.
12. PN-82/B-02403. *Ogrzewnictwo – Temperatury obliczeniowe zewnętrzne*.
13. PN-B-03406:1994. *Obliczanie zapotrzebowania ciepła pomieszczeń o kubaturze do 600 m³*.
14. PN-EN ISO 13370:2001. *Właściwości cieplne budynków – Wymiana ciepła przez grunt – Metody obliczania*.
15. PN-EN ISO 14683:2001. *Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne*.
16. PN-EN ISO 10211-2:2002. *Mostki cieplne w budynkach – Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni – Część 2: Liniowe mostki cieplne*.
17. EN 12831:2003. *Heating Systems in Buildings - Method for Calculation of the Design Heat Load*.
18. PN-EN 13465:2006. *Wentylacja budynków – Metody obliczeniowe do wyznaczania wartości strumienia objętości powietrza w mieszkaniach*.
19. PN-EN ISO 6946:2004. *Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania*.
20. PN-EN 12831:2006. *Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*.
21. PN-EN ISO 10077-1:2006. *Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 1: Metoda uproszczona*.
22. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami).
23. *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 nr 201 poz. 1238).

13. Załączniki

13.1 Terminy występujące w normie PN-EN 12831:2006

Termin	Definicja
podziemie	pomieszczenie jest klasyfikowane jako podziemie, jeżeli więcej niż 70% powierzchni jego ścian zewnętrznych styka się z gruntem
element budynku	część składowa budynku, taka jak ściana lub podłoga
część budynku	całkowita kubatura przestrzeni ogrzewana jedną wspólną instalacją ogrzewczą (np. pojedyncze mieszkania), gdzie dostawa ciepła do każdego mieszkania może być centralnie regulowana przez mieszkańca
projektowa różnica temperatury	różnica między projektową temperaturą wewnętrzną a projektową temperaturą zewnętrzną
projektowa strata ciepła	ilość ciepła przenikająca z budynku do środowiska zewnętrznego w jednostce czasu, w określonych warunkach projektowych
współczynnik projektowej straty ciepła	projektowa strata ciepła podzielona przez różnicę temperatury
projektowe przenikanie ciepła	ciepło przenikające z wnętrza budynku lub jego części
projektowe obciążenie cieplne	wymagany strumień ciepła umożliwiający osiągnięcie określonych warunków projektowych
projektowa strata ciepła rozpatrywanej przestrzeni przez przenikanie	strata ciepła do otoczenia budynku, będąca wynikiem przewodzenia ciepła przez obudowę budynku, a także wymiany ciepła między ogrzewanymi przestrzeniami wewnątrz budynku
projektowa wentylacyjna strata ciepła rozpatrywanej przestrzeni	zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza wentylacyjnego i infiltrującego oraz przepływającego z jednej ogrzewanej przestrzeni do drugiej
temperatura powietrza zewnętrznego	temperatura powietrza na zewnątrz budynku
projektowa temperatura zewnętrzna	temperatura powietrza zewnętrznego, która jest stosowana w obliczeniach projektowych strat ciepła
przestrzeń ogrzewana	przestrzeń, która powinna być ogrzewana do określonej projektowej temperatury wewnętrznej
temperatura powietrza wewnętrznego	temperatura powietrza wewnątrz budynku
projektowa temperatura wewnętrzna	temperatura operacyjna w centralnym miejscu przestrzeni ogrzewanej (na wysokości między 0,6 m a 1,6 m) stosowana do obliczeń projektowych strat ciepła
średnia roczna temperatura zewnętrzna	średnia roczna wartość temperatury zewnętrznej
temperatura operacyjna	średnia arytmetyczna z wartości temperatury powietrza wewnętrznego i średniej temperatury promieniowania
strefa cieplna	część przestrzeni ogrzewanej z określoną zadaną wartością temperatury przy nieznacznych zmianach temperatury wewnętrznej w tej przestrzeni
przestrzeń nieogrzewana	przestrzeń nie będąca częścią przestrzeni ogrzewanej
instalacja wentylacyjna	instalacja służąca do doprowadzenia określonych strumieni powietrza
strefa	grupa przestrzeni mających podobne charakterystyki cieplne

13.2 Porównanie wybranych pojęć i symboli występujących w normach PN-EN 12831:2006 i PN-B-03406:1994

PN-EN 12831:2006			PN-B-03406:1994		
Pojęcie	Symbol	Jednostka	Pojęcie	Symbol	Jednostka
projektowe obciążenie cieplne	Φ_{HL}	W	zapotrzebowanie na ciepło	Q	W
całkowita projektowa strata ciepła	Φ	W			
projektowa strata ciepła przez przenikanie	Φ_T	W	straty ciepła przez przenikanie	Q_p	W
projektowa wentylacyjna strata ciepła	Φ_V	W	zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji	Q_w	W
nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania	Φ_{RH}	W	—	—	—
współczynnik projektowej straty ciepła	H	W/K	—	—	—
projektowa temperatura wewnętrzna ²	ϑ_{int}	°C	obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu	t_i	°C
projektowa temperatura zewnętrzna	ϑ_e	°C	obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	t_e	°C
średnia roczna temperatura zewnętrzna	$\vartheta_{m,e}$	°C	—	—	—
powierzchnia elementu budynku (k)	A_k	m ²	powierzchnia przegrody	A	m ²
współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l)	ψ_l	W/mK	—	—	—
długość liniowego mostka cieplnego (l)	l_l	m	—	—	—
współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej i projektową temperaturą zewnętrzną	b_u	—	—	—	—

² temperatura operacyjna w centralnym miejscu przestrzeni ogrzewanej (na wysokości między 0,6 m a 1,6 m) stosowana do obliczeń projektowych strat ciepła

PN-EN 12831:2006			PN-B-03406:1994		
Pojęcie	Symbol	Jednostka	Pojęcie	Symbol	Jednostka
współczynnik redukcyjny temperatury, uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni i projektowej temperatury zewnętrznej	f_{ij}	–	–	–	–
strumień objętości powietrza wentylacyjnego	$\dot{V}$	m ³ /s m ³ /h	strumień objętości powietrza wentylacyjnego	$\dot{V}$	m ³ /s m ³ /h
strumień powietrza infiltrującego	$\dot{V}_{inf}$	m ³ /s m ³ /h	–	–	–
minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych	$\dot{V}_{min}$	m ³ /s m ³ /h	(zakładano równy 1 kubaturze pomieszczenia w ciągu 1 godziny)	–	–
kubatura	V	m ³	kubatura	V	m ³
krotność wymiany powietrza wewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnienia 50 Pa między wnętrzem a otoczeniem budynku, z uwzględnieniem wpływu nawiewników powietrza	n_{50}	h ⁻¹	–	–	–
minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego	n_{min}	h ⁻¹	(zakładano 1 h ⁻¹)	–	–
współczynnik osłonięcia	e	–	–	–	–
współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu	ε	–	–	–	–

13.3 Wybrane indeksy występujące w normie PN-EN 12831:2006

Indeks	Znaczenie
T	przenikanie ciepła
V	wentylacja
i	przestrzeń ogrzewana
j	przyległa przestrzeń, ogrzewana do znacząco różnej temperatury
u	przestrzeń nieogrzewana
e	otoczenie
g	grunt
k	element budynku
l	liniowy mostek cieplny
int	wewnętrzny
m	średnia roczna

13.4 Alfabet grecki

Litera	Nazwa polska	Przykłady zastosowania
$A \alpha$	alfa	
$B \beta$	beta	
$\Gamma \gamma$	gamma	
$\Delta \delta$	delta	
$E \varepsilon \epsilon$	epsilon	współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość
$Z \zeta$	dzeta	
$H \eta$	eta	sprawność odzysku ciepła z powietrza usuwanego
$\Theta \vartheta \vartheta$	teta	temperatura
$I \iota$	jota	
$K \kappa$	kappa	
$\Lambda \lambda$	lambda	współczynnik przewodzenia ciepła
$M \mu$	mi	
$N \nu$	ni	
$\Xi \xi$	ksi	
$O o$	omikron	
$\Pi \pi$	pi	
$P \rho$	ro	gęstość
$\Sigma \sigma \varsigma$	sigma	
$T \tau$	tau	
$\Upsilon \upsilon$	ipsylon	
$\Phi \varphi \phi$	fi	strata ciepła, moc cieplna
$\chi \chi$	chi	
$\psi \psi$	psi	liniowy współczynnik przenikania ciepła
$\Omega \omega$	omega	

WWW.PURMO.PL

Rettig Heating Sp. z o.o.
02-777 Warszawa, ul. Ciszewskiego 15
budynek KEN Center
tel. (22) 544 10 00, fax (22) 544 10 01, e-mail: purmow@purmo.pl

PURMO 
clever heating solutions