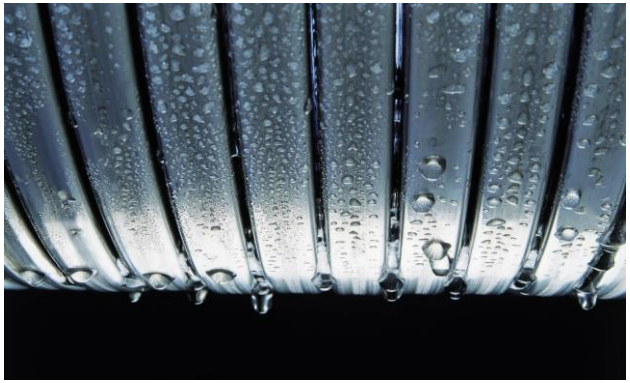
Wymiana ciepła



Literatura

1) Hermann Recknagel, Eberhard Sprenger , Ernst Schramek : „Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda,

2) Halina Koczyk: „Ogrzewnictwo praktyczne”,

3) Albers Joachim „Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji. Poradnik dla projektantów i instalatorów”,

4) www.viessmann.pl

5) Michał Strzeszewski Piotr Wereszczyński „Norma PN–EN 12831 Nowa metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego. Poradnik”,

6) PN-EN 12831: Instalacje ogrzewcze w budynkach Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego

7) Łukasz Nowak, Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa „Obliczanie współczynnika przenikania ciepła”

8) www.instsani.pl

Ciepło jest to forma energii przekazywana między dwoma układami (lub układem i otoczeniem) w wyniku różnicy temperatur.

Wymiana ciepła występuje wyłącznie wtedy gdy mamy do czynienia z różnicą temperatur.

Ciepło przechodzi od ciała o temperaturze wyższej do ciała o temperaturze niższej przez:

- **przewodzenie**
- **promieniowanie**
- **konwekcję**

Przewodzenie ciepła

Bezpośrednie przekazywanie energii wewnętrznej drobinom o niższej temperaturze przez stykające się z nimi drobiny tego samego lub innego ciała posiadające wyższą temperaturę.

Promieniowanie

Wzajemne przekazywanie sobie energii przez drobiny materii o różnych temperaturach nie stykających się ze sobą (np. słońce za pomocą fal emituje ciepło).

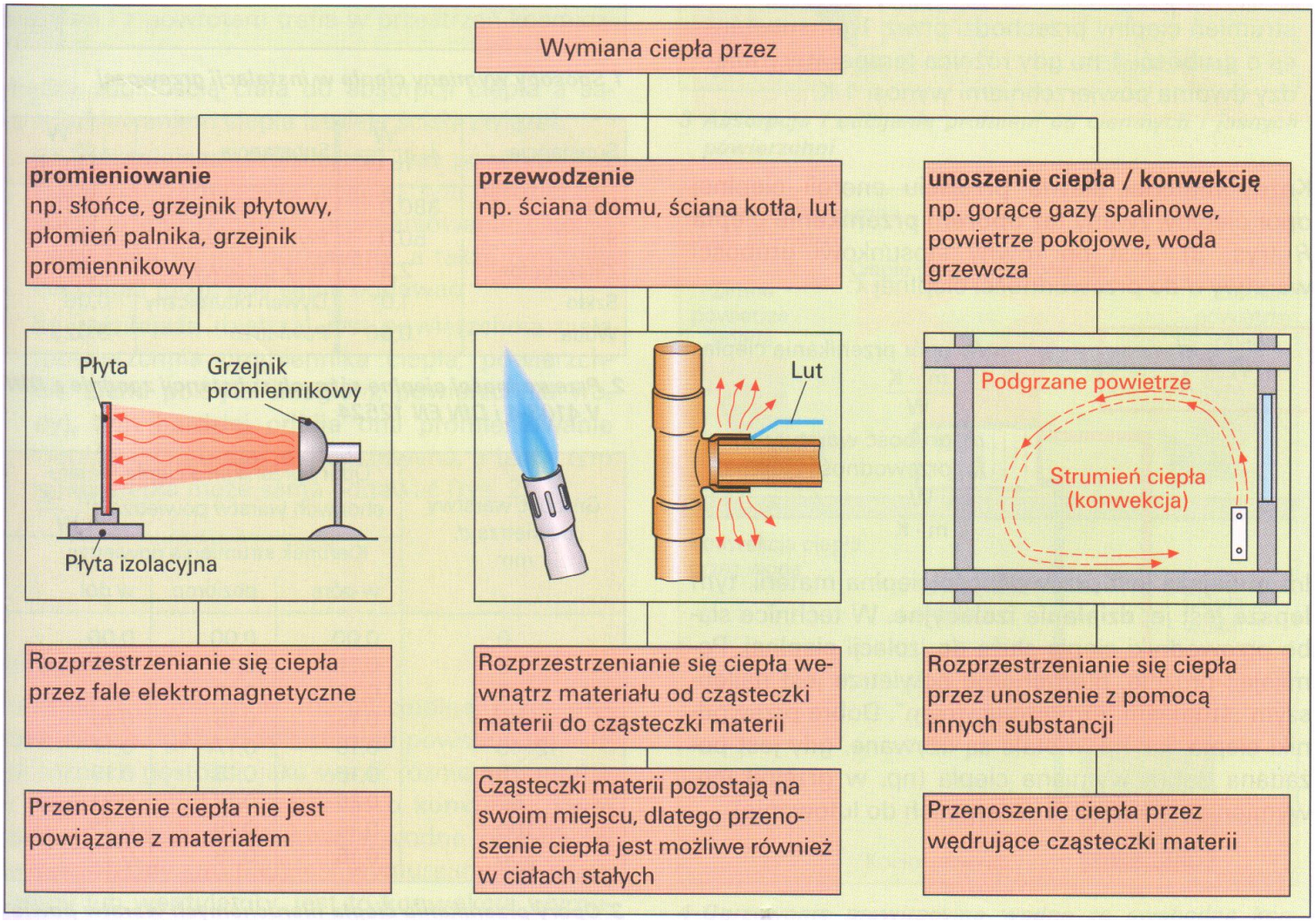
Konwekcja

Przewodzenie ciepła, któremu towarzyszy wzajemne przemieszczanie płynu, cieczy, gazu (gdy gotujemy wodę, najpierw podgrzewają się cząstki będące na dole i przechodząc do góry będą oddawały ciepło cząstkom po drodze).

Przewodzenie ciepła jest sposobem przekazywania energii, który zachodzi w nierównomiernie nagrzanym ośrodku materialnym, lub przy bezpośrednim zetknięciu się dwu lub więcej ośrodków o różnych temperaturach.

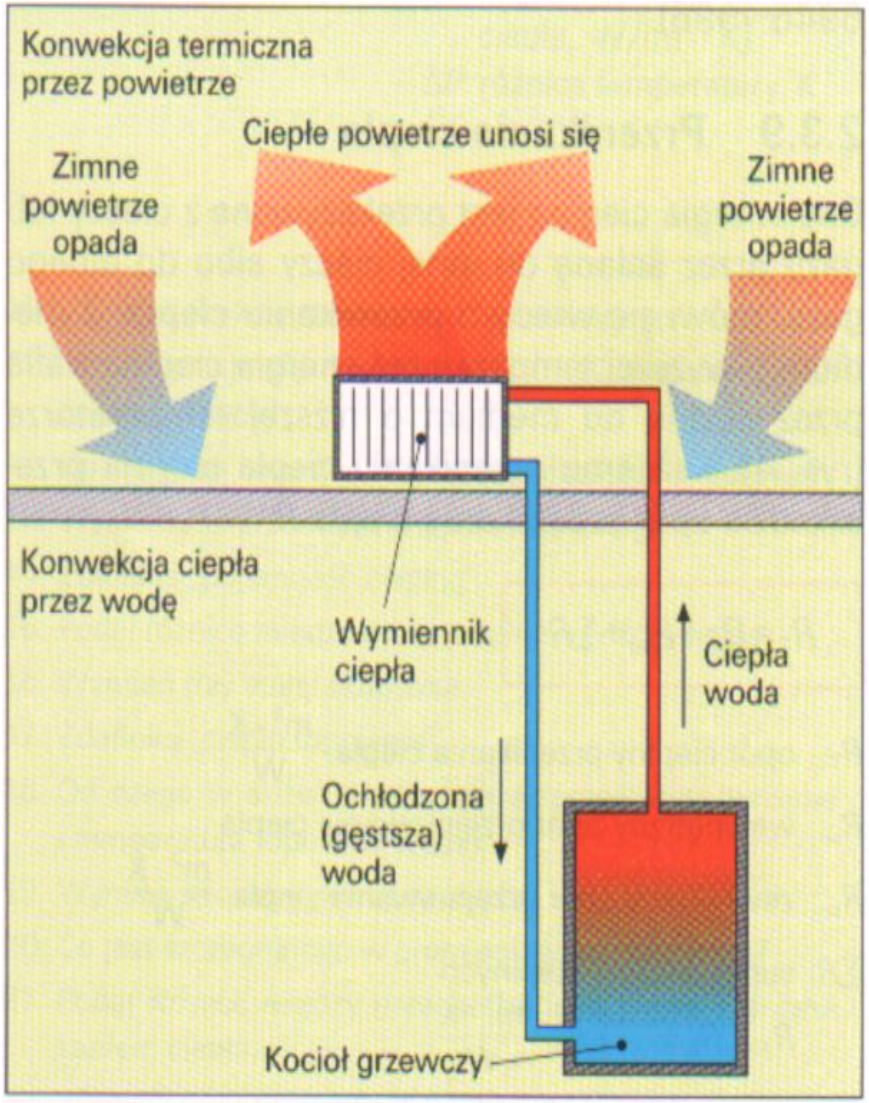
Przewodzenie ciepła w czystej postaci jest charakterystyczne dla ciał stałych. Natomiast w cieczach i gazach przewodzeniu ciepła towarzyszą zwykle inne sposoby wymiany ciepła (konwekcja i promieniowanie).

Formy wymiany ciepła



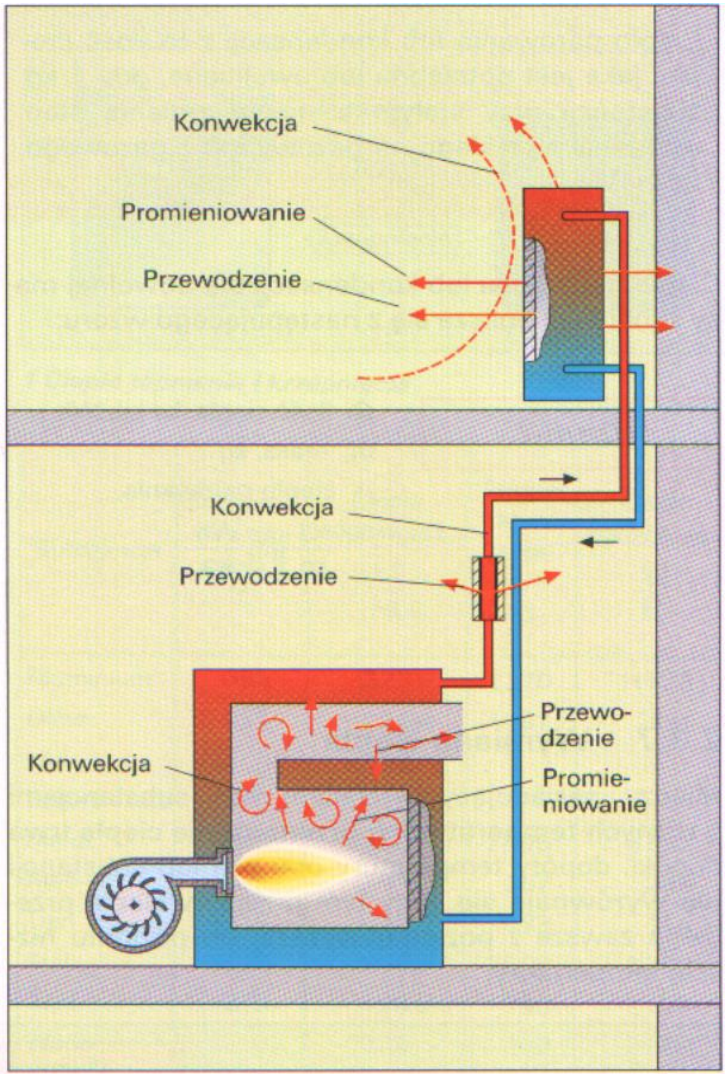
Źródło [3]

Formy wymiany ciepła



Źródło [3]

Formy wymiany ciepła



Źródło [3]

Warunki powstania ruchu płynu

Ruch płynu powstaje na skutek różnych gęstości nagrzanych i zimnych cząstek płynu, mówimy że jest to **ruch swobodny**.

W przypadku nadania cząstkom płynu prędkości w sposób sztuczny (wentylator lub pompa) mówimy o **ruchu wymuszonym**.

Odmianą przewodzenia jest

WNIKANIE

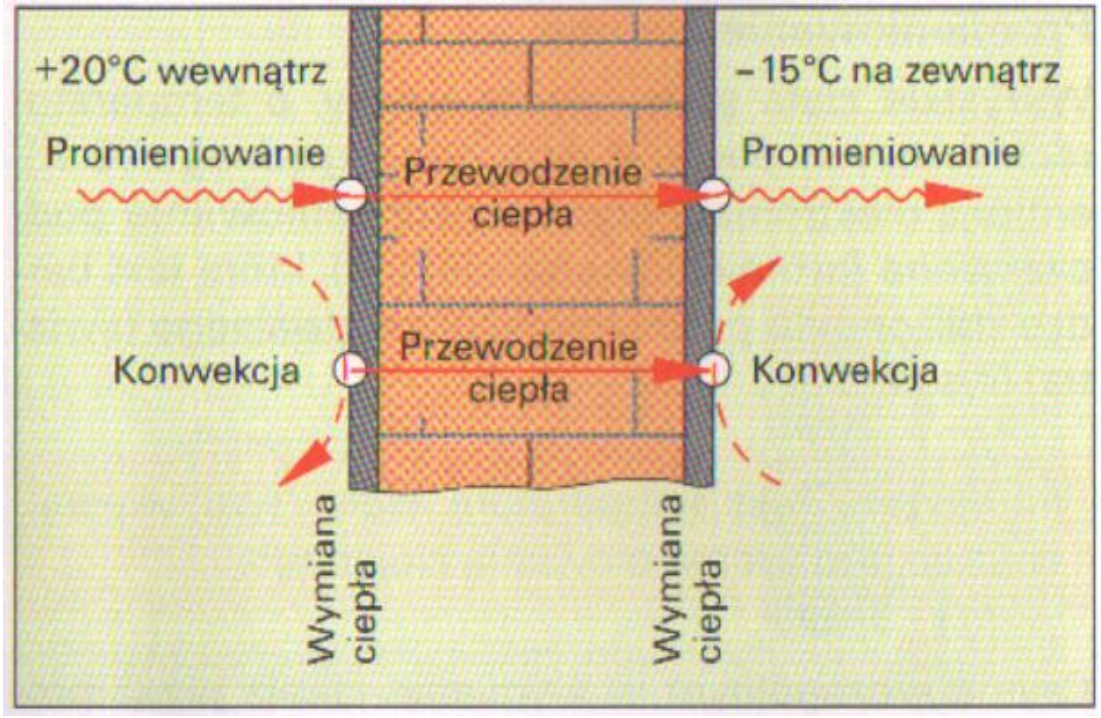
przewodzenie ciepła w ciałach stałych, kontaktujących się na swojej powierzchni z płynem.

Wymiana ciepła pomiędzy płynem a powierzchnią stykającego się z nim ciała stałego polega na dwóch zjawiskach:

- promieniowaniu,
- konwekcji.

Połączone działanie tych dwóch zjawisk nazywamy
PRZEJMOWANIEM CIEPŁA

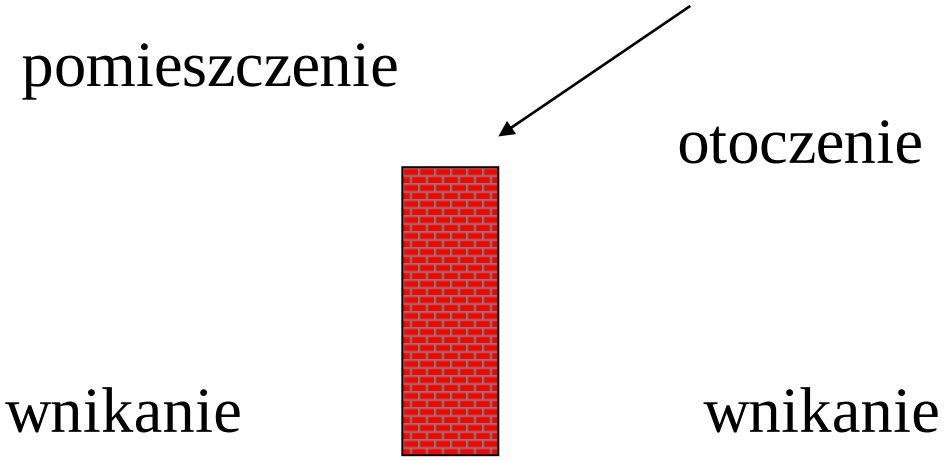
Wymiana ciepła w przegrodzie



Źródło [3]

PRZENIKANIE CIEPŁA

Przekrój ściany



wnikanie + przewodzenie + wnikanie = przenikanie

Do obliczeń cieplnych przegród budowlanych ustalono współczynnik odpływu, napływu i przewodności ciepła.

1) **WSPÓŁCZYNNIK NAPŁYWU POWIETRZA**

Współczynnik napływu ciepła (h_i) na wewnętrzną powierzchnię przegrody, określa ilość ciepła, którą przejmuje przez promieniowanie i konwekcję $1m^2$ przegrody w jednostce czasu przy różnicy temperatur, po obu stronach przegrody, równej 1K

$$h_i = h_k + h_{pr} \quad [W/m^2*K]$$

h_k – współczynnik konwekcji

h_{pr} – współczynnik promieniowania

2) **WSPÓŁCZYNNIK ODPŁYWU POWIETRZA**

Współczynnik odpływu powietrza - he – z zewnętrznej powierzchni przegrody do otaczającego powietrza przez konwekcję i promieniowanie równa się ilości ciepła, które oddaje 1m^2 przegrody w jednostce czasu, jeżeli różnica temp. między powierzchnią i powietrzem wynosi Δ_t = 1K

$$h_e = h_k + h_{pr} \quad [W/m^2*K]$$

Współczynnik przewodzenia ciepła λ

wyznacza się doświadczalnie, zależy on od gęstości, temperatury i wilgotności rozpatrywanego materiału PN EN ISO 6946

Współczynnik przewodzenia ciepła λ

charakteryzuje łatwość przewodzenia ciepła przez dany materiał. Dobrymi przewodnikami ciepła nazywamy materiały, dla których wartość współczynnika przewodzenia ciepła jest duża, natomiast materiały będące izolatorami cieplnymi charakteryzują się małymi wartościami λ

Jednostką współczynnika przewodzenia ciepła jest Wat na metr Kelwin (**W/mK**). Wyraża ona wielkość przepływu ciepła przez jednostkową powierzchnię z materiału o danej grubości, jeśli różnica temperatur między dwiema jego stronami wynosi 1 Kelwin.

Wpisz pierwsze litery nazwy szukanego materiału:	d [m]	ρ [kg/m3]	λ [W/(m·K)]	Cp [J/(kg·K)]	μ [–]
Beton (PN-EN 12524)					
Beton o średniej gęstości 1800 (PN-EN 12524)	---	1800	1,150	1000	60,000
Beton o średniej gęstości 2000 (PN-EN 12524)	---	2000	1,350	1000	60,000
Beton o średniej gęstości 2200 (PN-EN 12524)	---	2200	1,650	1000	70,000
Beton o wysokiej gęstości 2400 (PN-EN 12524)	---	2400	2,000	1000	80,000
Beton zbrojony z 1% stali (PN-EN 12524)	---	2300	2,300	1000	80,000
Beton zbrojony z 2% stali (PN-EN 12524)	---	2400	2,500	1000	80,000
Beton i przegrody z betonu (PN EN 6946)					
Beton (1000)	---	1000	0,390	840	60,000
Beton (1100)	---	1100	0,460	840	60,000
Beton (1200)	---	1200	0,540	840	65,000
Beton (1300)	---	1300	0,620	840	65,000
Beton (1400)	---	1400	0,720	840	70,000
Beton (1600)	---	1600	0,900	840	70,000
Beton (krusz. wap.) (1400)	---	1400	0,600	840	120,000
Beton (krusz. wap.) (1200)	---	1200	0,500	840	120,000
Beton (krusz. wap.) (1600)	---	1600	0,720	840	120,000
Beton (żużel pal.) (1200)	---	1200	0,500	840	6,000
Beton (żużel pal.) (1600)	---	1600	0,720	840	6,000
Beton (żużel pal.) (1800)	---	1800	0,850	840	6,000
Beton (żużel pal.) (1400)	---	1400	0,600	840	6,000
Beton (żużel pum.) (1000)	---	1200	0,330	840	40,000
Beton (żużel pum.) (1200)	---	1200	0,400	840	40,000
Beton (żużel pum.) (1400)	---	1400	0,500	840	40,000
Beton (żużel pum.) (1600)	---	1600	0,580	840	40,000
Beton (żużel pum.) (1800)	---	1800	0,700	840	40,000
Beton jamisty	---	1900	1,000	840	70,000
Beton zwykły (1900)	---	1900	1,000	840	70,000
Beton zwykły (2200)	---	2200	1,300	840	70,000
Beton zwykły (2400)	---	2400	1,700	840	70,000

Wpisz pierwsze litery nazwy szukanego materiału:

	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/(m·K)]	Cp [J/(kg·K)]	μ [–]
Beton (PN-EN 12524)					
Beton i przegrody z betonu (PN EN 6946)					
Bitum (PN-EN 12524)					
Drewno i materiały drewnopochodne (PN EN 6946)					
Dąb (p.w.)	---	800	0,220	2510	10,930
Dąb (w.w.)	---	800	0,400	2510	2,040
Płyty	---	300	0,060	2510	3,399
Płyty	---	1000	0,180	2510	30,590
Sklejka	---	600	0,160	2510	30,590
Sosna i świerk (p.w.)	---	550	0,160	2510	10,200
Sosna i świerk (w.w.)	---	550	0,300	2510	1,912
Gazy (PN-EN 12524)					
Gips - wyroby zabezpieczone przed zawilgoceniem (PN EN 69...					
Gazogips	---	500	0,190	840	1,632
Gipsobeton (1200)	---	1200	0,450	840	4,079
Gipsobeton (1300)	---	1300	0,520	840	4,532
Jastrych gips. (1300)	---	1300	0,520	840	5,463
Jastrych gips. (1800)	---	1800	1,000	840	6,000
Jastrych gips. (1900)	---	1900	1,200	840	8,000
Płyty	---	1000	0,230	1000	8,094
Płyty (1000)	---	1000	0,350	840	5,827
Płyty (900)	---	900	0,300	840	5,562
Gips (PN-EN 12524)					
Gips - płyta gipsowo-kartonowa (PN-EN 12524)	---	900	0,250	1000	4,000
Gips 1200 (PN-EN 12524)	---	1200	0,430	1000	4,000
Gips 1500 (PN-EN 12524)	---	1500	0,560	1000	4,000
Gips 600 (PN-EN 12524)	---	600	0,180	1000	4,000
Gips 900 (PN-EN 12524)	---	900	0,300	1000	4,000

Wpisz pierwsze litery nazwy szukanego materiału:	d [m]	ρ [kg/m^3]	λ [W/(m·K)]	Cp [J/(kg·K)]	μ [–]
Izolacja - materiały termoizolacyjne (PN EN 6946)					
Filce, płyty (100)	---	100	0,042	750	1,275
Filce, płyty (160)	---	160	0,042	750	1,275
Filce, płyty (40)	---	40	0,045	750	1,275
Filce, płyty (80)	---	80	0,045	750	1,275
Maty z wł. szk. (100)	---	100	0,045	840	1,012
Maty z wł. szk. (60)	---	60	0,045	840	1,012
Pianka poliur. (30)	---	30	0,025	1460	1,062
Pianka poliur. (30)	---	30	0,035	1460	1,062
Pianka poliur. (50)	---	50	0,025	1460	1,062
Pianka poliur. (50)	---	50	0,035	1460	1,062
Płyty (słoma)	---	300	0,080	1460	1,275
Płyty (trzcina)	---	250	0,070	1460	1,275
Płyty kork. asf.	---	250	0,070	1380	10,200
Płyty korkowe	---	150	0,045	2060	8,158
Płyty paźdź. (300)	---	300	0,075	1460	5,562
Płyty paźdź. (700)	---	700	0,130	1460	18,000
Płyty paźdź.(500)	---	500	0,100	1460	10,120
Płyty wiórk.-cem. (450)	---	450	0,140	2090	1,632
Płyty wiórk.-cem. (600)	---	600	0,150	2090	2,040
Płyty wiórowe (300)	---	300	0,070	2090	4,079
Płyty wiórowe (700)	---	700	0,130	2090	18,000
Styropian (15)	---	15	0,042	1460	50,990
Styropian (40)	---	40	0,042	1460	50,990
Szkło piankowe (180)	---	180	0,070	840	40,790
Szkło piankowe (300)	---	300	0,120	840	27,810
Wełna min. (40)	---	40	0,050	750	1,275

/pisz pierwsze litery nazwy szukanego materiału:

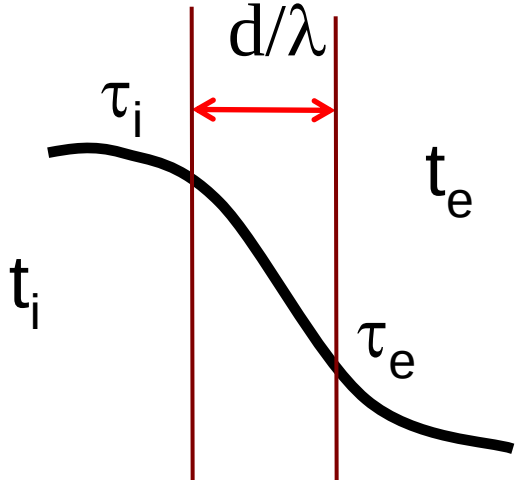
	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/(m·K)]	Cp [J/(kg·K)]	μ [–]
Metale (PN-EN 12524)					
Mur z cegły (na zaprawie cementowo-wapiennej, przy gruboś...					
Mur (dziurawka)	---	1400	0,620	880	4,532
Mur (klinkier)	---	1900	1,050	880	3,999
Mur (kratówka)	---	1300	0,560	880	4,079
Mur (silikaty dr.)	---	1600	0,800	880	4,473
Mur (silikaty)	---	1900	1,000	880	5,827
Mur z cegły cer.	---	1800	0,770	880	5,827
Płytki (PN-EN 12524)					
Płytki (dachówki) - cementowe (PN-EN 12524)	---	2100	1,500	1000	60,000
Płytki (dachówki) - ceramiczne (PN-EN 12524)	---	2000	1,000	800	30,000
Płytki (inne) - ceramika / porcelana (PN-EN 12524)	---	2300	1,300	840	+oo
Płytki (inne) - tworzywa sztuczne (PN-EN 12524)	---	1000	0,200	1000	10000,000
Płyty drewnopochodne (PN-EN 12524)					
Płyta cementowo-wiórowa na spoiwie cementowym (PN-...	---	1200	0,230	1500	30,000
Płyta o wiórach orientowanych (PN-EN 12524)	---	650	0,130	1700	30,000
Płyta pilśniowa, w tym MDF 250 (PN-EN 12524)	---	250	0,070	1700	2,000
Płyta pilśniowa, w tym MDF 400 (PN-EN 12524)	---	400	0,100	1700	5,000
Płyta pilśniowa, w tym MDF 600 (PN-EN 12524)	---	600	0,140	1700	12,000
Płyta pilśniowa, w tym MDF 800 (PN-EN 12524)	---	800	0,180	1700	20,000
Płyta wiórowa 300 (PN-EN 12524)	---	300	0,100	1700	10,000
Płyta wiórowa 600 (PN-EN 12524)	---	600	0,140	1700	15,000
Płyta wiórowa 900 (PN-EN 12524)	---	900	0,180	1700	20,000
Sklejka 1000 (PN-EN 12524)	---	1000	0,240	1600	110,000
Sklejka 300 (PN-EN 12524)	---	300	0,090	1600	50,000
Sklejka 500 (PN-EN 12524)	---	500	0,130	1600	70,000
Sklejka 700 (PN-EN 12524)	---	700	0,170	1600	90,000

Wpisz pierwsze litery nazwy szukanego materiału:	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/(m·K)]	Cp [J/(kg·K)]	μ [–]
Tworzywa sztuczne, stałe (PN-EN 12524)					
Tynki (PN EN 6946)					
Tynk wapienny	---	1700	0,700	840	8,158
Tynk, gładź cem.	---	2000	1,000	840	13,600
Tynk, gładź cem.-wap.	---	1850	0,820	840	13,600
Tynki i zaprawy tynkarskie (PN-EN 12524)					
Tynk cementowo-piaskowy (PN-EN 12524)	---	1800	1,000	1000	6,000
Tynk gipsowo-piaskowy (PN-EN 12524)	---	1600	0,800	1000	6,000
Tynk gipsowy 1000 (PN-EN 12524)	---	1000	0,400	1000	6,000
Tynk gipsowy 1300 (PN-EN 12524)	---	1300	0,570	1000	6,000
Tynk gipsowy izolacyjny (PN-EN 12524)	---	600	0,180	1000	6,000
Tynk wapienno-piaskowy (PN-EN 12524)	---	1600	0,800	1000	6,000
Woda (PN-EN 12524)					
Wybrane materiały różne (PN EN 6946)					
Cynk	---	7100	110,000	390	+oo
Filc	---	300	0,060	1670	0,944
Glina (1800)	---	1800	0,700	840	50,000
Grunt	---	1800	0,900	1260	0,944
Guma	---	1200	0,200	1260	199,959
Ił	---	1800	0,750	840	50,000
Miedź	---	8800	370,000	380	+oo
Papa (asfaltowa)	---	1000	0,180	1460	0,944
Papier	---	1000	0,250	1460	0,850
Piasek	---	1650	0,400	840	50,000
Piasek pylasty	---	1800	0,550	840	50,000
Płyty okładz.	---	2000	1,050	920	4,856
Stal	---	7800	58,000	440	+oo

JEDNOSTKOWY STRUMIEŃ CIEPŁA

Jeżeli dwa płyny cieplejszy o temp. t_i i chłodniejszy o temp. t_e rozdzielone są przegrodą określonego kształtu to gęstość strumienia ciepła przepływającego przez przegrodę wyraża równanie:

$$q = U (\tau_i - \tau_e) \quad [W/m^2]$$



Całkowity strumień ciepła

$$Q = q * A \ [W]$$

q- jednostkowy strumień powietrza [W/m^2]
A- powierzchnia przegrody [m^2]

Ilość ciepła napływającego na powierzchnię i odpływającego z przegrody po stronie zewnętrznej są sobie równe.

$Q_1 = h_i * A (t_i - \tau_i)$ wnikanie
$Q_h = \lambda/d*A (\tau_i - \tau_e)$ przewodzenie
$Q_2 = h_e * A (\tau_e - t_e)$ wnikanie

$$Q = U * A * (ti - te) \ [W]$$

U - współczynnik przenikania ciepła określa ile energii przenika przez metr kwadratowy przegrody w czasie jednej sekundy gdy różnica między temperaturą na zewnątrz i wewnątrz wynosi 1 Kelwin.

$$U = \frac{1}{1/h_i + d/\lambda + 1/h_e} \quad [W/m^2K]$$

$1/h_i = R_{si}$ – opór termiczny wewnętrznej powierzchni przegrody podczas napływu ciepła [m2K/W]

$1/h_e = R_{se}$ - opór termiczny powierzchni zewnętrznej przegrody podczas odpływu ciepła [m2K/W]

d = grubość przegrody [m]

Im współczynnik przenikania ciepła niższy, tym przegroda lepiej izoluje przed utratą ciepła.

Współczynnik przenikalności cieplnej wpływa na energochłonność budynku.

Im niższe parametry U dla poszczególnych przegród, tym mniej energii potrzebujemy na ogrzewanie domu, czyli mniej pieniędzy wydajemy na gaz czy olej opałowy, co również pozytywnie wpływa na zmniejszanie emisji do atmosfery gazów cieplarnianych.

Opór cieplny (R)

wskazuje niezbędną różnicę temperatur, aby 1m^2 wewnętrznej powierzchni przegrody przyjął w jednostce czasu ilość ciepła równą 1 Wat.

$$R = d/\lambda \quad [(\mathbf{m^2K})/W]$$

Opór cieplny ściany wielowarstwowej

$$\Sigma R = R_{si} + R_i + R_{se}$$

R_{si} wewnętrzny opór przejmowania ciepła zależy od kierunku przepływu ciepła

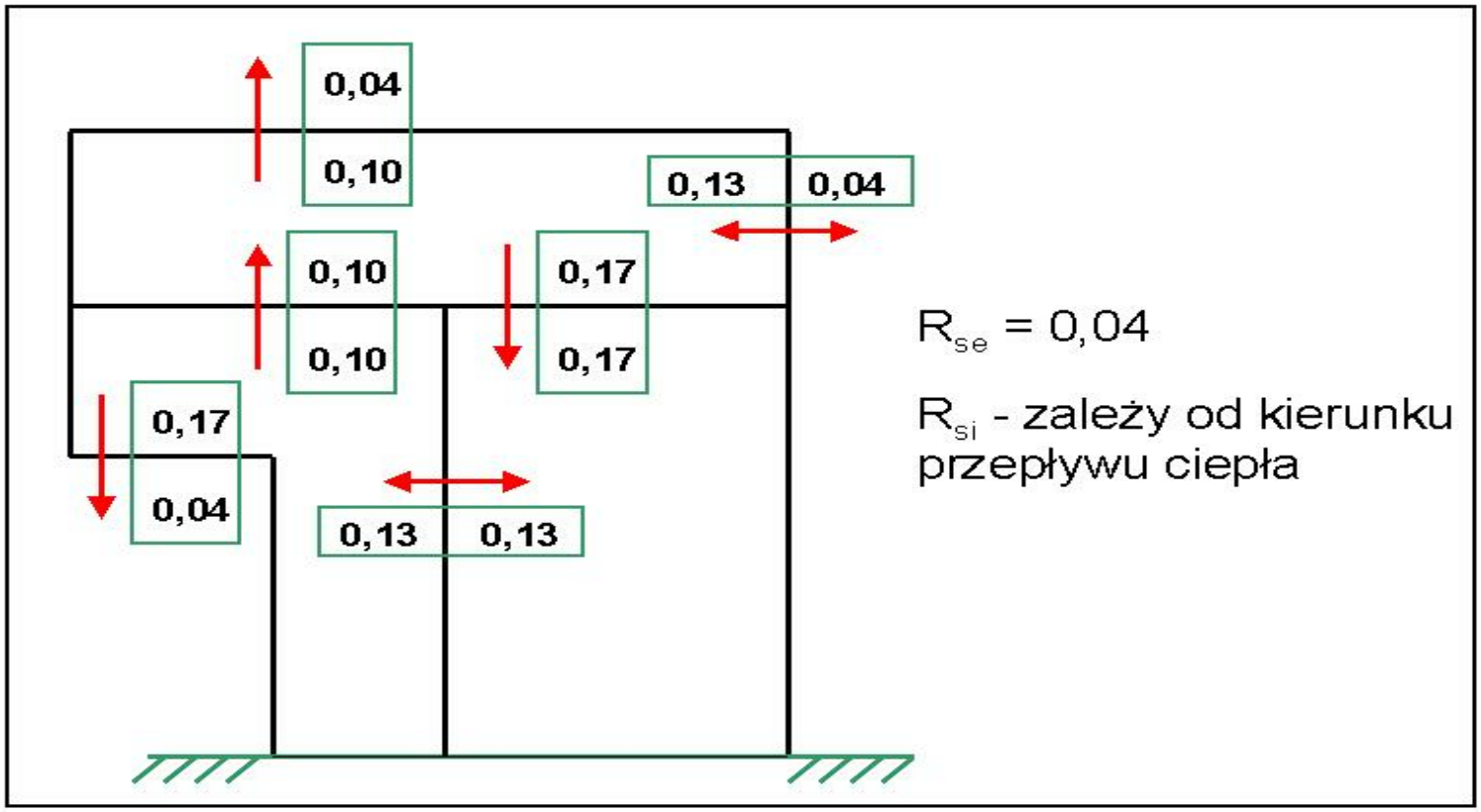
R_{se} zewnętrzny opór przejmowania ciepła

Współczynnik przenikania ciepła

$$1/\Sigma R = U\ [W/m^2 * K]$$

Opór cieplny obliczamy z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

Wartości współczynników odpływu i napływu ciepła



opór przejmowania ciepła	kierunek przejmowania ciepła		
	w górę	poziomy	w dół
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Zasady wyznaczania wartości współczynnika przenikania ciepła **przegród budowlanych** podano w normie PN-EN ISO 6946:2008

Zamieszczono w niej metodologię wyznaczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła przegród o jednorodnym i niejednorodnym układzie konstrukcyjnym oraz skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła, czyli parametru U_C .

W ścianach zewnętrznych można najczęściej zaobserwować następujące typy liniowych mostków ciepła:
• na połączeniu ściany ze stropodachem,
• na połączeniu stropu ze ścianą zewnętrzną z mostkami geometrycznymi na krawędziach ścian zewnętrznych,
• na otworach okiennych lub drzwiowych,
• na połączeniu balkonów ze ścianą zewnętrzną.

Dodatkowo mogą wystąpić mostki punktowe wynikające z zastosowania łączników mechanicznych lub słupów konstrukcyjnych w ścianach.

W obliczaniu skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła U_C należy stosować poprawki uwzględniające:

- pustki powietrzne, a właściwie nieszczelności w warstwie izolacji cieplnej, oznaczone symbolem ΔU_g,

- łączniki mechaniczne (metalowe) przebijające warstwę izolacji cieplnej, oznaczone symbolem ΔU_f,

- nieszczelności w warstwie izolacji cieplnej dachów o odwróconym układzie warstw, oznaczone symbolem ΔU_r.

Według normy PN-EN ISO 6946:2008 wpływ łączników mechanicznych w skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła U_C można uwzględnić poprawką ΔU_f według jednej z dwóch zależności.
Pierwsza (szczegółowa) jest podana w wytycznych ETAG 004:2008– zaleca się w niej stosowanie współczynnika przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego χ, który musi być określony dokładnie na podstawie obliczeń według metodologii z normy PN-EN ISO 10211:2008.

$$\mathbf{U_C = U + \Delta U,}$$

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_R$$

U_C - skorygowana wartość współczynnika przenikania ciepła [W/(m²·K)],

Poprawka do współczynnika przenikania ciepła uwzględniająca wpływ mostków cieplnych punktowych (od łączników z trzpieniami metalowymi) i mostków cieplnych liniowych (listew, profili metalowych), obliczana wzorem:

$$\Delta Uf = \chi_p \cdot n + \psi_i \cdot l_i,$$

χ_p współczynnik przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego od łącznika mechanicznego [W/K] – do obliczeń proponuje się przyjmować następujące wartości:
- 0,002 [W/K] – w odniesieniu do łączników ze stali nierdzewnej z główką z tworzywa i łączników ze szczeliną powietrzną przy główce,
- 0,004 [W/K] – w odniesieniu do łączników ze stali galwanizowanej z główką pokrytą tworzywem,
- 0,008 [W/K] – w odniesieniu do pozostałych łączników metalowych,

n - liczba łączników mechanicznych przypadających na 1 m² przegrody,

ψ_i - współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego od listew, profili [W/(m·K)],

l_i - długość liniowego mostka cieplnego (listew, profili) przypadającego na 1 m² przegrody [m].

Według drugiej (przybliżonej) poprawka może być stosowana wówczas, gdy łączniki nie są uwzględnione innymi metodami. W normie PN-EN ISO 6946:2008 podano, że poprawkę należy stosować w odniesieniu do kotew ściennych w murach wielowarstwowych, łączników dachowych lub łączników w złożonych systemach paneli.

Poprawki nie należy wprowadzać w następujących przypadkach:

– kotwie ścienne przechodzą przez pustą szczelinę,
– kotwie ścienne między warstwą muru i drewnianymi słupkami,
– gdy współczynnik przewodzenia ciepła łącznika, lub jego części, jest mniejszy niż 1 W/(m·K).

Wynika z tego, że nie trzeba jej uwzględniać wówczas, gdy łączniki wykonane są z tworzywa sztucznego, należy natomiast – kiedy łączniki wykonane są z metalu.

Poprawkę ΔU_f (określoną w sposób przybliżony) oblicza się według wzoru:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

jeżeli łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji;
$\alpha = 0{,}8$ lub $\alpha = 0{,}8 \cdot d_1/d_0$ jeżeli łącznik wpuszczono w izolację, czyli częściowo przebija izolację (w części jej grubości);
λ_f – współczynnik przewodzenia ciepła materiału łącznika [W/(m·K)];
n_f – liczba łączników na 1 m²;
A_f – pole przekroju poprzecznego jednego łącznika [m²];
d_0 – grubość warstwy izolacji cieplnej z łącznikiem [m];
d_1 – długość łącznika przechodzącego przez izolację cieplną [m];
R_1 – opór cieplny warstwy – izolacji cieplnej przebitej przez łącznik [(m²·K)/W]
$R_{T,h}$ – opór cieplny komponentu (przegrody) z pominięciem wpływu mostków cieplnych [(m²·K)/W].

Obliczenie wartości poprawki ΔU_f

$$\Delta U = \Delta U_f$$

gdzie:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

Przyjęty łącznik mechaniczny – średnica całkowita łącznika 10 mm, średnica rdzenia ze stali ocynkowanej 8 mm, długość 200 mm, w tym 50 mm zakotwienia

Źródło [7]

Poprawka na nieszczelności ΔUg

Poziom	ΔU'' [W/m²K]	Opis nieszczelności
0	0,00	Izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji; brak nieszczelności przechodzących przez warstwę izolacji
1	0,01	Izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji; nieszczelności mogą przechodzić przez całą warstwę izolacji
2	0,04	Występuje ryzyko cyrkulacji powietrza po cieplejszej stronie izolacji; nieszczelności mogą przechodzić przez całą warstwę izolacji

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_T}\right)^2$$

R_1 – opór cieplny warstwy zawierającej nieszczelność

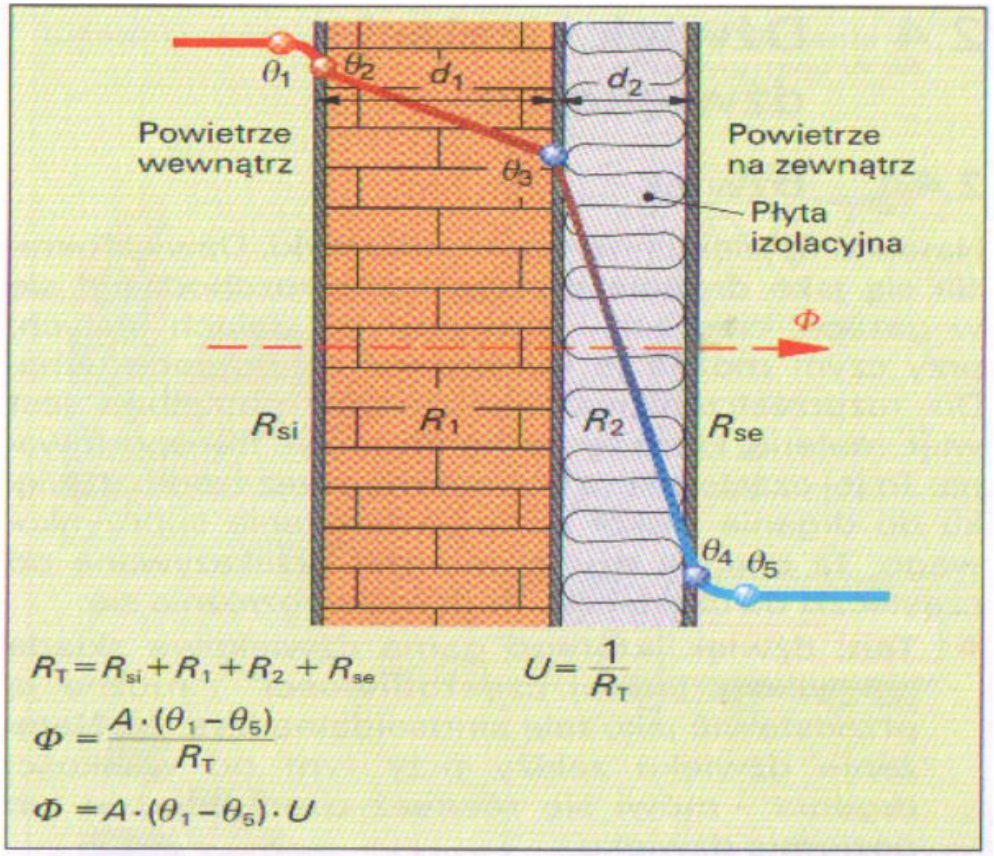
R_T – całkowity opór cieplny elementu z warstwą izolacyjną zawierającą nieszczelność

Tabela 3 – Wielkości poprawek pogarszające obliczone wartości U ściany według PN-EN ISO 6946:2008			
składniki poprawek do wzoru $U \leq Umax - (\Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_k)$			
ΔU_g	mostki termiczne ze względu na nieszczelność	płyty w jednej warstwie na styk	0,01
		płyty w dwóch warstwach	0,00
ΔU_f	mostki termiczne ze względu na łączniki mechaniczne	stalowe 4 szt./m² Ø 4 mm	0,016
		stalowe z wykończ. plastikowym 4 szt./m² Ø 4 mm	< 0,01

$$U_C = U + \Delta U,$$

dla ścian zewnętrznych $\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f$

Rozkład temperatury w przegrodzie wielowarstwowej



Źródło [3]

Rozkład temperatury w przegrodzie wielowarstwowej

Temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody w pomieszczeniu ogrzewanym powinna być wyższa o co najmniej **1°C** od temperatury punktu rosy w warunkach obliczeniowych okresu ogrzewania.

Rozkład temperatury w przegrodzie wielowarstwowej

W celu sprawdzenia uniknięcia kondensacji powierzchniowej temperaturę wewnętrzną powierzchni przegrody należy obliczyć ze wzoru:

$$\theta i = ti - Uo\,(ti - te)\,Rsi \quad [\,°C]$$

ti – temperatura obliczeniowa wewnętrzna [°C]

te – temperatura obliczeniowa zewnętrzna [°C]

Uo – współczynnik przenikania ciepła

Rsi – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody

Temperatura punktu rosy

Temperatura punktu rosy może być określona następująco:

- wyznaczamy ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej pn przy obliczeniowej temperaturze powietrza pomieszczenia
- obliczamy ciśnienie cząstkowe pary nienasyconej p przy obl. wilgotności względnej pomieszczenia φi [%]

$$p = \frac{\varphi i \; p_n}{100} \quad [hPa]$$

- znajdujemy temperaturę punktu rosy ts odpowiadającą ciśnieniu p.

Wilgotność względna

Obliczeniowa wilgotność względna φi

- 45% - dla pomieszczeń w budynkach użyteczności publicznej i produkcyjnych, w których nie wydziela się para z otwartych zbiorników lub w skutek procesów technologicznych i nie stosuje się nawilżania powietrza

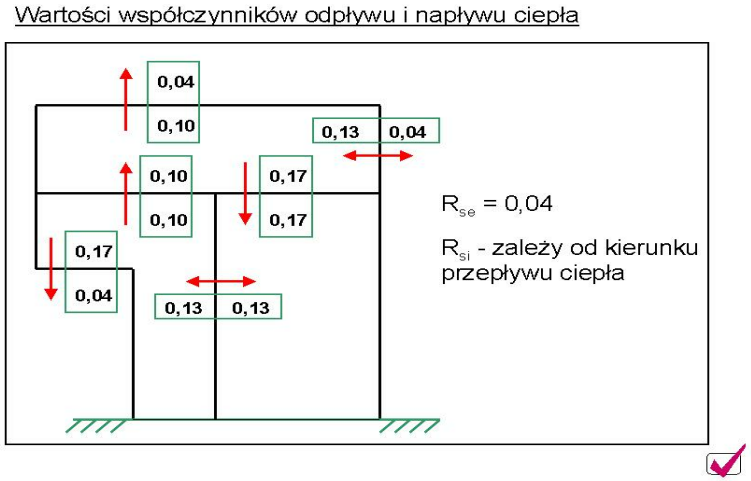
- 55% - dla pomieszczeń mieszkalnych (w tym pokoi mieszkalnych, kuchni, łazienek, WC, pokoi w szpitalach i sanatoriach, pokoi dziecięcych w żłobkach i przedszkolach)

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej w powietrzu w zależności od temperatury

Temperatura °C	Ciśnienie pary wodnej nasyconej, hPa									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	42,44	42,69	42,94	43,19	43,44	43,69	43,94	44,19	44,45	44,69
29	40,06	40,30	40,53	40,77	41,01	41,24	41,48	41,72	41,96	42,19
28	37,18	38,03	38,26	38,48	38,71	38,94	39,16	39,39	39,61	39,84
27	35,66	35,88	36,09	36,31	36,52	36,74	36,95	37,17	37,39	37,59
26	33,62	33,82	34,03	34,23	34,43	34,63	34,84	35,04	35,25	35,44
25	31,69	31,88	32,08	32,27	32,46	32,66	32,84	33,04	33,24	33,43
24	29,85	30,03	30,21	30,40	30,59	30,77	30,95	31,14	31,32	31,51
23	28,10	28,25	28,45	28,63	28,80	28,97	29,15	29,32	29,50	29,68
22	26,45	26,61	26,78	26,95	27,11	27,27	27,44	27,61	27,77	27,94
21	24,87	25,04	25,18	25,35	25,51	25,66	25,82	25,98	26,13	26,29
20	23,40	23,54	23,69	23,84	23,99	24,13	23,28	24,43	24,57	24,73
19	21,97	22,12	22,27	22,41	22,54	22,68	22,83	22,97	23,10	23,24
18	20,65	20,79	20,91	21,05	21,19	21,32	21,45	21,58	21,72	21,85
17	19,37	19,50	19,63	19,76	19,88	20,01	20,14	20,27	20,39	20,52
16	18,18	18,30	18,41	18,54	18,66	18,78	18,89	19,01	19,14	19,26
15	17,06	17,17	17,29	17,39	17,50	17,62	17,73	17,84	17,95	18,06
14	15,99	16,10	16,21	16,31	16,42	16,53	16,63	16,74	16,84	16,95
13	14,98	15,08	15,18	15,28	15,38	15,48	15,59	15,69	15,78	15,88
12	14,03	14,13	14,22	14,31	14,41	14,51	14,60	14,70	14,79	14,88
11	13,12	13,21	13,30	13,40	13,49	13,58	13,67	13,75	13,85	13,94
10	12,28	12,37	12,45	12,54	12,62	12,70	12,79	12,87	12,96	13,04
9	11,48	11,56	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,18
8	10,73	10,81	10,88	10,96	11,03	11,10	11,17	11,25	11,33	11,40
7	10,02	10,08	10,16	10,23	10,30	10,38	10,45	10,52	10,59	10,66
6	9,35	9,42	9,49	9,55	9,61	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95
5	8,72	8,78	8,84	8,90	8,96	9,02	9,07	9,13	9,19	9,25
4	8,13	8,19	8,25	8,31	8,37	8,43	8,49	8,54	8,61	8,66
3	8,59	7,65	7,70	7,76	7,81	7,87	7,93	7,98	8,03	8,08
2	7,05	7,10	7,16	7,21	7,27	7,32	7,37	7,43	7,48	7,53
1	5,57	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,87	6,91	6,96	7,00
0	6,11	6,16	6,21	6,26	6,30	6,35	6,40	6,45	6,49	6,53
0	6,11	6,05	6,00	5,95	5,92	5,87	5,82	5,77	5,72	5,67
-1	5,62	5,57	5,52	5,47	5,43	5,38	5,34	5,31	5,27	5,22
-2	5,17	5,14	5,09	5,05	5,01	4,96	4,92	4,89	4,84	4,80
-3	4,76	4,72	4,68	4,64	4,61	4,56	4,52	4,48	4,44	4,40
-4	4,37	4,33	4,30	4,26	4,23	4,19	4,15	4,12	4,08	4,05
-5	4,01	3,98	3,95	3,91	3,88	3,85	3,82	3,79	3,75	3,72
-6	3,68	3,65	3,62	3,59	3,56	3,53	3,50	3,47	3,43	3,40
-7	3,37	3,35	3,33	3,30	3,27	3,24	3,21	3,18	3,15	3,12
-8	3,10	3,06	3,04	3,01	2,98	2,96	2,94	2,91	2,88	2,86
-9	2,84	2,81	2,79	2,76	2,74	2,72	2,69	2,67	2,64	2,62
-10	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,49	2,46	2,44	2,42	2,39
-11	2,37	2,35	2,33	2,31	2,29	2,28	2,26	2,24	2,21	2,19
-12	2,17	2,15	2,13	2,11	2,09	2,08	2,06	2,04	2,02	2,00
-13	1,98	1,97	1,95	1,93	1,91	1,90	1,88	1,86	1,84	1,82
-14	2,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,68	1,67
-15	1,65	1,64	1,62	1,61	1,59	1,58	1,57	1,55	1,53	1,52
-16	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45	1,44	1,42	1,41	1,39	1,38
-17	1,37	1,36	1,35	1,33	1,32	1,31	1,29	1,28	1,27	1,26
-18	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,16	1,15
-19	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,07	10,6	1,05	1,04
-20	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94

Zadanie 1

Oblicz współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej jednowarstwowej zbudowanej z cegły ceramicznej pełnej grubości 25 cm, współczynnik przewodzenia **λ = 0,77 [W/mK]**



$U = 1/\sum R$ [W/m2K]

l.p	Warstwa	d [m]	λ [W/mK]	R [m2k/W]
Opór przejmowania od strony wewnętrznej, Rsi				0,13
1	Cegła ceramiczna pełna	0,25	0,77	0,32
Opór przejmowania od strony zewnętrznej, Rse				0,04
∑R = Rsi+R+Rse				0,49

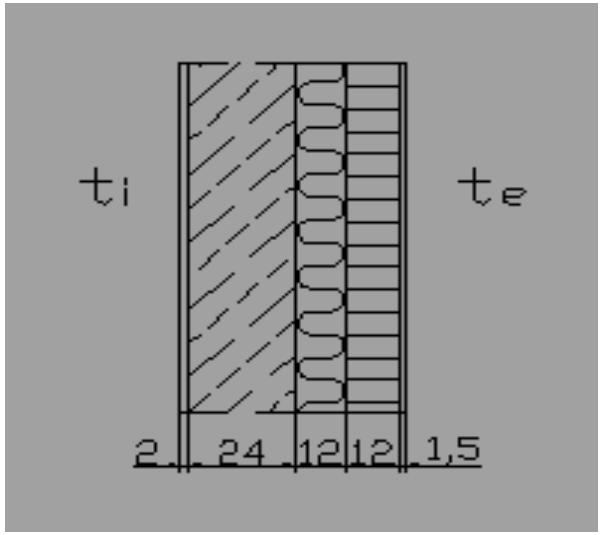
$U = 1/\sum R = 1/0,49 = 2,04$ [W/m2K]

Zadanie 2

Oblicz współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej wielowarstwowej zbudowanej z:

- tynk cementowo wapienny gr. 2 cm, λ **=0,82 [W/mK]**
- bloczek z betonu komórkowego na zaprawie cem-wap gr. 24 cm, , λ **=0,29 [W/mK]**
- styropian gr 12 cm, λ **=0,045 [W/mK]**
- cegła ceramiczna pełna gr. 12 cm, λ **=0,077 [W/mK]**
- tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm, λ **=0,82 [W/mK]**

$U = 1/\sum R$ [W/m2K]

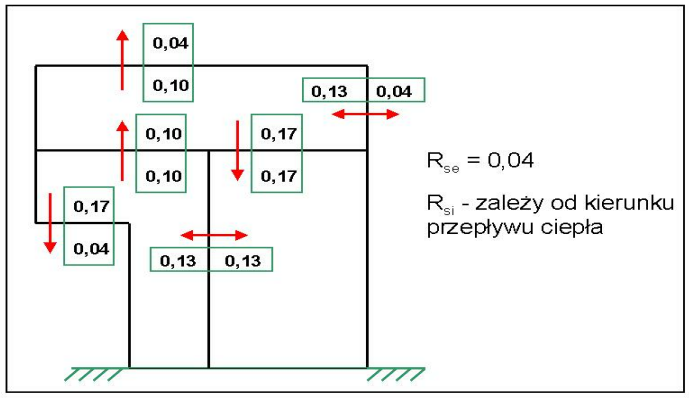


Przenikanie ciepła

l.p	Warstwa	d [m]	λ [W/mK]	R [m2k/W]
Opór przejmowania od strony wewnętrznej Rsi				0,130
1	tynk cementowo-wapienny	0,020	0,820	0,024
2	bloczek z betonu komórkowego	0,240	0,290	0,828
3	styropian	0,120	0,045	2,666
4	cegła ceramiczna pełna	0,120	0,770	0,156
5	tynk cementowo-wapienny	0.015	0,820	0.018
Opór przejmowania od strony zewnętrznej Rse				0,04
$\sum R = Rsi+(R_1+R_2+r3+R4+R5)+Rse$				3,856

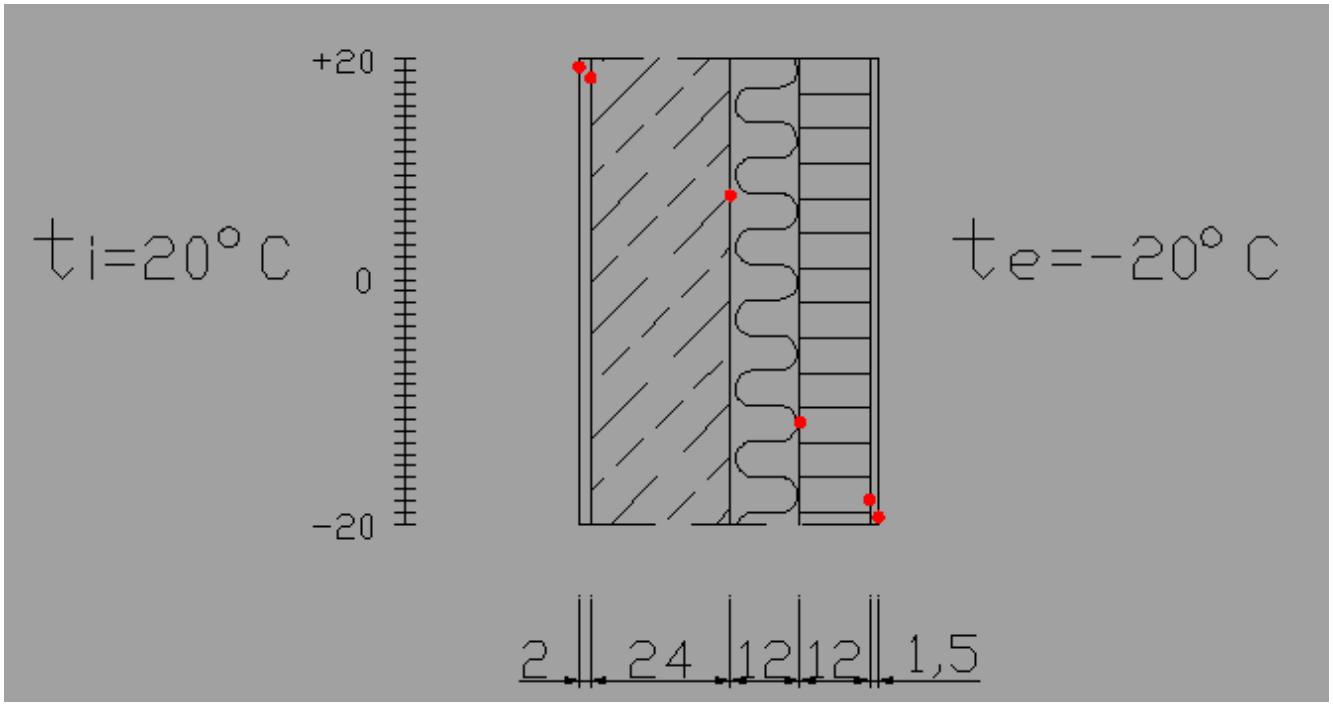
$U = 1/\sum R = 1/3,856 = 0,259\ [W/m2K]$

Wartości współczynników odpływu i napływu ciepła



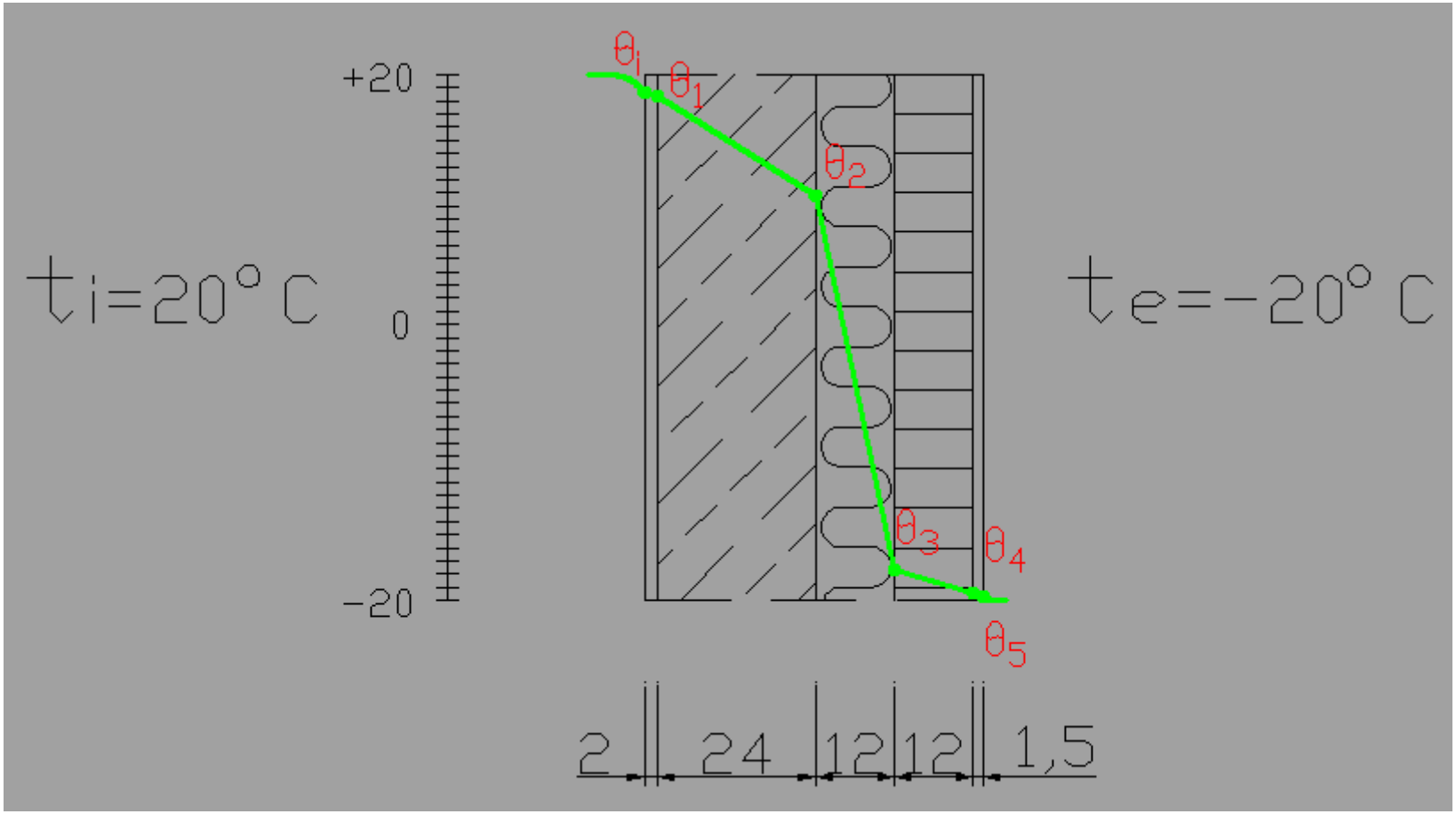
Zadanie 3

Dla obliczonej w zadaniu nr 2 ściany zewnętrznej wykonaj rozkład temperatury w przegrodzie oraz oblicz temperaturę punktu rosy i sprawdź czy wystąpi wykroplenie na wewnętrznej powierzchni ściany. Przyjmij temperaturę obliczeniową wewnętrzną ti = 20ºC, temperaturę zewnętrzną te= - 20ºC



- θ i = ti–Uo(ti - te)Rsi =20 – 0,259 (20 -(-20) * 0.13 = 18,65 [°C]
- θ 1= ti–Uo(ti - te)Rsi =20 – 0,259 (20 -(-20)*(0.13 + 0.024) = 18,40 [°C]
- θ 2= ti–Uo(ti - te)Rsi =20 – 0,259 (20 -(-20)*(0.13 + 0.024+0.828) = 9,83 [°C]
- θ 3= ti–Uo(ti - te)Rsi =20 – 0,259 (20 -(-20)*(0.13 + 0.024+0.828+2,666) = -17,79 [°C]
- θ 4= ti–Uo(ti - te)Rsi =20 – 0,259 (40)*(0.13 + 0.024+0.828+2,666+0,156) = -19,41 [°C]
- θ 5=ti–Uo(ti - te)Rsi =20–0,259 (40)*(0.13+0.024+0.828+2,666+0,156+0.018)=-19,59 [°C

Wykres rozkładu temperatur w przegrodzie



Obliczenie punktu rosy

1) wyznaczamy ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej pn przy obliczeniowej temperaturze powietrza pomieszczenia

dla 20 C pn = 23,40 hPa

2) obliczamy ciśnienie cząstkowe pary nienasyconej p przy obl. wilgotności względnej pomieszczenia φi [%]

$$p = \frac{\varphi i \ \ pn}{100} = \frac{55 * \ 23,4}{100}$$

= 12,87 [hPa]

3) znajdujemy temperaturę punktu rosy ts odpowiadającą ciśnieniu p:

ts = **10,7 ºC**

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej w powietrzu w zależności od temperatury

Temperatura °C	Ciśnienie pary wodnej nasyconej, hPa									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	42,44	42,69	42,94	43,19	43,44	43,69	43,94	44,19	44,45	44,69
29	40,06	40,30	40,53	40,77	41,01	41,24	41,48	41,72	41,96	42,19
28	37,18	38,03	38,26	38,48	38,71	38,94	39,16	39,39	39,61	39,84
27	35,66	35,88	36,09	36,31	36,52	36,74	36,95	37,17	37,39	37,59
26	33,62	33,82	34,03	34,23	34,43	34,63	34,84	35,04	35,25	35,44
25	31,69	31,88	32,08	32,27	32,46	32,66	32,84	33,04	33,24	33,43
24	29,85	30,03	30,21	30,40	30,59	30,77	30,95	31,14	31,32	31,51
23	28,10	28,25	28,45	28,63	28,80	28,97	29,15	29,32	29,50	29,68
22	26,45	26,61	26,78	26,95	27,11	27,27	27,44	27,61	27,77	27,94
21	24,87	25,04	25,18	25,35	25,51	25,66	25,82	25,98	26,13	26,29
20	23,40	23,54	23,69	23,84	23,99	24,13	23,28	24,43	24,57	24,73
19	21,97	22,12	22,27	22,41	22,54	22,68	22,83	22,97	23,10	23,24
18	20,65	20,79	20,91	21,05	21,19	21,32	21,45	21,58	21,72	21,85
17	19,37	19,50	19,63	19,76	19,88	20,01	20,14	20,27	20,39	20,52
16	18,18	18,30	18,41	18,54	18,66	18,78	18,89	19,01	19,14	19,26
15	17,06	17,17	17,29	17,39	17,50	17,62	17,73	17,84	17,95	18,06
14	15,99	16,10	16,21	16,31	16,42	16,53	16,63	16,74	16,84	16,95
13	14,98	15,08	15,18	15,28	15,38	15,48	15,59	15,69	15,78	15,88
12	14,03	14,13	14,22	14,31	14,41	14,51	14,60	14,70	14,79	14,88
11	13,12	13,21	13,30	13,40	13,49	13,58	13,67	13,75	13,85	13,94
10	12,28	12,37	12,45	12,54	12,62	12,70	12,79	12,87	12,96	13,04
9	11,48	11,56	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,18
8	10,73	10,81	10,88	10,96	11,03	11,10	11,17	11,25	11,33	11,40
7	10,02	10,08	10,16	10,23	10,30	10,38	10,45	10,52	10,59	10,66
6	9,35	9,42	9,49	9,55	9,61	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95
5	8,72	8,78	8,84	8,90	8,96	9,02	9,07	9,13	9,19	9,25
4	8,13	8,19	8,25	8,31	8,37	8,43	8,49	8,54	8,61	8,66
3	8,59	7,65	7,70	7,76	7,81	7,87	7,93	7,98	8,03	8,08
2	7,05	7,10	7,16	7,21	7,27	7,32	7,37	7,43	7,48	7,53
1	5,57	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,87	6,91	6,96	7,00
0	6,11	6,16	6,21	6,26	6,30	6,35	6,40	6,45	6,49	6,53
0	6,11	6,05	6,00	5,95	5,92	5,87	5,82	5,77	5,72	5,67
-1	5,62	5,57	5,52	5,47	5,43	5,38	5,34	5,31	5,27	5,22
-2	5,17	5,14	5,09	5,05	5,01	4,96	4,92	4,89	4,84	4,80
-3	4,76	4,72	4,68	4,64	4,61	4,56	4,52	4,48	4,44	4,40
-4	4,37	4,33	4,30	4,26	4,23	4,19	4,15	4,12	4,08	4,05
-5	4,01	3,98	3,95	3,91	3,88	3,85	3,82	3,79	3,75	3,72
-6	3,68	3,65	3,62	3,59	3,56	3,53	3,50	3,47	3,43	3,40
-7	3,37	3,35	3,33	3,30	3,27	3,24	3,21	3,18	3,15	3,12
-8	3,10	3,06	3,04	3,01	2,98	2,96	2,94	2,91	2,88	2,86
-9	2,84	2,81	2,79	2,76	2,74	2,72	2,69	2,67	2,64	2,62
-10	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,49	2,46	2,44	2,42	2,39
-11	2,37	2,35	2,33	2,31	2,29	2,28	2,26	2,24	2,21	2,19
-12	2,17	2,15	2,13	2,11	2,09	2,08	2,06	2,04	2,02	2,00
-13	1,98	1,97	1,95	1,93	1,91	1,90	1,88	1,86	1,84	1,82
-14	2,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,68	1,67
-15	1,65	1,64	1,62	1,61	1,59	1,58	1,57	1,55	1,53	1,52
-16	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45	1,44	1,42	1,41	1,39	1,38
-17	1,37	1,36	1,35	1,33	1,32	1,31	1,29	1,28	1,27	1,26
-18	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,16	1,15
-19	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,07	10,6	1,05	1,04
-20	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94

Sprawdzenie warunku kondensacji powierzchniowej

$t_s + 1\,^{\circ}C < \theta_i$

$10{,}7 + 1^{\circ}C < 18{,}65^{\circ}C$

Warunek spełniony. Na wewnętrznej powierzchni przegrody w pomieszczeniu, przy założonych parametrów okresu ogrzewania nie wystąpi wykroplenie

Zadanie

Przykład obliczeń skorygowanego współczynnika przenikania Ucmax z uwzględnieniem mostka ciepła na łączniki metalowe, przyjąć że izolacja cieplna układana jest metodą na zakład.

α – 0,8 (łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji),
λ_f – 50 W/mK (dla stali),
A_f – $5{,}03 \times 10^{-5}$ m^2 (dla średnicy rdzenia łącznika ze stali ocynkowanej ϕ8mm, koszulkę z polipropylenu można pominąć),
n_f – 4 szt/m^2 (wynika z typu, materiału rdzenia i średnicy łącznika),
d_0 – 0,12 m (grubość przebijanej warstwy izolacji),
R_1 – 2,666 m^{2}K/W (opór cieplny przebijanej warstwy izolacji) ,
$R_{T,h}$ – 3,856 m^{2}K/W (opór cieplny całej przegrody).

$$\Delta U_f = 0{,}8 \times \frac{50 \times 5{,}03 \times 10^{-5} \times 4}{0{,}12} \times \left(\frac{2{,}666}{3{,}856} \right)^2 = 0{,}032 \frac{W}{m^2 K}$$

Uc = U +ΔUf +ΔUg = 0,259 + 0,032 + 0,0 = 0,291 W/m2K

Wymagania ochrony cieplnej budynków

Obliczanie obciążenia cieplnego wg normy PN EN 12831

Prawidłowo zaprojektowane ogrzewanie budynku zależy od właściwego obliczenia jego zapotrzebowania na ciepło, czyli określenia współczynników przenikania ciepła, ustalenia temperatur obliczeniowych wewnętrznych i zewnętrznych oraz obliczenia start ciepła na przenikanie i wentylacyjnej straty ciepła.

Dla zapewnienia warunków mieszkalnych bez względu na porę roku temperatura wewnątrz budynku powinna się utrzymywać w pewnym subiektywnym, dostosowanym do wymagań osób w nim mieszkających, przedziale, średnio ok. 16–24°C.

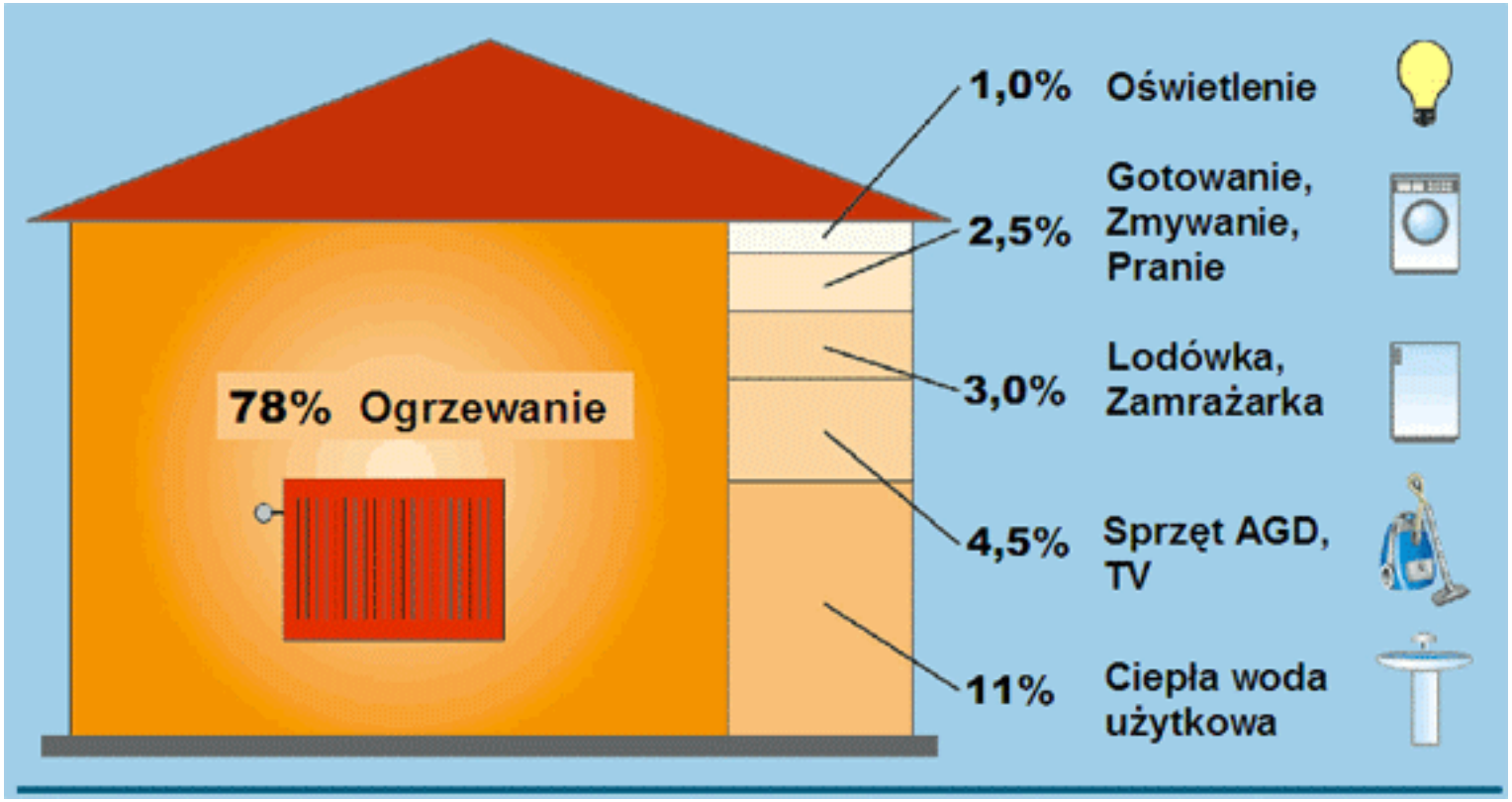
Ocena jakości energetycznej budynków w Polsce

Jakość energetyczną budynku w Polsce można w dużym przybliżeniu ustalić na podstawie znajomości rozwiązań konstrukcyjno- materiałowych obudowy (cechy materiałowe i opór termiczny) , technologii realizacji budowlanej oraz daty (roku) oddania do użytkowania obiektu, w którym obowiązywały ustalone normami współczynniki przenikania ciepła U [$W/m^2 K$] oraz określone wielkości wskaźnika E [kWh/m^2] - przeciętnego sezonowego zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie budynku.

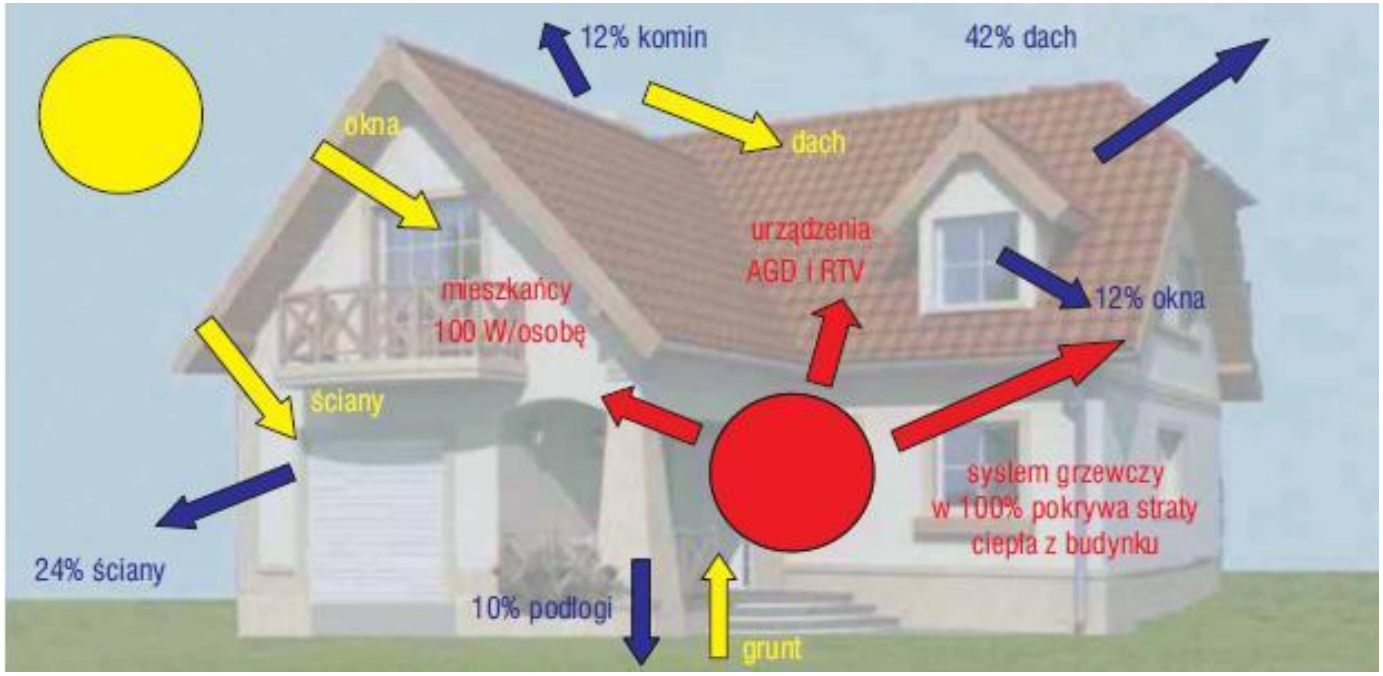
Ocena jakości energetycznej budynków mieszkalnych w Polsce

Okres budowy	Podstawa prawna, Polskie Normy	Wymagane współ. „K" [W/m^2 K] Obecnie U	Roczne zużycie energii „E" [kWh/m^2 a]
do 1966	Prawo budowlane Mur z 2 cegieł mur z 1,5 cegły	1,16 1,40	240 - 280 300 - 350
1967-1985	PN-64/B-03204 PN-74/B-03404	1,16	240 - 280
1986-1992	PN-82/B-02020	0,75	160-200
1993-1997	PN-91/B-02020	0,55	120-160
od 1998	Warunki techniczne	0,20 - 0,50	45-120

Zużycie energii



Bilans energetyczny budynku



Źródło: www.rynekinstalacyjny.pl

strumień energii wytworzonej

strumień energii doprowadzonej

strumień energi odprowadzonej - straty ciepła

Zgodnie z:

ROZPORZĄDZENIEM MINISTRA INFRASTRUKTURY
w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

(Dz. U. Nr 75 z dnia 15 czerwca 2002 r. poz. 690)

budynek i jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne , klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych – również oświetlenia wbudowanego, powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający spełnienie wymagań minimalnych odnośnie wartości wskaźnika Ep oraz izolacyjności cieplnej przegród budowlanych.

Wymagania minimalne:
1) wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh/(m2·rok)], obliczona według przepisów wydanych na podstawie ustawy o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. z 2021 r. poz. 497), jest mniejsza lub równa wartości maksymalnej obliczonej zgodnie ze wzorem, o którym mowa w § 329 ust. 1 lub 3;

2) przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku odpowiadają przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w załączniku nr 2 do rozporządzenia.

1a. Wymagania minimalne, uznaje się za spełnione dla budynku podlegającego przebudowie,jeżeli przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku podlegające przebudowie odpowiadają przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w załączniku nr 2 do rozporządzenia.

Budynek powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby ograniczyć ryzyko przegrzewania budynku w okresie letnim.

Wymagania minimalne:

1) wartość wskaźnika EP [kWh/(m^{2}rok)] określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych - również do oświetlenia wbudowanego, obliczona według przepisów dotyczących metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków, jest mniejsza od wartości obliczonej zgodnie ze wzorem:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L;\ [kWh/(m^2 \cdot rok)]$$

2) przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku odpowiadają przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w załączniku nr 2 do rozporządzenia oraz powierzchnia okien odpowiada wymaganiom określonym w załączniku nr 2 do rozporządzenia.

Maksymalną wartość wskaźnika EP określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L \quad [kWh/(m^2 \cdot rok)]$$

gdzie:

EP_{H+W} - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

ΔEP_C - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia,

ΔEP_L - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia.

Nieodnawialna energia pierwotna, jest to energia ze źródeł nieodnawialnych, niezbędna by dostarczyć nam energię końcową, czyli tą za którą płacimy. W przypadku ogrzewania domu, będzie to ciepło zużyte przez cały system grzewczy, czyli to dostarczone do pomieszczeń plus straty ciepła z układu.

W przypadku czajnika na dostarczenie jednej kilowatogodziny energii elektrycznej do naszego domu, trzeba zużyć ponad 3 kilowatogodziny energii chemicznej pod postacią węgla w elektrowni.
Sprawność produkcji energii elektrycznej w elektrowni nie przekracza 35-40%, a trzeba jeszcze doliczyć straty energii elektrycznej na drodze od elektrowni do naszego odbiornika, które sięgają 1/10 energii dostarczanej przez elektrownię do sieci elektroenergetycznej.

W przypadku ogrzewania na węgiel, będzie to energia pod postacią węgla, ale też energia zużyta na jego wydobycie, przygotowanie (sortowanie, pakowanie) i transport do odbiorcy.

Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP wynoszą:

1) na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej:

Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej

Lp.	Rodzaj budynku	Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody EP_{H+W}[kWh/(m²·rok)]	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.*)
1	2	3	
1	Budynek mieszkalny: a) jednorodzinny b) wielorodzinny	 95 85	 70 65
2	Budynek zamieszkania zbiorowego	85	75
3	Budynek użyteczności publicznej: a) opieki zdrowotnej b) pozostałe	 290 60	 190 45
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	90	70

*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP wynoszą:

2) na potrzeby na potrzeby chłodzenia:

Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia

Lp.	Rodzaj budynku	Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia ΔEP_C [kWh/(m^2 · rok)]*)	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.**)
1	2	3	
1	Budynek mieszkalny: a) jednorodzinny b) wielorodzinny	$\Delta EP_C = 10 \cdot A_{f,C}/A_f$	$\Delta EP_C = 5 \cdot A_{f,C}/A_f$
2	Budynek zamieszkania zbiorowego	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{f,C}/A_f$	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{f,C}/A_f$
3	Budynek użyteczności publicznej: a) opieki zdrowotnej b) pozostałe		
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny		

gdzie:

A_f – powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (ogrzewana lub chłodzona), określona zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 15 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków [m^2],

$A_{f,C}$ – powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (chłodzona), określona zgodnie z ww. przepisami [m^2].

*) Jeżeli budynek posiada instalację chłodzenia, w przeciwnym przypadku $\Delta EP_C = 0$ kWh/(m^2·rok).

**) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP wynoszą:

3) na potrzeby oświetlenia :

Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia

Lp.	Rodzaj budynku	Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia ΔEP_L [kWh/(m^2·rok)] w zależności od czasu działania oświetlenia w ciągu roku t_0 [h/rok]*)	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.**)
1	2	3	
1	Budynek mieszkalny: a) jednorodzinny b) wielorodzinny	$\Delta EP_L = 0$	$\Delta EP_L = 0$
2	Budynek zamieszkania zbiorowego	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 50$ dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 100$	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 25$ dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 50$
3	Budynek użyteczności publicznej: a) opieki zdrowotnej b) pozostałe		
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny		

*) Jeżeli w budynku należy uwzględnić oświetlenie wbudowane, w przeciwnym przypadku $\Delta EP_L = 0$ kWh/(m^2·rok).

**) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Maksymalne dopuszczalne Uc max

Wartości współczynnika przenikania ciepła U_C ścian, dachów, stropów i stropodachów dla wszystkich rodzajów budynków, uwzględniające poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną oraz opady na dach o odwróconym układzie warstw, nie mogą być większe niż wartości $U_{C(max)}$ określone w tabeli:

Lp.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m² · K)]	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.*)
1	2	3	
1	Ściany zewnętrzne:		
	a) przy $t_i \geq 16°C$	0,23	0,20
	b) przy $8°C \leq t_i < 16°C$	0,45	0,45
	c) przy $t_i < 8°C$	0,90	0,90
2	Ściany wewnętrzne:		
	a) przy $\Delta t_i \geq 8°C$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00
	b) przy $\Delta t_i < 8°C$	bez wymagań	bez wymagań
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30
3	Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:		
	a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm	1,00	1,00
	b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70	0,70
4	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:		
	a) przy $t_i \geq 16°C$	0,18	0,15
	b) przy $8°C \leq t_i < 16°C$	0,30	0,30
	c) przy $t_i < 8°C$	0,70	0,70
6	Podłogi na gruncie:		
	a) przy $t_i \geq 16°C$	0,30	0,30
	b) przy $8°C \leq t_i < 16°C$	1,20	1,20
	c) przy $t_i < 8°C$	1,50	1,50

Maksymalne dopuszczalne Uc max

Wartości współczynnika przenikania ciepła U okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych nie mogą być większe niż wartości $U_{(max)}$ określone w tabeli:

Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m² · K)]	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.*)
1	2	3	
1	Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne:		
	a) przy $t_i \geq 16°C$	1,1	0,9
	b) przy $t_i < 16°C$	1,6	1,4
2	Okna połaciowe:		
	a) przy $t_i \geq 16°C$	1,3	1,1
	b) przy $t_i < 16°C$	1,6	1,4
3	Okna w ścianach wewnętrznych:		
	a) przy $\Delta t_i \geq 8°C$	1,3	1,1
	b) przy $\Delta t_i < 8°C$	bez wymagań	bez wymagań
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,3	1,1
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,5	1,3
5	Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	bez wymagań	bez wymagań

Pomieszczenie ogrzewane – pomieszczenie, w którym na skutek działania systemu ogrzewania lub w wyniku bilansu strat i zysków ciepła utrzymywana jest temperatura, której wartość została określona w § 134 ust. 2 rozporządzenia.

t_i – temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.

*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Wymagania dla izolacji przewodów

Izolacja cieplna przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach c.o., c.w.u. (cyrkulacyji), instalacji chłodu i ogrzewania powietrznego powinna spełniać wymagania minimalne określone w tabeli:

Lp.	Rodzaj przewodu lub komponentu	Minimalna grubość izolacji cieplnej (materiał o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0{,}035[W/(m \cdot K)]$[1)])
1	2	3
1	Średnica wewnętrzna do 22 mm	20 mm
2	Średnica wewnętrzna od 22 do 35 mm	30 mm
3	Średnica wewnętrzna od 35 do 100 mm	równa średnicy wewnętrznej rury
4	Średnica wewnętrzna ponad 100 mm	100 mm
5	Przewody i armatura wg lp. 1–4 przechodzące przez ściany lub stropy, skrzyżowania przewodów	50% wymagań z lp. 1–4
6	Przewody ogrzewań centralnych, przewody wody ciepłej i cyrkulacji instalacji ciepłej wody użytkowej wg lp. 1–4, ułożone w komponentach budowlanych między ogrzewanymi pomieszczeniami różnych użytkowników	50% wymagań z lp. 1–4
7	Przewody wg lp. 6 ułożone w podłodze	6 mm
8	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone w części ogrzewanej budynku)	40 mm
9	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone w części nieogrzewanej budynku)	80 mm
10	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone wewnątrz budynku[2)]	50% wymagań z lp. 1–4
11	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone na zewnątrz budynku[2)]	100% wymagań z lp. 1–4

Uwaga:
1) Przy zastosowaniu materiału izolacyjnego o innym współczynniku przewodzenia ciepła niż podany w tabeli – należy skorygować grubość warstwy izolacyjnej.
2) Izolacja cieplna wykonana jako powietrznoszczelna.

Obliczeniowe temperatury wewnętrzne

Do obliczania szczytowej mocy cieplnej należy przyjmować temperatury obliczeniowe zewnętrzne zgodnie z Polską Normą, a temperatury obliczeniowe ogrzewanych pomieszczeń - zgodnie z poniższą tabelą:

Temperatury obliczeniowe	Przeznaczenie lub sposób wykorzystywania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń
1	2	3
+5°C	- nieprzeznaczone na pobyt ludzi, - przemysłowe - podczas działania ogrzewania dyżurnego (jeżeli pozwalają na to względy technologiczne)	- magazyny bez stałej obsługi, - garaże indywidualne, - hale postojowe (bez remontów) , - akumulatornie, maszynownie i szyby dźwigów osobowych
+8°C	- w których nie występują zyski ciepła, a jednorazowy pobyt osób znajdujących się w ruchu i w okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 h,	- klatki schodowe w budynkach mieszkalnych,
	- w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., przekraczające 25 W na 1 m^3 kubatury pomieszczenia	- hale sprężarek, - pompownie, - kuźnie, hartownie, - wydziały obróbki cieplnej
+12°C	- 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,	- magazyny i składy wymagające stałej obsługi, - hole wejściowe, poczekalnie przy salach widowiskowych bez szatni,
	- w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., wynoszące od 10 do 25 W na 1 m^3 kubatury pomieszczenia	- hale pracy fizycznej o wydatku energetycznym powyżej 300 W, - hale formierni, - maszynownie chłodni, - ładownie akumulatorów, - hale targowe, - sklepy rybne i mięsne

Obliczeniowe temperatury wewnętrzne

Temperatury obliczeniowe	Przeznaczenie lub sposób wykorzystywania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń
1	2	3
+16°C	- w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone na pobyt ludzi: - w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej i stojącej,	- sale widowiskowe bez szatni, - ustępy publiczne, - szatnie okryć zewnętrznych, - hale produkcyjne, - sale gimnastyczne,
	- bez okryć zewnętrznych, znajdujących się w ruchu lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym do 300 W,	- kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe
	- w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., nieprzekraczające 10 W na 1 m^3 kubatury pomieszczenia	
+20°C	- przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej	- pokoje mieszkalne, - przedpokoje, - kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska gazowe lub elektryczne, - pokoje biurowe, sale posiedzeń
+24°C	- 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
*) Dopuszcza się przyjmowanie innych temperatur obliczeniowych dla ogrzewanych pomieszczeń niż jest to określone w tabeli, jeżeli wynika to z wymagańtechnologicznych.		

Projektowaną temperaturę zewnętrzną należy przyjmować zgodnie z:

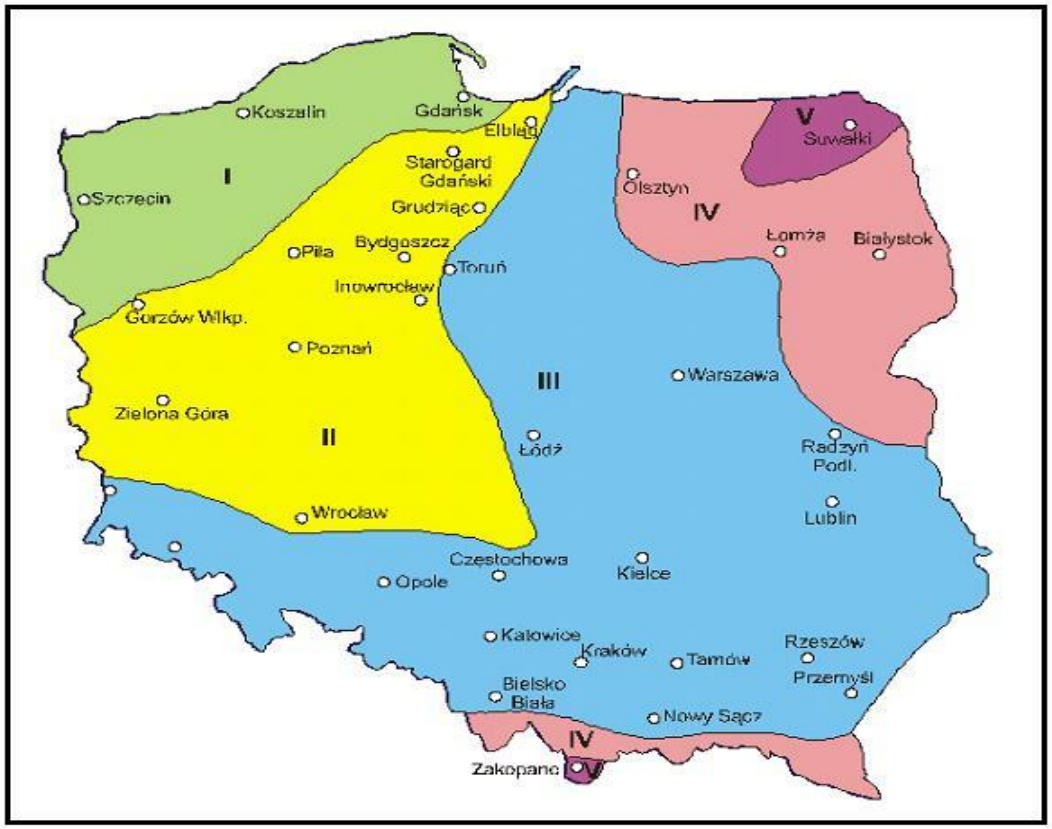
PN-EN 12831

Projektowana temperatura zewnętrzna wg normy PN-EN 12831 odpowiada obliczeniowej temperaturze powietrza na zewnątrz budynku zgodnie z normą PN-82/B-02403

Strefa klimatyczna	Projektowa temperatu-ra ze-wnętrzna, ºC	Średnia rocz-na tempera-tura ze-wnętrzna, ºC
I	–16	7,7
II	–18	7,9
III	–20	7,6
IV	–22	6,9
V	–24	5,5

Projektowane temperatury zewnętrzne

Jaką przyjmować temperaturę powietrza zewnętrznego?



TEMPERATURY OBLICZENIOWE ZEWNĘTRZNE:

STREFA I	-16°C
STREFA II	-18°C
STREFA III	-20°C
STREFA IV	-22°C
STREFA V	-24°C

Norma **PN-EN 12831:2006** :

„ Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego”

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,

Procedura obliczeniowa w odniesieniu do przestrzeni ogrzewanej

a) określenie wartości projektowej temperatury zewnętrznej i średniej rocznej temperatury zewnętrznej;

b) określenie statusu każdej przestrzeni oraz wartości projektowej temperatury wewnętrznej dla każdej przestrzeni ogrzewanej;

c) określenie charakterystyk wymiarowych i cieplnych elementów budynku dla wszystkich przestrzeni ogrzewanych i nieogrzewanych;

d) obliczenie wartości współczynnika projektowej straty ciepła przez przenikanie i następnie projektowej straty ciepła przez przenikanie przestrzeni ogrzewanej;

e) obliczenie wartości współczynnika projektowej wentylacyjnej straty ciepła i wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej;

f) obliczenie całkowitej projektowej straty ciepła;

g) obliczenie nadwyżki mocy cieplnej przestrzeni ogrzewanej, czyli dodatkowej mocy cieplnej, potrzebnej do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu;

h) obliczenie całkowitego projektowego obciążenia cieplnego przestrzeni ogrzewanej.

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:

a) obliczenie sumy projektowych strat ciepła przez przenikanie we wszystkich przestrzeniach ogrzewanych bez uwzględnienia ciepła wymienianego wewnątrz określonych granic instalacji;

b) obliczenie sumy projektowych wentylacyjnych strat ciepła wszystkich przestrzeni ogrzewanych bez uwzględniania ciepła wymienianego wewnątrz określonych granic instalacji;

c) obliczenie całkowitej projektowej straty ciepła budynku;

d) obliczenie całkowitej nadwyżki ciepła budynku, wymaganej do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu;

e) obliczenie obciążenia cieplnego budynku;

Obliczanie obciążenia cieplnego

Dane potrzebne do obliczenia pomieszczenia:

V_i - kubatura pomieszczenia,

A_k – powierzchnia każdej przegrody w pomieszczeniu,

U_k – współczynnik przenikania każdej przegrody w pomieszczeniu (wyliczane z punktu I.),

Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania dla każdego mostka cieplnego,

l_i – długość każdego liniowego mostka cieplnego,

θ_{int} – projektowana temp. wew. pomieszczenia (w innych normach odpowiada ti),

n_{min} – minimalna wartość krotności wymian (na podstawie typu pomieszczenia),

n_{50} – krotność wymian przy różnicy ciśnień 50 Pa (na podstawie typu budynku),

V_{inf} – strumień powietrza infiltrującego przez nieszczelności (wyliczane z wzoru poniżej),

V_{su} – strumień powietrza doprowadzanego do pomieszczenia (w przypadku went. mechanicznej),

V_{ex} – strumień powietrza odprowadzanego z pomieszczenia (wyliczany na podstawie kubatury i krotności wymian lub V_{su}),

η_V – sprawność instalacji odzysku (na podstawie wybranego typu instalacji went.)

Średnia roczna temperatura zewnętrzna

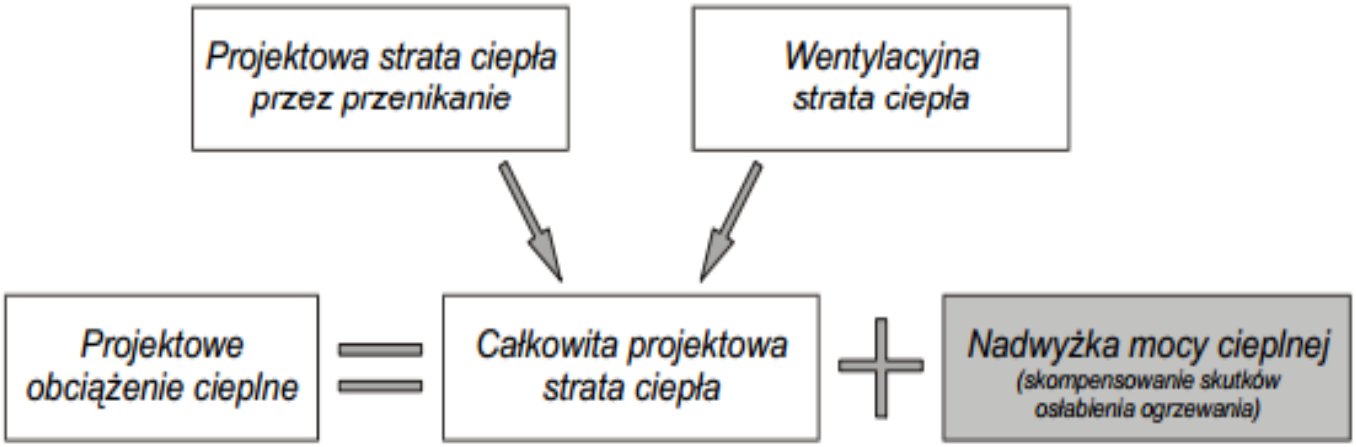
W PN-EN 12831 podano wartości średniej rocznej temperatury zewnętrznej, wykorzystywane do obliczania strat ciepła do gruntu oraz strat ciepła przez przenikanie do przyległych pomieszczeń.

Współczynnik projektowej straty ciepła

W nowej normie występuje pojęcie „**współczynnik projektowej straty ciepła**”.

Jest to stosunek straty ciepła (przez przenikanie lub wentylacyjnej) do projektowej różnicy temperatury. Jednostką współczynnika projektowej straty ciepła jest W/K.

Projektowe obciążenie cieplne – obok całkowitej projektowej straty ciepła – uwzględnia dodatkowo nadwyżkę mocy cieplnej, wymaganą do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania.



[Źródło 5]

Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej oblicza się w następujący sposób:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W] \qquad (1)$$

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

[Źródło 5]

Całkowita projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej

Do obliczania całkowitej projektowej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej w podstawowych przypadkach wg normy PN-EN 12831 służy następujący wzór:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W]$$

$\Phi_{T,i}$ – projektowa strata ciepła ogrzewanej przestrzeni przez przenikanie[W];

$\Phi_{V,i}$ – projektowa wentylacyjna strata ciepła ogrzewanej przestrzeni [W].

[Źródło 5]

Projektowa strata ciepła przez przenikanie

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

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

$H_{T,ie}$ – 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*), ºC;

θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, ºC.

[Źródło 5]

Obliczanie obciążenia cieplnego

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

A_k – powierzchnia elementu budynku (k), m^2;

U_k – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), W/m^2K;

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

Orientacyjne wartości współczynników korekcyjnych podane są w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006: $e_k=1$, $e_l = 1$

[Źródło 5]

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

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}, \quad \mathrm{W/m^2K}$$

U_{kc} – skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k), z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych, W/m^{2}K;

U_k – współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k), W/m^{2}K;

ΔU_{tb} – współczynnik korekcyjny w zależności od typu elementu budynku, W/m^{2}K.

[Źródło 5]

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

[Źródło 5]

Obliczanie obciążenia cieplnego

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

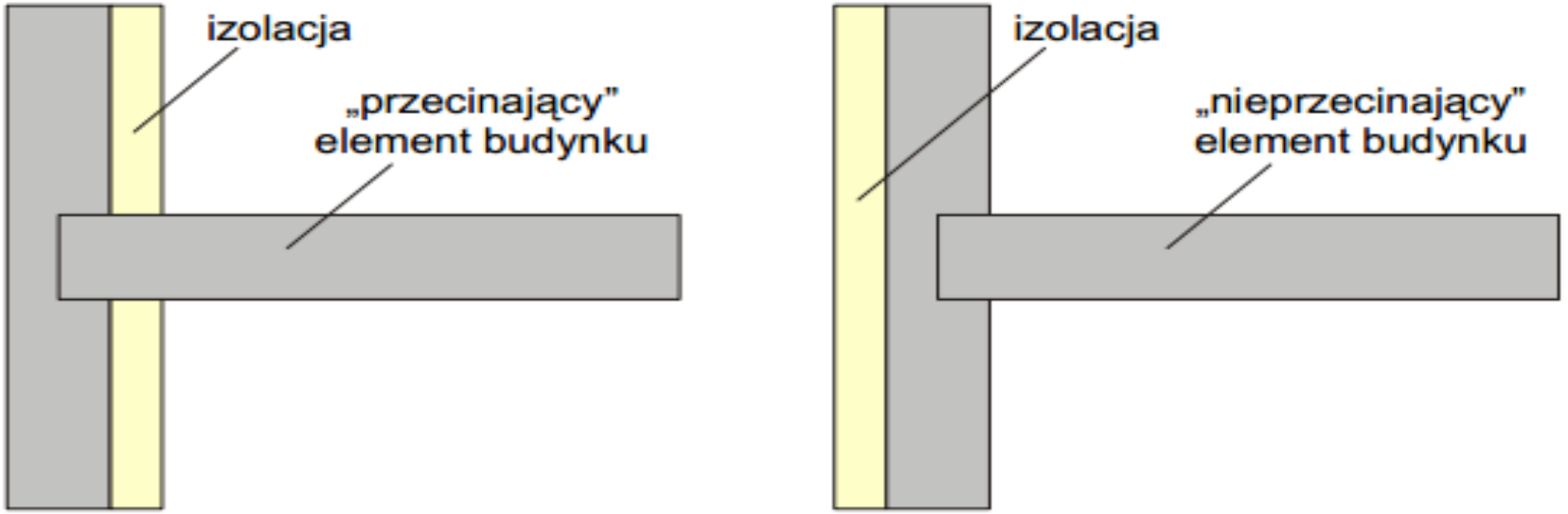
Element budynku			ΔU_{tb}, W/m^{2}K
Lekka podłoga (drewno, metal itd.)			0
Ciężka podłoga (beton, itd.)	Liczba boków będących w kontakcie ze środowiskiem zewnętrznym	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20

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

[Źródło 5]

Obliczanie obciążenia cieplnego



Element budynku „przecinający" i „nieprzecinający" izolację.

[Źródło 5]

Straty ciepła przez przestrzeń nieogrzewaną

W normie rozpatrzono 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:

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

A_k – powierzchnia elementu budynku (k) w metrach kwadratowych, m^2;

U_k – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), W/m^2K;

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.

[Źródło 5]

Współczynnik „bu” może być określony w jeden z następujących sposobów:

Jeśli temperatura przestrzeni nieogrzewanej jest znana

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e},$$

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), ºC;

θ_u – projektowa temperatura przestrzeni nieogrzewanej, ºC;

θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, ºC.

[Źródło 5]

Obliczanie obciążenia cieplnego

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
Podziemie[1]	
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 h^{-1})	0
Swobodnie wentylowane przestrzenie komunikacyjne (powierzchnia otworów/kubatura powierzchni > 0,005 m^2/m^3)	1,0
Przestrzeń podpodłogowa (podłoga nad przestrzenią nieprzechodnią)	0,8
Przejścia lub bramy przelotowe nieogrzewane, obustronnie zamknięte	0,9

[Źródło 5]

Straty ciepła między przestrzeniami ogrzewanymi do różnych wartości temperatury

Współczynnik HT,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.

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \quad \mathrm{W/K}$$

f_{ij} – współczynnik redukcyjny temperatury, uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni i projektowej temperatury zewnętrznej;
A_k – powierzchnia elementu budynku [m2];
U_k – współczynnik przenikania ciepła przegrody [W/m2K].

[Źródło 5]

Współczynnik redukcyjny temperatury określony jest następującym równaniem:

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

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej [°C];

$\theta_{przyległej\ przestrzeni}$ – projektowa temperatura przestrzeni przyległej [°C];

θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna [°C].

[Źródło 5]

Wartości orientacyjne temperatury przyległych przestrzeni ogrzewanych podano w tabeli, przy czym:
$\theta_{m,e}$ – roczna średnia temperatura zewnętrzna [°C].

Temperatura przyległych przestrzeni ogrzewanych [20]

Ciepło przekazywane z przestrzeni ogrzewanej (*i*) do:	$\vartheta_{przyległej\ przestrzeni}$, °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)	$\frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2}$
sąsiedniego pomieszczenia, należącego do oddzielnego budynku (ogrzewanego lub nieogrzewanego)	$\vartheta_{m,e}$

[Źródło 5]

Straty ciepła przez grunt

Strumień strat ciepła do gruntu może być obliczony w sposób:

- szczegółowy wg normy EN ISO 13370,
- uproszczony, opisany w normie PN-EN 12831:2006.

Metoda uproszczona polega na wykorzystaniu tabel lub wykresów, sporządzonych dla wybranych przypadków.

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:

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

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); W/m^2K;

G_w – współczynnik uwzględniający wpływ wody gruntowej.

[Źródło 5]

Współczynnik redukcji temperatury wynosi:

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

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej [°C];
θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna [°C],
$\theta_{m,e}$ – średnioroczna temperatura zewnętrzna [°C],

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

Gw = 1,15 jeśli odległość między założonym poziomem wody gruntowej i płytą podłogi jest mniejsza niż 1 m,

Gw = 1,00 w pozostałych przypadkach

[Źródło 5]

Wymiar charakterystyczny podłogi

Równoważny współczynnik przenikania ciepła dla podłogi na gruncie wyznacza się w zależności od wymiaru charakterystycznego podłogi B' (m).

Wymiar B' to pole powierzchni podłogi podzielone przez połowę obwodu:

$$B' = A/0,5P$$

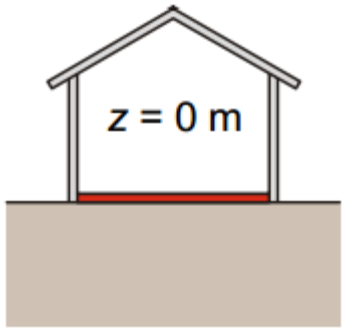
A - pole powierzchni podłogi, m2;
P - obwód podłogi (uwzględniający tylko ściany zewnętrzne), m.

Obwód podłogi P uwzględnia długość całkowitą ścian zewnętrznych, oddzielających ogrzewany budynek od otoczenia zewnętrznego lub nieogrzewanej przestrzeni, leżącej poza izolowaną obudową budynku.

[Źródło 5]

Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi na poziomie terenu

Wartość B' m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla z = 0 m) W/m²K				
	bez izolacji	$U_{podłogi}$ = 2,0 W/m²K	$U_{podłogi}$ = 1,0 W/m²K	$U_{podłogi}$ = 0,5 W/m²K	$U_{podłogi}$ = 0,25 W/m²K
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

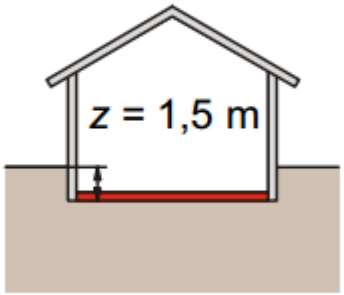


[Źródło 5]

Obliczanie obciążenia cieplnego

Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi ogrzewanego podziemia z płytą podłogi położoną 1,5 m poniżej poziomu terenu

Wartość B' m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla z = 1,5 m) W/m²K				
	bez izolacji	$U_{podłogi}$ = 2,0 W/m²K	$U_{podłogi}$ = 1,0 W/m²K	$U_{podłogi}$ = 0,5 W/m²K	$U_{podłogi}$ = 0,25 W/m²K
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



[Źródło 5]

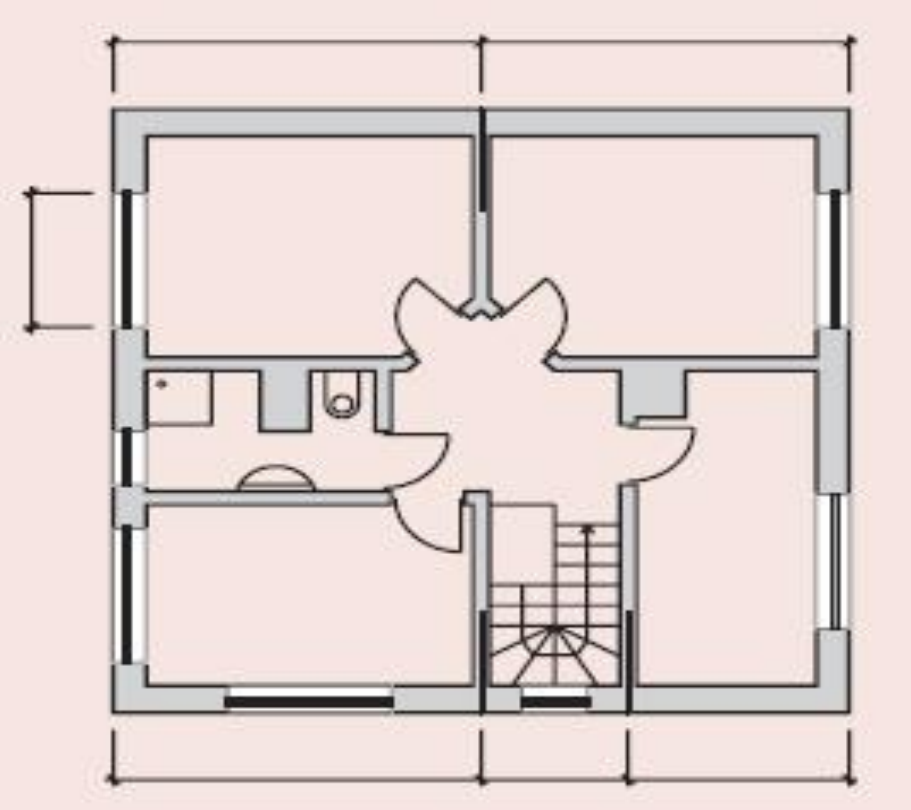
Wymiary

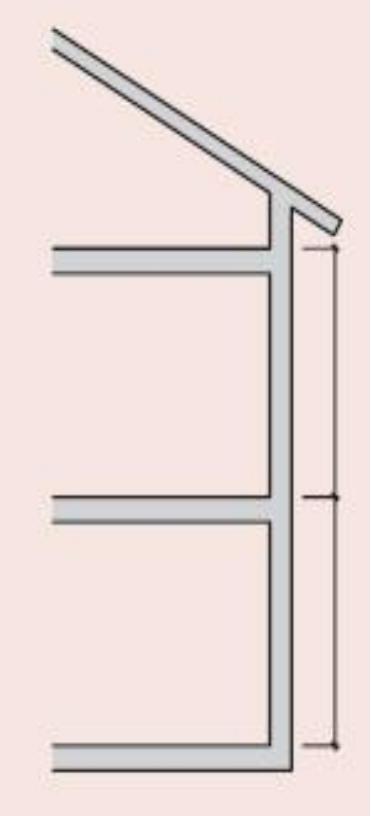
Zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 12831:2006, podczas obliczania strat ciepła przez przenikanie należy stosować **wymiary zewnętrzne**, czyli wymiary mierzone po zewnętrznej stronie budynku.

W czasie określania wymiarów poziomych uwzględnia się połowę grubości ograniczającej ściany wewnętrznej i całą grubość ograniczającej ściany zewnętrznej.

Natomiast wysokość ściany mierzy się pomiędzy powierzchniami podłóg.

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. Wysokość ściany mierzy się pomiędzy powierzchniami podłóg.





[Źródło 5]

Mostki cieplne

Uwzględnianie w obliczeniach mostków cieplnych:

- wg normy EN ISO 10211-2,

- w sposób przybliżony z wykorzystaniem wartości stabelaryzowanych podanych w normie EN ISO 14683,

- metodą uproszczoną z użyciem współczynnika korekcyjnego, którego wartości podano w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831.

„Strata do sąsiada”

Według normy temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu przyjmuje się na podstawie przeznaczenia, tylko jeśli należy ono do tej samej jednostki budynku (np. do mieszkania).

Natomiast jeżeli pomieszczenie należy do innej jednostki, to do obliczania straty ciepła przyjmuje się średnią arytmetyczną z projektowej temperatury wewnętrznej i rocznej średniej temperatury zewnętrznej.

Z kolei, gdy sąsiednie pomieszczenie należy do oddzielnego budynku (budynku przyległego), przyjmuje się roczną średnią temperaturę zewnętrzną.

Należy również podkreślić, że opisane „straty ciepła do sąsiada" ciepła uwzględnia się w obliczeniach obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń w celu doboru grzejników, natomiast nie uwzględnia się ich podczas określania obciążenia cieplnego całego budynku w celu doboru źródła ciepła.

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

Wentylacyjna strata ciepła

Wzór do obliczania projektowej wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad \text{W}$$

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

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), ºC;

θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, ºC.

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

V_i = strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej (i), m3/h.

[Źródło 5]

Wentylacyjna strata ciepła

W przypadku wentylacji naturalnej, jako wartość strumienia powietrza wentylacyjnego przyjmuje się wartość większą z następujących dwóch wielkości:

- strumienia powietrza na drodze infiltracji,
- minimalnej wartości strumienia powietrza wentylacyjnego, wymaganej ze względów higienicznych.

$$\dot{V}_i = \max\left(\dot{V}_{inf,i},\ \dot{V}_{min,i}\right) \quad [m^3/h] \qquad (6)$$

[Źródło 5]

Wentylacyjna strata ciepła

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

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 , h^{-1};

e_i – współczynnik osłonięcia

ε_i – współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu

[Źródło 5]

Wentylacyjna strata ciepła

Krotność wymiany powietrza dotycząca całego budynku

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

Współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość

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

[Źródło 5]

Wentylacyjna strata ciepła

Współczynnik osłonięcia.

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

[Źródło 5]

Wentylacyjna strata ciepła

Minimalny strumień objętości powietrza,wymagany ze względów higienicznych, dopływający do przestrzeni ogrzewanej określa się w sposób następujący:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [m^3/h] \qquad (7)$$

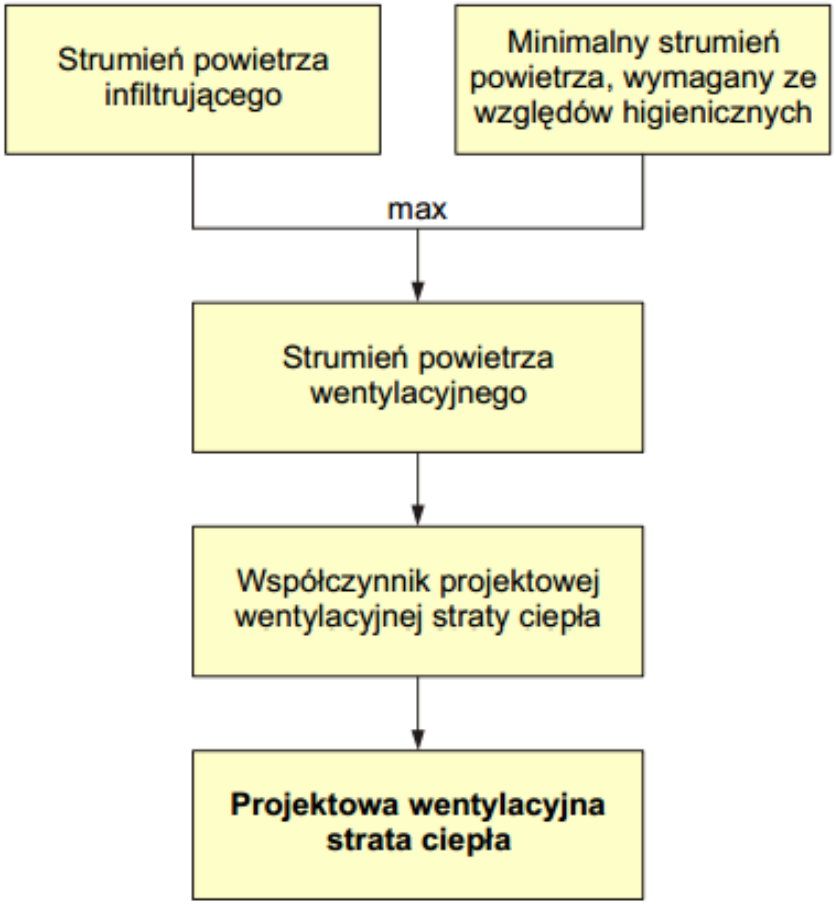
n_{min} – minimalna krotność wymiany powietrza na godzinę [1/h];
V_i – kubatura przestrzeni ogrzewanej (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych) [m3].

Minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego

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

[Źródło 5]

Wentylacyjna strata ciepła



Projektowane obciążenie cieplne

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W] \qquad (1)$$

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

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

Ai – wewnętrzna powierzchnia podłogi przestrzeni ogrzewanej (i), m2;

f_{RH} – współczynnik nagrzewania

[Źródło 5]

Projektowane obciążenie cieplne

Współczynnik nagrzewania w budynkach niemieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 12 h

Czas nagrzewania, godz.	Współczynnik nagrzewania f_{RH}, W/m²								
	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.

[Źródło 5]

Projektowane obciążenie cieplne

Współczynnik nagrzewania w budynkach mieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 8 h

Czas nagrzewania, godz.	Współczynnik nagrzewania f_{RH}, W/m²		
	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.

[Źródło 5]

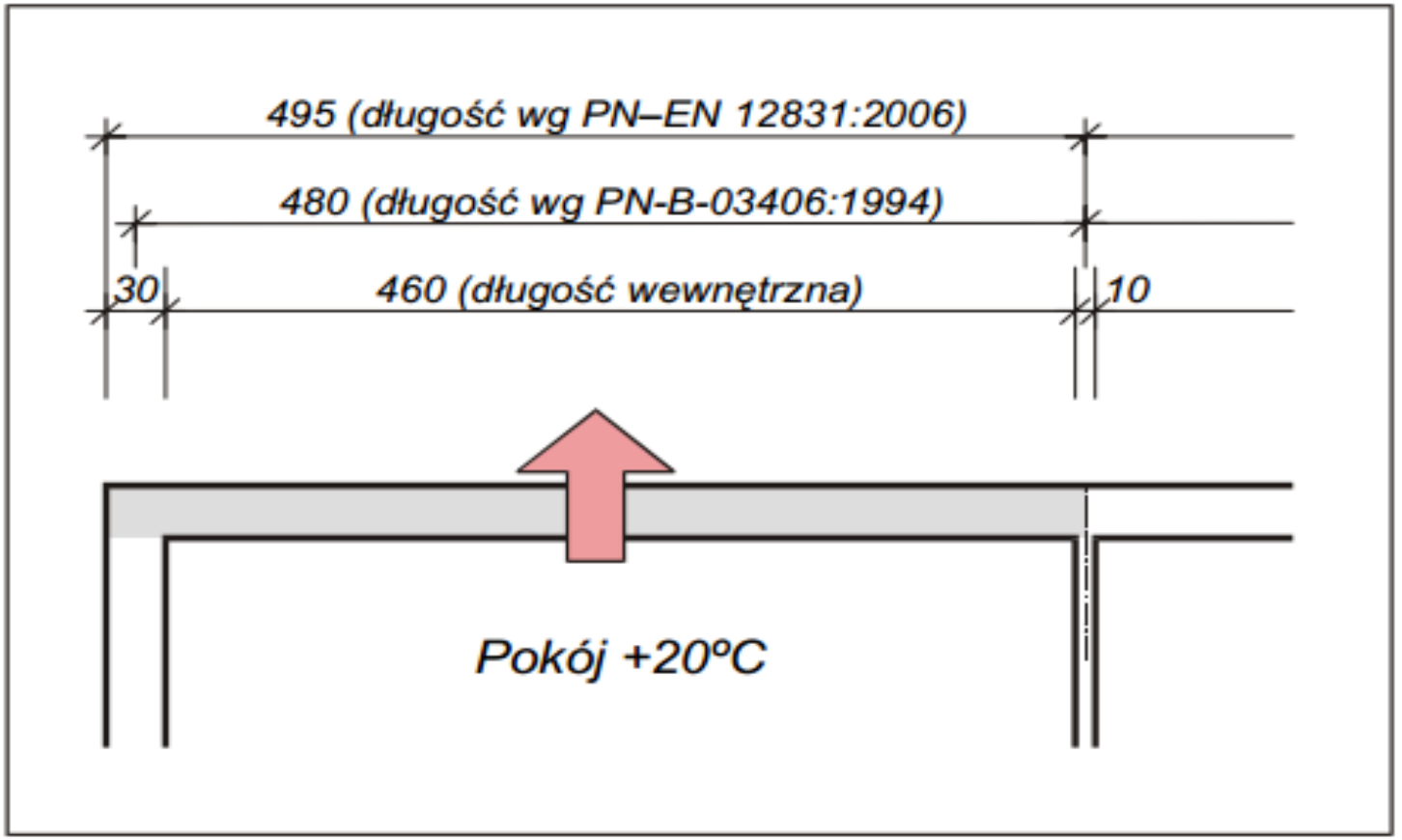
Przykład 1

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

Założenia:

– współczynnik przenikania ciepła: 0,29 W/m2 K,
– wysokość zewnętrzna ściany: 3,20 m,
– grubość stropów: 35 cm,
– kubatura pomieszczenia ≤100 m3 ,
– liczba stropów przecinających izolację: 0,
– liczba przecinanych ścian: 0,
– lokalizacja: Kraków.

Przykład 1


495 (długość wg PN–EN 12831:2006)
480 (długość wg PN-B-03406:1994)
30
460 (długość wewnętrzna)
10
Pokój +20°C

Przykład 1

Współczynnik korekcyjny ΔU_{tb} ustalamy na podstawie tabeli

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

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:

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

Dobór grzejnika

Wydajność cieplna grzejnika określa się z zależności:

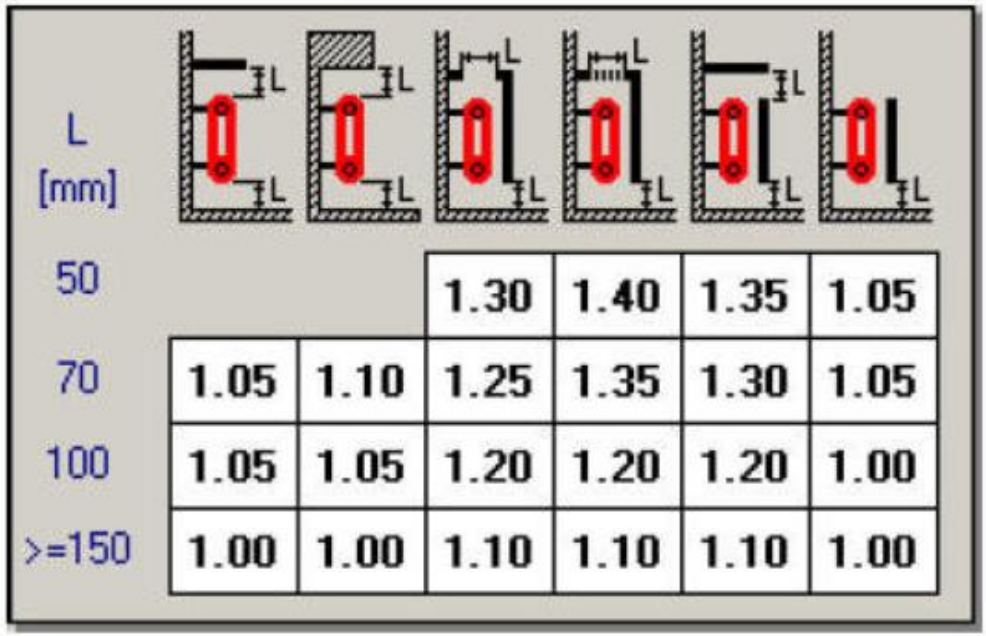
$$Q_{grz} = (Q_{pom} - Q_{pp} - Q_p) \times \beta_T \times \beta_U \times \beta_p \times \beta_o \times \beta_s$$

gdzie:
Qgrz – zapotrzebowanie na moc cieplną grzejnika
Qpom- straty ciepła w pomieszczeniu
Qpp- wydajność ciepła „pionopiętra" pochodząca od rur pionu c.o. (w przypadku braku pionów c.o. w pomieszczeniu lub ich zaizolowaniu =0) [W]
Qp – zyski ciepła od innych źródeł ciepła [W]
βT – współczynnik poprawkowy uwzględniający wyposażenie grzejnika w zawór termostatyczny (1,0 bez zaworu, 1,15 z zaworem)
βU – współczynnik uwzględniający miejsce usytuowania grzejnika (1,0 – grzejnik umieszczony pod oknem na ścianie zewnętrznej, 1,1 – grzejnik umieszczony na ścianie wewnętrznej przeciwległej do ściany zewnętrznej z oknem, 1,2-1,25 – grzejnik umieszczony na ścianie wewnętrznej pod stropem)
βp – współczynnik poprawkowy uwzględniający sposób podłączenia grzejnika innego niż zalecane przez producenta (np. grzejniki PURMO podłączane z boku wymagają zasilania od góry a powrotu na dole, odwrotne podłączenia powoduje spadek mocy o 50% czyli βp=2,0 , zasilanie siodłowe spadek o 10-15%, zasilanie grzejników dolne wykonane odwrotnie – spadek mocy do 60%)
βo – współczynnik uwzględniający wpływ osłonięcia grzejnika według tabeli

[www.instani.pl]

Dobór grzejnika

βo – współczynnik uwzględniający wpływ osłonięcia grzejnika według tabeli



L [mm]						
50			1.30	1.40	1.35	1.05
70	1.05	1.10	1.25	1.35	1.30	1.05
100	1.05	1.05	1.20	1.20	1.20	1.00
>=150	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.00

Współczynnik osłonięcia grzejnika

[www.instani.pl]

Dobór grzejnika

Dodatek **βS** uwzględniający wpływ wychłodzenia wody w dwururowej sieci rozdzielczej z nieizolowanych rur stalowych. W przypadku rur izolowanych dodatek jest zmniejszony o połowę. N oznacza liczbę kondygnacji w budynku.

	Kondygnacja budynku															
N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
1	1.00															
2	1.00	1.05														
3	1.00	1.03	1.08													
4	1.00	1.02	1.04	1.09												
5	1.00	1.01	1.03	1.05	1.10											
6	1.00	1.01	1.02	1.04	1.06	1.11										
7	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.12									
8	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.08	1.13								
9	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.09	1.14							
10	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07	1.09	1.14						
11	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07	1.10	1.15					
12	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.08	1.10	1.15				
13	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.08	1.11	1.16			
14	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.07	1.08	1.11	1.16		
15	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.09	1.11	1.16	
16	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.06	1.07	1.09	1.12	1.17

[www.instani.pl]

Określenie grubości izolacji cieplej

Określenie grubości izolacji cieplej

Podstawowym parametrem określającym właściwości izolacyjne przegrody budowlanej jest współczynnik przenikania ciepła.

Wartość tego parametru podaje się w projekcie nowo projektowanego budynku (jest to jeden z elementów charakterystyki energetycznej budynku) w celu wykazania zgodności z aktualnymi przepisami budowlanymi – **rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie**.

Bardzo ważne jest, aby współczynnik ten został poprawnie określony, a następnie odpowiednio zastosowany przy obliczaniu wskaźników zapotrzebowania na energię użytkową i końcową na potrzeby ogrzewania oraz zapotrzebowania na energię pierwotną EP. Przekłada się to bowiem na koszty eksploatacyjne obiektu, a także na inne właściwości, takie jak wskaźniki ekologiczne czy odczucie komfortu cieplnego użytkowników budynku.

Określenie grubości izolacji cieplej

W większości przypadków granicę opłacalności stosowania izolacji wyznacza współczynnik przenikania ciepła U na poziomie 0,15-0,20 W/(m²K), ale najczęściej przyjmuje się ok. 0,20 W/(m²K).

W ścianach szkieletowych, przy izolacji poddaszy oraz w ścianach trójwarstwowych o cienkich ścianach nośnych, wystarczy brać pod uwagę ciepłochronność samego ocieplenia. Dzielimy wtedy przewodność cieplną materiału przez wymagany współczynnik U i otrzymujemy potrzebną grubość ocieplenia w metrach.

Przykładowo, przy założeniu, że chcemy uzyskać współczynnik przenikania izolacji poddasza równy 0,20 W/(m²K) i użyjemy do tego celu wełny mineralnej o współczynniku λ 0,04 W/(mK) grubość materiału wyniesie:

d = λ : U = 0,04 : 0,20 = 0, 2 m czyli 20 cm.

Określenie grubości izolacji cieplej

W ścianach warstwowych wyznaczenie grubości izolacji będzie trudniejsze. Musimy bowiem znać przewodność cieplną warstwy konstrukcyjnej oraz jej grubość. Informację o ciepłochronności bloczków czy pustaków możemy uzyskać od ich producenta.

Orientacyjne współczynniki λ najczęściej używanych materiałów:
- bloczki z betonu komórkowego odmiany 600 – 0,13 W/(mK);
- pustaki szczelinowe typu Max – 0,45 W/(mK);
- bloczki silikatowe – 0,80 W/(mK).

Wyliczenie ciepłochronności samego muru polega na podzieleniu współczynnika λ danego materiału przez jego grubość wyrażoną w metrach. Przenikalność cieplna ściany z pustaka z betonu komórkowego o grubości d = 25 cm (0,25 m) wyniesie:

$U = \lambda / d = 0,13 : 0,25 = 0,52\ W/(m^2K)$.

Określenie grubości izolacji cieplej

Aby uzyskać wymaganą ciepłochronność ściany, musimy następnie określić potrzebną grubość izolacji.
Przy takich wyliczenia najwygodniej posłużyć się sumą oporów cieplnych poszczególnych warstw. Opór cieplny R jest odwrotnością przenikalności cieplnej U i wyznaczamy go ze wzoru R = 1 : U. W przykładowej ścianie wyniesie on więc:

$R_m = 1 : 0{,}52 = 1{,}92\ (m^2K)/W.$

Zakładamy, że chcemy uzyskać ciepłochronność izolowanej przegrody o wartości U= 0,25 W/(m²K), co odpowiada oporowi całkowitemu
$R_c = 1 : U = 1 : 0{,}25 = 4\ (m^2K)/W.$ Ponieważ opory cieplne poszczególnych warstw sumują się, więc opór cieplny warstwy izolacyjnej powinien wynieść:

$R = R_c - R_m = 4 - 1{,}92 = 2{,}08\ (m^2K)/W.$

Określenie grubości izolacji cieplej

Po zamianie oporu na przenikalność Ui = 1 : Ri otrzymamy Ui = 0,48 W/(m²K).

Taką izolacyjność uzyskamy po ułożeniu warstwy ocieplającej grubości 9 cm (di = 0,04 : 0,48 = 0,083 m około 9cm).

W powyższych obliczeniach nie uwzględniono warstw tynku, ani współczynników odpływu i napływu ciepła na powierzchniach zewnętrznych oraz wewnętrznych. Rzeczywista ciepłochronność przegrody będzie więc nieco lepsza niż obliczeniowa.

Dziękuję za uwagę

Zapraszam na kolejny wykład

mgr inż. Alina Jeszke-Tymkowska