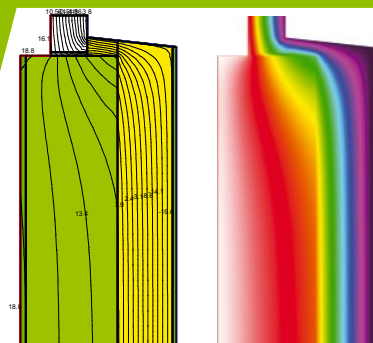


Karty mostków cieplnych

Wybrane rozwiązania redukujące wpływ mostków na efektywność energetyczną budynku



Wprowadzenie

Projektowanie przegród z zastosowaniem izolacji cieplnej ISOVER z uwagi na mostki liniowe



Fot 1. Budynek Sejmu RP, Warszawa ul. Wiejska (stan na 2008 r.)

Spełnienie wymagań w zakresie **ochrony cieplnej budynku i oszczędności energii** jest obowiązkiem prawnym. Wynika ono z zapisu w Warunkach Technicznych [Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych (WT), jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690) wraz z późniejszymi zmianami] i stanowi jedno z siedmiu wymagań podstawowych stawianych budynkom [Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. Nr 89, poz. 414) z późniejszymi zmianami].

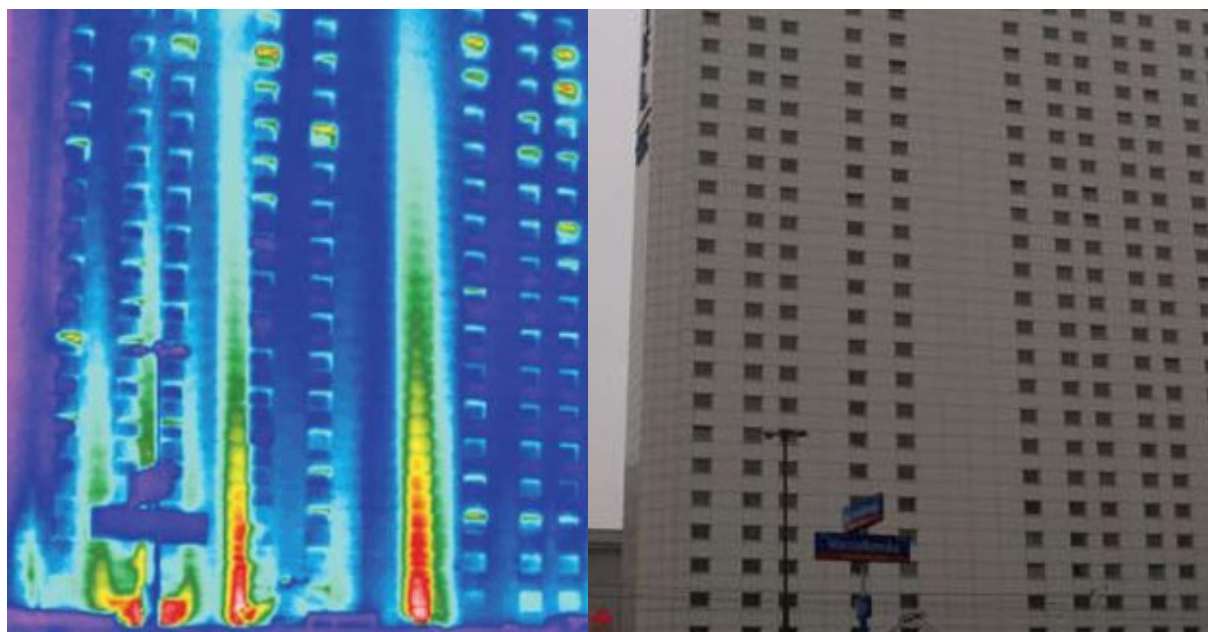
Ponadto zmieniające się wymagania inwestorów oraz projektantów w zakresie estetyki, trwałości, efektywności energetycznej rozwiązań czy izolacyjności cieplnej przegród wpływają bezpośrednio na wybierane technologie i sposób ich wykonania.

Od stycznia 2014r weszły w życie nowe Warunki Techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wspomniane Rozporządzenie w znaczący sposób zmienia podejście do tematu projektowania i wykonywania obiektów, stopniowo zaostrzając wymagania dotyczące oszczędności energii i izolacyjności cieplnej budynków.

Zgodnie z nowymi wytycznymi wymagane jest **spełnienie przez budynek jednocześnie wymagań** w zakresie :

- **izolacyjności cieplnej przegród opisaną współczynnikiem przenikania ciepła przegrody U_c [W/m^2K]** (z uwzględnieniem mostków punktowych wynikających z wpływu pustek powietrznych w warstwie izolacji, łączników mechanicznych przechodzących przez warstwę izolacyjną oraz opady na dach o odwróconym układzie warstw) oraz
- **wskaźnika EP [$kWh/(m^2*rok)$]** – określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, przygotowania c.w.u i chłodzenia, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych również do oświetlenia wbudowanego.

O ile dobór prawidłowych rozwiązań pod wymagania izolacyjności cieplnej nie stwarza większych trudności, to kształtowanie budynku pod kątem jego efektywności energetycznej jest tematem bardziej złożonym i niejednokrotnie może okazać się kłopotliwe.



Fot 2. Budynek hotelu Novotel, Warszawa ul. Marszałkowska (stan na 2008 r.)

Istotny wpływ na bilans energetyczny budynku, zwłaszcza na straty ciepła przez przenikanie, a tym samym na wartość wskaźnika EP **mają liniowe mostki cieplne** wynikające z przyjętych rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych, stąd każdorazowo powinny być one uwzględniane w projektowanym obiekcie.

Oddziaływanie mostków cieplnych na parametry użytkowe budynku może być zmienne i zależy od wielu czynników, w tym m.in.:

- geometrii i kształtu budynku
- długości mostka liniowego
- konstrukcji przegrody i jej komponentów
- rodzaju i grubości izolacji
- sposobu określania powierzchni przegrody (wymiary zewnętrzne),
- różnicy temperatur pomiędzy wnętrzem budynku a środowiskiem zewn.
- precyzji montażu.

W zależności od powyższych uwarunkowań mamy do czynienia z **mostkami punktowymi i/lub mostkami liniowymi**.

W konstrukcjach budynków bogatych w balkony, wykusze, o geometrii z dużą ilością narożników udział mostków cieplnych w stratach ciepła przez przenikanie może wynieść nawet kilkanaście procent.

W typowych budynkach o prostej bryle udział strat ciepła przez te mostki nie przekracza 4-5%.

W przypadku budynków energooszczędnych czy pasywnych – łączny wpływ mostków cieplnych powinien być jak najmniejszy, bliski zeru.

Nie oznacza to, że mostki cieplne da się całkowicie wyeliminować. Nawet w budynkach efektywnych energetycznie w pewnych miejscach mostki cieplne są nie do uniknięcia.

Należy równocześnie pamiętać, że w budynku występują również ujemne mostki cieplne. Wynika to zazwyczaj z geometrii konkretnego detalu oraz metodyki obliczeń strat ciepła po wymiarach zewnętrznych budynku – skorygowania „podwójnego” naliczania straty ciepła na łączącym odcinku. Sytuacje takie występują np. w węzłach i narożach ścian, połączeniach ściana – podłoga na gruncie, ścianastrop, połączeniach okapu. W takich sytuacjach wartości ujemne świadczą o prawidłowym naliczaniu strat ciepła, jednak każdorazowo taki przypadek należy rozpatrywać i interpretować indywidualnie.

Wprowadzenie

Z uwagi na złożoność zagadnień związanych z tematyką mostków liniowych, aby ułatwić Państwu dobór najlepszych rozwiązań – oddajemy w Państwa ręce narzędzie pomocne w projektowaniu – w postaci kompletnych kart mostków wybranych detali projektowych z wykorzystaniem wełny ISOVER.

W kartach tych pokazujemy 10 popularnych rozwiązań detali konstrukcyjnych, z podanymi wartościami mostków cieplnych, każdy przedstawiony w dwóch wersjach :

- (a) **rekomendowanej przez ISOVER** – pozwalającej dzięki niewielkim zabiegom projektowym znacząco zminimalizować wpływ mostków liniowych lub je całkowicie wyeliminować
- (b) **standardowej** – zazwyczaj stosowanej, często generującej znaczne mostki cieplne

Omawiane detale konstrukcyjne dotyczą poniższych zagadnień projektowych:

Rozwiązanie 1:	Ściana budynku halowego wykonana na bazie stalowych kaset wzdłużnych (głębokości 12cm)
Rozwiązanie 2:	Ściana budynku halowego wykonana na bazie stalowych kaset wzdłużnych (głębokości 20cm)
Rozwiązanie 3:	Ściana warstwowa – mostki liniowe wynikające z konstrukcji wsporczej w postaci żetowników stalowych
Rozwiązanie 4:	Podłoga na gruncie, niepodpiwniczona
Rozwiązanie 5:	Podłoga w piwnicy ogrzewanej
Rozwiązanie 6:	Strop nad piwnicą nieogrzewaną
Rozwiązanie 7:	Połączenie okna z parapetem
Rozwiązanie 8:	Izolacja attyki dachu płaskiego
Rozwiązanie 9:	Izolacja zewnętrznej rolety okiennej
Rozwiązanie 10:	Izolacja ścian zewnętrznych od środka

Obliczenia mostków zostały wykonane na zlecenie ISOVER przez **Narodową Agencję Poszanowania Energii (NAPE)**, zgodnie z obowiązującymi normami.

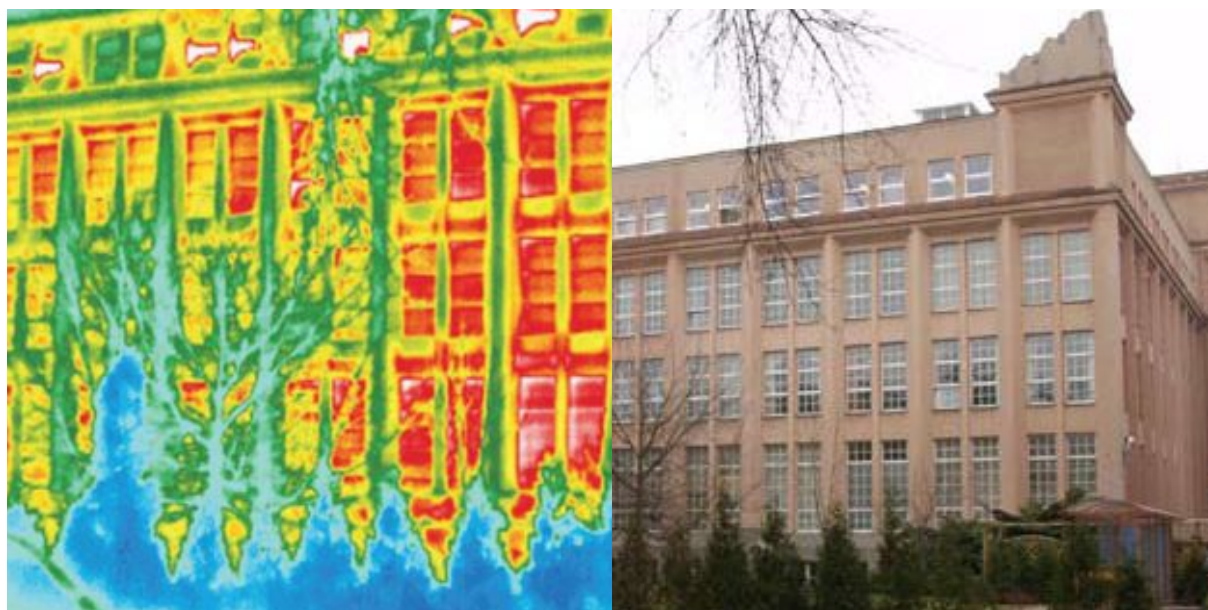


NARODOWA
AGENCJA
POSZANOWANIA
ENERGII S.A.

Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A. została założona w 1994 roku w celu upowszechniania inwestycji energooszczędnych i promowania racjonalnego wykorzystania energii, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.



www.nape.pl



Fot 3. Budynek Szkoły Głównej Handlowej (SGH), Warszawa Al. Niepodległości (stan na 2008 r.)

Analizując dane zawarte w omawianych kartach można zauważyć, że wpływ mostków cieplnych w prezentowanych rozwiązaniach materiałowo-konstrukcyjnych jest znaczny, co potwierdza zasadność odpowiedniego projektowania pod tym kątem.

Tylko przemyślane detale projektowe oraz precyzyjne ich wykonanie pozwolą wyeliminować większość mostków lub maksymalnie zminimalizować ich negatywny wpływ na chłonność energetyczną budynku.

Dzięki zaprojektowaniu rekomendowanych przez nas rozwiązań zyskujecie Państwo pewność, że:

- rozwiązania te spełniają wymagania izolacyjności cieplnej przegród,
- występowanie liniowych mostków cieplnych w omawianych rozwiązaniach zostało ograniczone do minimum,
- zastosowana w nich izolacja cieplna ISOVER w postaci wełny szklanej i skalnej spełnia wszystkie deklarowane parametry i stanowi o skuteczności rozwiązania zwłaszcza pod kątem parametrów termicznych,
- wybrane rozwiązania to rozwiązania energooszczędne, zaprojektowane co najmniej w standardzie NF40.

Serdecznie zachęcamy do korzystania z niniejszego opracowania.

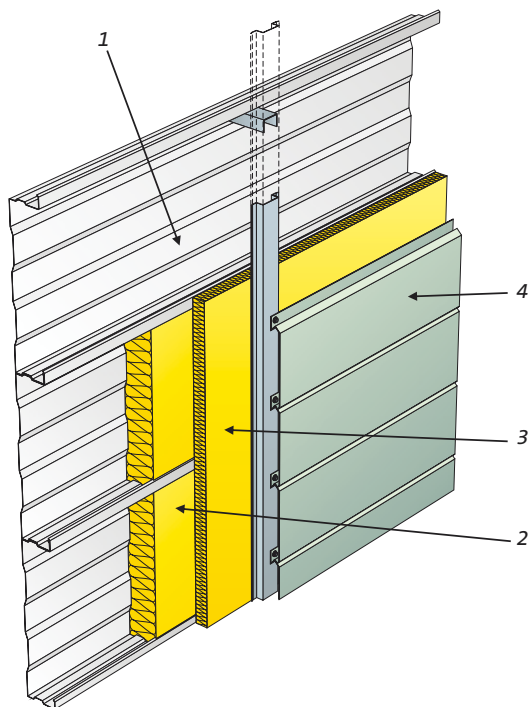
Biuro Doradztwa Technicznego ISOVER
Infolinia: 800 163 121
e-mail:
konsultanci.isover@saint-gobain.com

Rozwiązanie 1a – REKOMENDOWANE

6

Ściana budynku halowego wykonana na bazie stalowych kaset wzdłużnych (głębokości 12cm) rozwiązanie z dwuwarstwową izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 1.1.a)



1 Kasetka wewnętrzna stalowa, gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00$ W/mK

2 Wełna szklana ISOVER gr. 12cm, $\lambda = 0,03$ W/mK

3 Wełna szklana ISOVER gr. 5cm, $\lambda = 0,03$ W/mK

4 Okładzina zewnętrzna stalowa gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00$ W/mK

Stal, połączenie na złączach kaset gr. 0,075cm, co 60cm, $\lambda = 52,00$ W/mK

Współczynnik U dla ściany

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	L [m]
------	----------	---------------------	---------------------------	---------------------------	----------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,171$ [W/m ² K]	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Stalowa kasetka wzdłużna	0,00075	52,00	0,000		
▶ Wełna szklana ISOVER	0,12000	0,03	4,000		
▶ Wełna szklana ISOVER	0,05000	0,03	1,667		
▶ Stalowa okładzina zewnętrzna	0,00075	52,00	0,000		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,171	-	5,837	0,171	1,000

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 1.1.a)

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków na złączach kaset) i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania z rys. 1.1a.

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych na złączach kaset:
(dla przyjętego rozwiązania – rys. 1.1.a):

$$U_c = 0,221 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,05 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot \text{Lenght} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,221 \cdot 1,000 - 0,171 \cdot 1,000 = 0,05 \text{ [W/mK]}$$

Do porównania: rozwiązanie standardowe z jednowarstwowym układem izolacji (bez warstwy nr 3 na rys. 1.1a) – szczegóły w rozwiązaniu 1b

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych:

$$U_c = 0,428 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

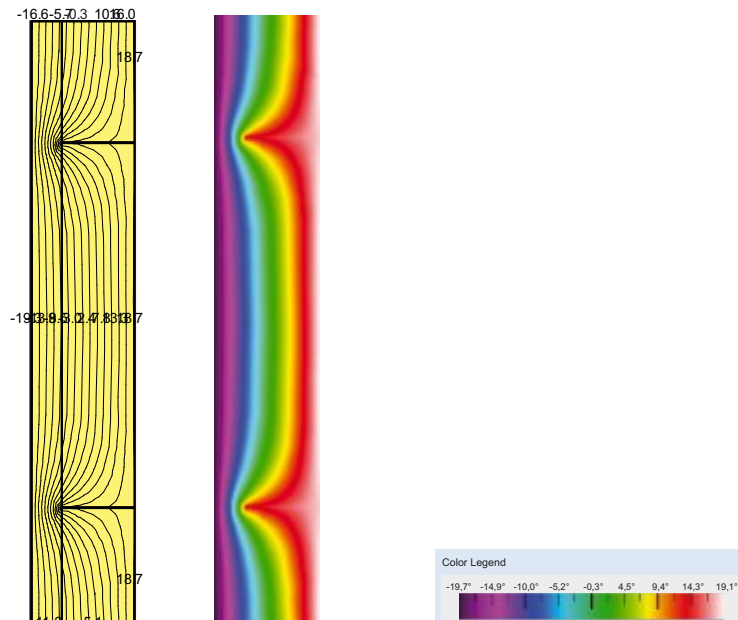
$$\Psi_e = 0,198 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej (z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych dla przegród niejednorodnych):
 $U_c = 0,221 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.
- Umieszczenie dodatkowej ciągłej warstwy izolacji od strony zewnętrznej /3/ w postaci wełny o bardzo dobrych parametrach izolacyjnych ($\lambda = 0,030 \text{ [W/mK]}$) przyczynia się do znacznej redukcji mostka ciepła w porównaniu do rozwiązania bez tej warstwy: o ponad 70%.
- Zaproponowane rozwiązanie o wartości mostka liniowego na poziomie 0,05 [W/mK] spełnia wymagania budynków energooszczędnych (graniczna wartość współczynnika liniowego mostka ciepła w standardzie NF40 wynosi 0,1 [W/mK]).
- Z uwagi na powyższe rozwiązaniem rekomendowanym dla ścian hal jest zachowanie ciągłości izolacji oraz jej warstwowy układ (wełna w kasecie + druga warstwa izolacji o jak najlepszych parametrach cieplnych przykrywająca złącza kaset) zmniejszający wpływ mostków liniowych wynikających z konstrukcji.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

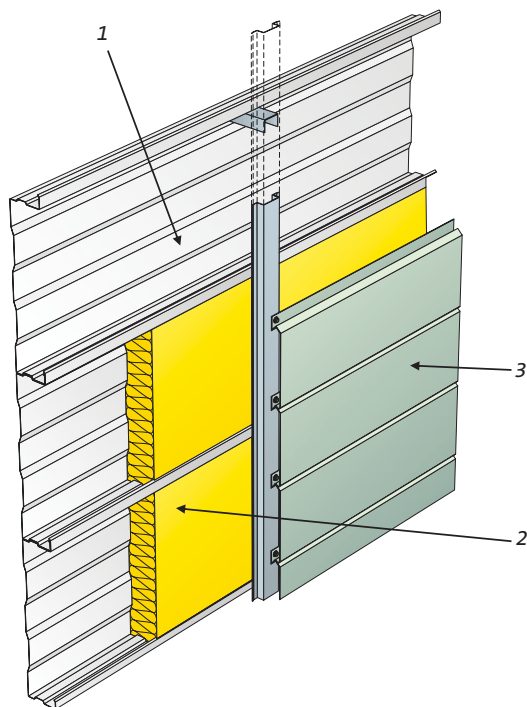
Izotermia i rozkład temperatur (rys. 1.2.a)



Rozwiązanie 1b – STANDARDOWE

Ściana budynku halowego wykonana na bazie stalowych kaset wzdluznych (głębokości 12cm) rozwiązanie z jednowarstwową izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 1.1.b)



▶	Kaseta wewnętrzna stalowa, gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00 \text{ W/mK}$
▶	Wełna szklana ISOVER gr. 12cm, $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$
▶	Okładzina zewnętrzna stalowa gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00 \text{ W/mK}$
	Warstwa powietrza słabo wentylowana gr. 5cm, $\lambda = 0,28 \text{ W/mK}$
	Stal, połączenie na złączach kaset gr. 0,075cm, co 60cm, $\lambda = 52,00 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	L [m]
------	----------	---------------------	---------------------------	---------------------------	----------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,230 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Stalowa kaseta wzdluzna	0,00075	52,00	0,000		
▶ Wełna szklana ISOVER	0,12000	0,03	4,009		
Warstwa powietrza słabo wentylowana	0,05000	0,28	0,179		
▶ Stalowa okładzina zewnętrzna	0,00075	52,00	0,000		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,171	-	4,349	0,230	1,000

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 1.1.b)

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków na złączach kaset) i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania z rys. 1.1b

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych na złączach kaset:

$$U_c = 0,428 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,198 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot \text{Lenght} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

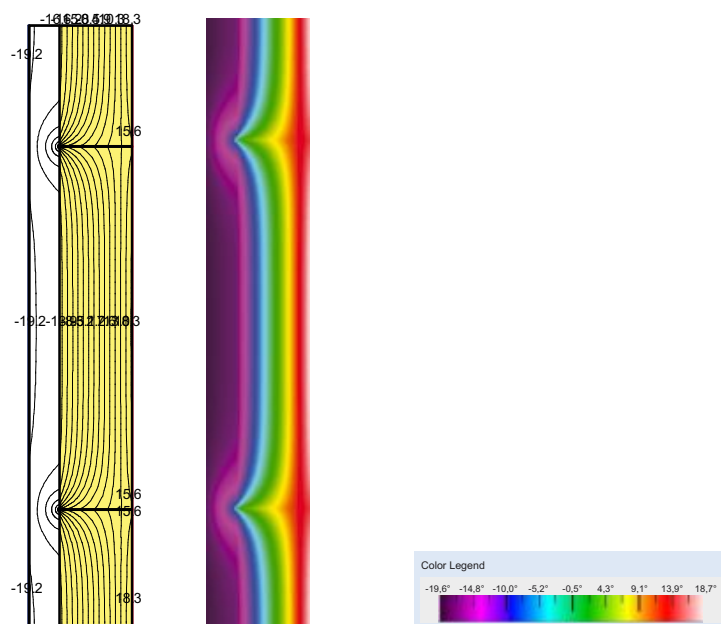
$$\Psi_e = 0,428 \cdot 1,000 - 0,230 \cdot 1,000 = 0,198 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie przy braku uwzględnienia wpływu mostków liniowych na złączach spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej (liczonej jako przegroda jednorodna: $U_{\text{ściany}} = 0,230 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$); jednak przy uwzględnieniu tych mostków warunek izolacyjności cieplnej nie został osiągnięty: $U_c = 0,428 \text{ [W/m}^2\text{K]} > U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.
- Rozwiązanie ściany hali z jednowarstwową warstwą izolacji powoduje powstanie znacznego liniowego współczynnika przenikania ciepła w wysokości 0,198 [W/mK].
- Z uwagi na powyższe rozwiązaniem rekomendowanym dla ścian hal jest zachowanie ciągłości izolacji oraz jej warstwowy układ (wełna w kasecie+ druga warstwa przykrywająca złącza kaset) zmniejszający wpływ mostków liniowych wynikających z konstrukcji (patrz rozwiązanie 1a) i gwarantujący osiągnięcie wymaganej izolacyjności cieplnej przegrody.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

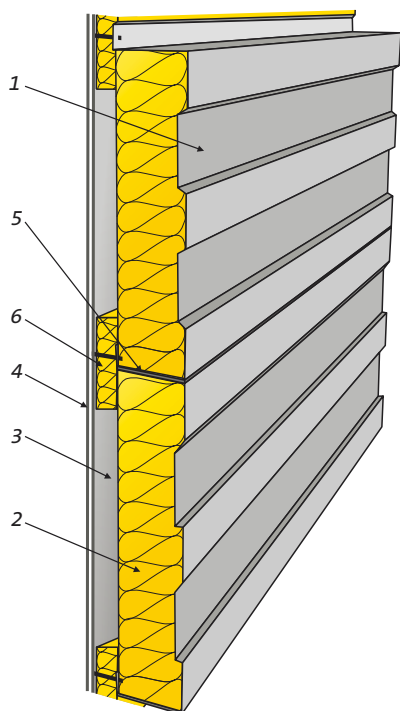
Izotermie i rozkład temperatur (rys. 1.2.b)



Rozwiązanie 2a – REKOMENDOWANE

Ściana budynku halowego wykonana na bazie stalowych kaset wzdłużnych (głębokości 20cm) rozwiązanie z dwuwarstwową izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 2.1.a)



1	Stalowa kasetka wzdłużna gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00$ W/mK
2	Wełna szklana ISOVER gr. 20cm, $\lambda = 0,03$ W/mK
3	Przestrzeń słabo wentylowana
4	Stalowa okładzina zewnętrzna gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00$ W/mK
5	Stal, połączenie gr. 0,075cm, co 60cm, $\lambda = 52,00$ W/mK
6	Przekładki z wełny szklanej ISOVER, gr. 2cm, szerokości 15cm, co 60cm, $\lambda = 0,033$ W/mK

Współczynnik U dla ściany

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,143$ [W/m ² K]	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Stalowa kasetka wzdłużna	0,00075	52,00	0,000		
▶ Wełna szklana ISOVER	0,20000	0,03	6,667		
Przestrzeń słabo wentylowana	0,02500	0,14	0,179		
▶ Stalowa okładzina zewnętrzna	0,00075	52,00	0,000		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,240	-	7,016	0,143	1,000

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 2.1.a)

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków na złączach kaset) i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania z rys. 2.1a.

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych na złączach kaset:

$$U_c = 0,242 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,099 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot \text{Lenght} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,242 \cdot 1,000 - 0,143 \cdot 1,000 = 0,099 \text{ [W/mK]}$$

Do porównania: rozwiązanie standardowe z jednowarstwowym układem izolacji bez dodatkowych przekładek z wełny (bez warstwy /6/ na rys. 2.1.a)

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych:

$$U_c = 0,295 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

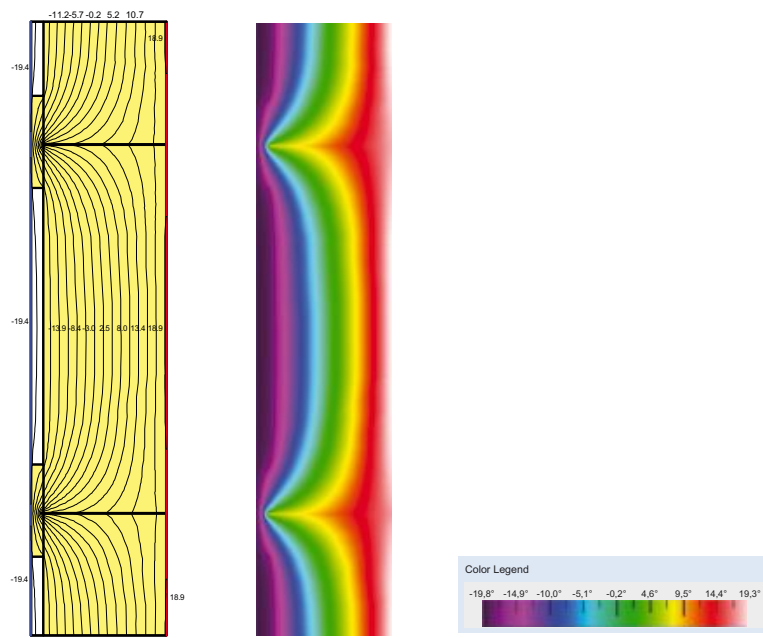
$$\Psi_e = 0,152 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej (z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych dla przegród niejednorodnych):
 $U_c = 0,242 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.
- Umieszczenie dodatkowej warstwy izolacji od strony zewnętrznej /6/ w postaci przekładek z wełny szklanej o szerokości co najmniej 15cm na całej długości kaset, przyczynia się do redukcji mostka ciepła w porównaniu do rozwiązania bez tej warstwy – o ponad 30%.
- Zaproponowane rozwiązanie o wartości mostka na poziomie 0,099 [W/mK] spełnia wymagania budynków energooszczędnych (graniczna wartość współczynnika liniowego mostka ciepła w standardzie NF40 wynosi 0,1[W/mK]).
- Z uwagi na powyższe rozwiązaniem rekomendowanym dla ścian hal jest zachowanie ciągłości izolacji oraz jej warstwowy układ (wełna w kasecie+ druga warstwa przykrywająca złącza kaset) zmniejszający wpływ mostków liniowych wynikających z konstrukcji.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermy i rozkład temperatur (rys. 2.2.a)

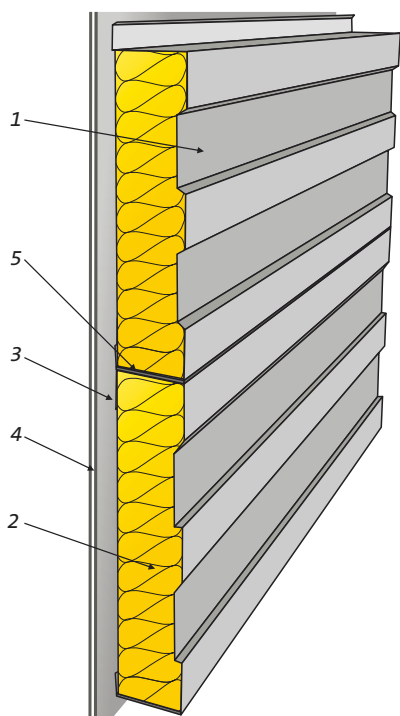


Rozwiązanie 2b – STANDARDOWE

12

Ściana budynku halowego wykonana na bazie stalowych kaset wzdluznych (głębokości 20cm) rozwiązanie z jednowarstwową izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 2.1.b)



1	Stalowa kasetka wzdluzna gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00 \text{ W/mK}$
2	Wełna szklana ISOVER gr. 20cm, $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$
3	Przestrzeń słabo wentylowana gr 2,5cm, $\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$
4	Stalowa okładzina zewnętrzna gr. 0,075cm, $\lambda = 52,00 \text{ W/mK}$
5	Stal, połączenie gr. 0,075cm, co 60cm, $\lambda = 52,00 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	L [m]
------	----------	---------------------	---------------------------	---------------------------	----------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:

$U_{\text{ściany}} = 0,143 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej				0,130		
▶ Stalowa kasetka wzdluzna	0,00075	52,00	0,000			
▶ Wełna szklana ISOVER	0,20000	0,03	6,667			
▶ Przestrzeń słabo wentylowana	0,02500	0,14	0,179			
▶ Stalowa okładzina zewnętrzna	0,00075	52,00	0,000			
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej				0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,240	-	7,016	0,143		1,000

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 2.1.b)

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków na złączach kaset) i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania z rys. 2.1.b.

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych na złączach kaset:

$$U_c = 0,295 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,152 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

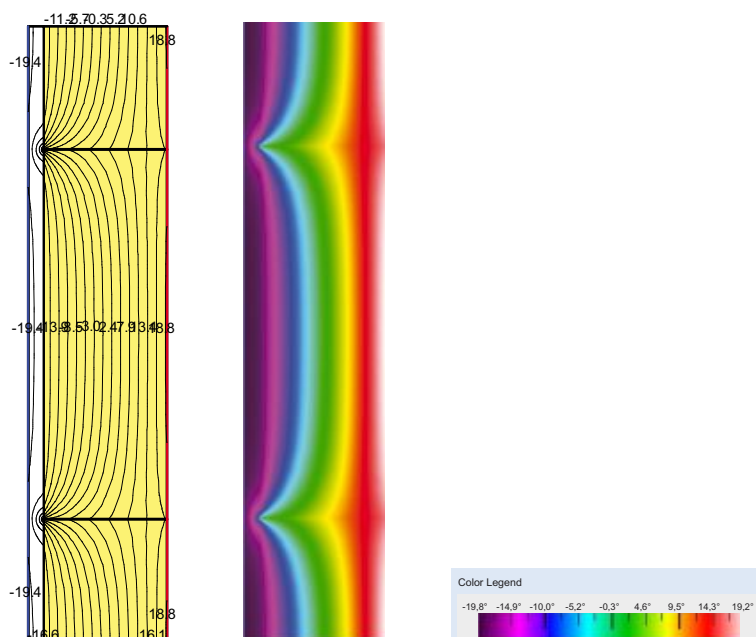
$$\Psi_e = 0,295 \cdot 1,000 - 0,143 \cdot 1,000 = 0,152 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie, przy braku uwzględnienia wpływu mostków liniowych, spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej (liczonej jako przegroda jednorodna): $U_{\text{ściany}} = 0,143 \text{ [W/m}^2\text{K}] \leq U_c = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K}]$; jednak przy uwzględnieniu tych mostków warunek izolacyjności cieplnej nie został osiągnięty $U_c = 0,295 \text{ [W/m}^2\text{K}] > U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K}]$.
- Rozwiązanie ściany z jednowarstwową warstwą izolacji powoduje powstanie znacznego liniowego współczynnika przenikania ciepła w wysokości 0,152 [W/mK].
- Z uwagi na powyższe rozwiązaniem rekomendowanym dla ścian hal jest zachowanie ciągłości izolacji oraz jej warstwowy układ (wełna w kasecie + druga warstwa przykrywająca złącza kaset) zmniejszający wpływ mostków liniowych wynikających z konstrukcji (patrz roz. 2a) i gwarantujący osiągnięcie wymaganej izolacyjności cieplnej przegrody.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

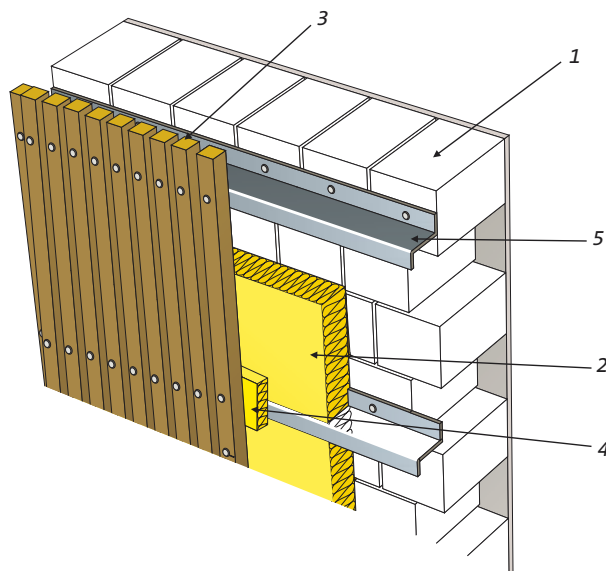
Izotermy i rozkład temperatur (rys. 2.2.b)



Rozwiązanie 3a – REKOMENDOWANE

Ściana warstwowa: mostki liniowe wynikające z konstrukcji wsporczej w postaci zetowników stalowych – rozwiązanie z dwuwarstwową izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 3.1.a)



- 1 Silikat gr. 18cm, $\lambda = 0,80$ W/mK
- 2 Wełna szklana ISOVER gr. 20cm, $\lambda = 0,03$ W/mK
- 3 Sosna, gr. 1,5cm, $\lambda = 0,16$ W/mK
- 4 Przekładka z wełny szklanej ISOVER grubości 5cm, szerokości 25cm – 2szt., $\lambda = 0,03$ W/mK
- 5 Stal, element „Z”- 2szt., co 60cm, $\lambda = 52,00$ W/mK
- 6 Tynk gr. 1cm, $\lambda = 0,82$ W/mK
- Warstwa powietrza gr. 5cm, $\lambda = 0,454$ W/mK

Współczynnik U dla ściany

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,137$ [W/m ² K]	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk	0,010	0,820	0,012		
Silikat	0,180	0,800	0,225		
Wełna szklana ISOVER	0,200	0,030	6,667		
Warstwa powietrza	0,050	0,454	0,110		
Okładzina drewniana (sosna)	0,015	0,160	0,094		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,455	-	7,278	0,137	1,000

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 3.1.a)

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków liniowych) i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania z rys. 3.1a.

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków liniowych wynikających z podkonstrukcji stalowej typu „Z”)

$$U_c = 0,237 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,100 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,237 \cdot 1,0 - 0,137 \cdot 1,0 = 0,100 \text{ [W/mK]}$$

Do porównania: rozwiązanie standardowe z jednowarstwowym układem izolacji bez dodatkowych przekładek z wełny (bez warstwy /4/ na rys. 3.1.a) - szczegóły w rozw. 3b:

Współczynnik U_c dla ściany z uwzględnieniem mostków liniowych:

$$U_c = 0,671 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

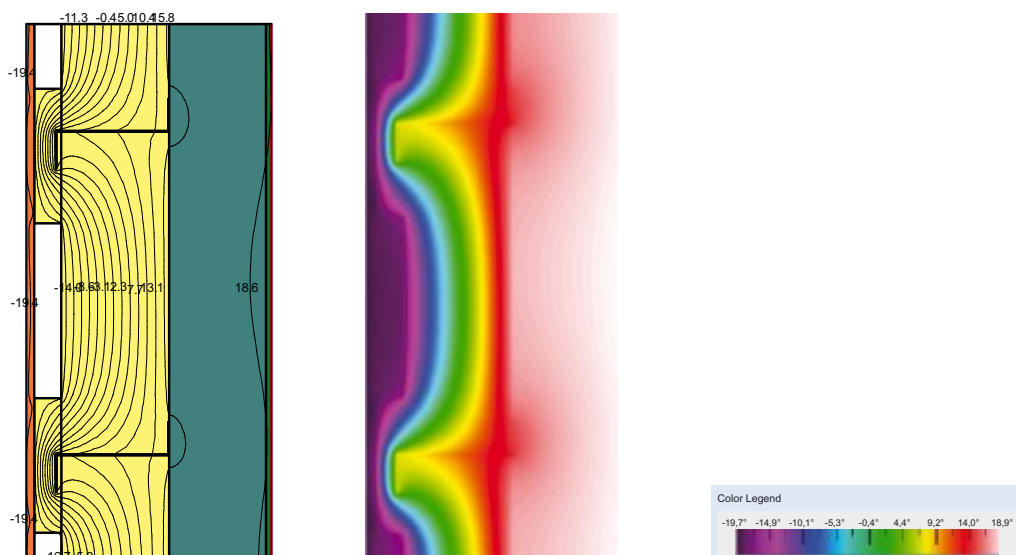
$$\Psi_e = 0,444 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej (z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych dla przegród niejednorodnych)
 $U_c = 0,237 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Dobór odpowiedniej grubości ocieplenia oraz umieszczenie dodatkowej warstwy izolacji od strony zewnętrznej /4/ w postaci przekładek z wełny o bardzo dobrych parametrach izolacyjnych ($\lambda = 0,030 \text{ [W/mK]}$), grubości min. 5cm, szerokości 25cm przyczynia się do redukcji mostka ciepła w porównaniu do rozwiązania standardowego - o ponad 40% oraz spełnia wymagania budynków energooszczędnych w standardzie NF40 (graniczna wartość mostka liniowego wynosi 0,1 [W/mK])
- Z uwagi na powyższe, dla tego typu ścian z ociepleniem mocowanym na podkonstrukcji z zetowników - rozwiązaniem rekomendowanym jest dobór odpowiedniej grubości izolacji oraz jej warstwowy układ (wełna między zetownikami + druga warstwa izolacji o jak najlepszych parametrach cieplnych, przykrywająca stalowy element podkonstrukcji) zmniejszający wpływ motków liniowych wynikających z podkonstrukcji.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermia i rozkład temperatur (rys. 3.2.a)

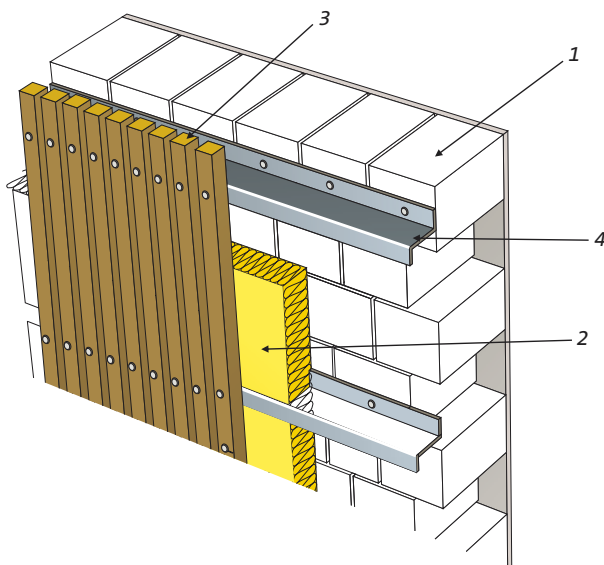


Rozwiązanie 3b – STANDARDOWE

16

Ściana warstwowa: mostki liniowe wynikające z konstrukcji wsporczej w postaci zetowników stalowych – rozwiązanie z jednowarstwową izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 3.1.b)



- 1 Silikat gr. 18cm, $\lambda = 0,80$ W/mK
- 2 Wełna szklana ISOVER gr 12cm, $\lambda = 0,03$ W/mK
- 3 Stal, element „Z” - 2szt, co 60cm, $\lambda = 52,00$ W/mK

Współczynnik U dla ściany

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,227$ [W/m ² K]	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Silikat	0,180	0,800	0,225		
▶ Wełna szklana ISOVER	0,120	0,030	4,000		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,300	-	4,395	0,227	1,000

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 3.1.b)

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków liniowych) i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania z rys. 3.1b.

Współczynnik U_c dla ściany (z uwzględnieniem mostków liniowych wynikających z podkonstrukcji stalowej typu „Z”)

$$U_c = 0,671 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,444 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

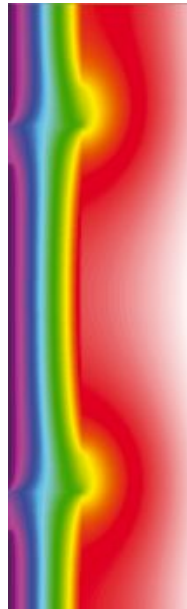
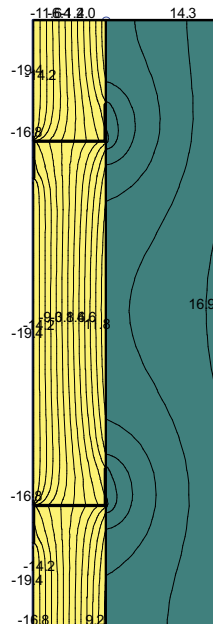
$$\Psi_e = 0,671 \cdot 1,0 - 0,227 \cdot 1,0 = 0,444 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie, przy braku uwzględnienia wpływu mostków liniowych, spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej (liczonej jako przegroda jednorodna): $U_{\text{ściany}} = 0,227 \text{ [W/m}^2\text{K}] \leq U_c = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K}]$; jednak przy uwzględnieniu tych mostków warunek izolacyjności cieplnej nie został osiągnięty $U_c = 0,671 \text{ [W/m}^2\text{K}] > U_{c\text{max}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K}]$
- Rozwiązanie dla ściany warstwowej z izolacją w jednej warstwie powoduje powstania znacznego liniowego współczynnika przenikania ciepła w wysokości 0,444 [W/mK]
- Z uwagi na powyższe rozwiązaniem rekomendowanym dla ścian warstwowych jest dobór odpowiedniej grubości izolacji oraz jej warstwowy układ (minimum 20cm wełny w jednej warstwie + druga warstwa w postaci przekładek z wełny przykrywająca złącza) zmniejszający wpływ mostków liniowych wynikających z podkonstrukcji (patrz roz. 3a) i gwarantujący osiągnięcie wymaganej izolacyjności cieplnej przegrody

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

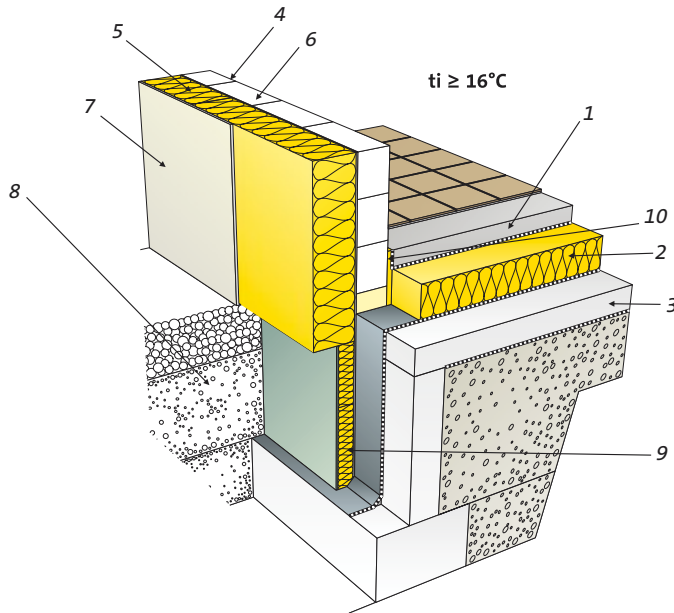
Izotermy i rozkład temperatur (rys. 3.2.b)



Rozwiązanie 4a – REKOMENDOWANE

Podłoga na gruncie, niepodpiwniczona z izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 4.1.a)



1	Wylewka gr. 5 cm, $\lambda = 1,150$ W/mK
2	Izolacja podłogi-wełna skalna ISOVER gr. 12cm, $\lambda = 0,04$ W/mK
3	Beton z kruszywa keramzytowego gr. 10cm, $\lambda = 0,720$ W/mK
4	Tynk, gr. 0,5cm, $\lambda = 0,820$ W/mK
5	Izolacja ściany- wełna skalna ISOVER gr. 14cm, $\lambda = 0,040$ W/mK
6	Purotherm 25 P+W, gr. 25cm, $\lambda = 0,313$ W/mK
7	Tynk, gr. 1cm, $\lambda = 0,820$ W/mK
8	Grunt, $\lambda = 2,000$ W/mK
9	Izolacja fundamentu pionowa gr. 8cm, $\lambda = 0,040$ W/mK
10	Izolacja obwodowa z wełny szklanej ISOVER gr. 2cm, $\lambda = 0,033$ W/mK

Współczynnik U dla ściany i podłogi na gruncie

Opis	d	λ	R	$U_{ściany}$	$L_{ściany}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{ściany} = 0,223$ [W/m ² K]	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk	0,005	0,820	0,006		
Purotherm 25 P+W	0,250	0,313	0,799		
Wełna skalna ISOVER	0,140	0,040	3,500		
Tynk	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,405	-	4,487	0,223	1,235

Opis	d	λ	R	$U_{podłogi}$	$L_{podłogi}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla podłogi:				$U_{podłogi} = 0,298$ [W/m ² K]	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,170		
Wylewka	0,050	1,150	0,043		
Wełna skalna ISOVER	0,120	0,040	3,000		
Beton z kruszywa keramzytowego	0,100	0,720	0,139		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,000		
Dane przegrody (podłogi)	0,270	-	3,352	0,298	2,405

Ekwiwalentny współczynnik U dla podłogi, zgodny z normą PN-EN ISO 13370, przyjęto dla $d_t = 7,109$ m, $B' = 4$ m, $d_t > B'$ i $\Delta\psi = -0,0296$ W/mK

$U_{eqv, podłogi} = 0,209$ [W/m²K]

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-podłoga na gruncie

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania- rys. 4.1.a):

$$\Psi_e = -0,081 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_{\text{factor ściany}} \cdot L_{\text{ęhtściany}} + U_{\text{faktor podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{eqv, podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,311 \cdot 0,960 + 0,199 \cdot 2,000 - 0,223 \cdot 1,235 - 0,209 \cdot 2,405 = -0,081 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania standardowego (bez docieplenia ściany fundamentowej)- szczegóły w rozw. 4b

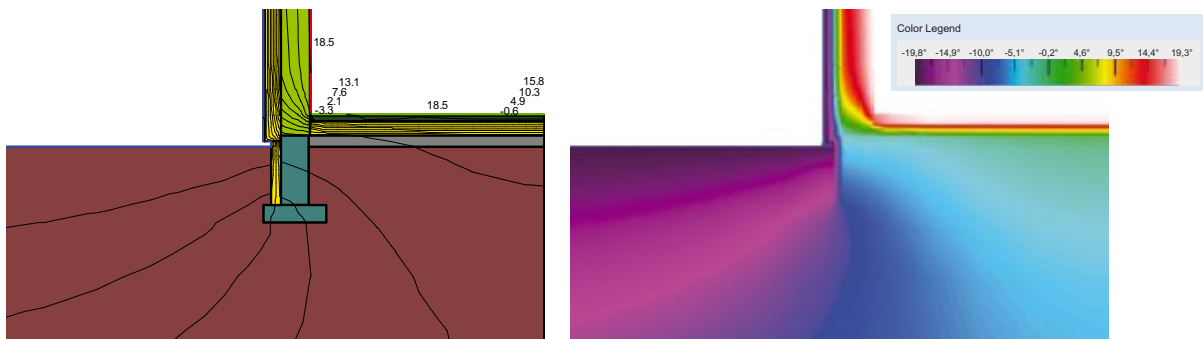
$$\Psi_e = -0,050 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,223 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ i podłogi na gruncie $U_{\text{podłogi}} = 0,298 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,300 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Odpowiednia izolacja podłogi na gruncie (minimum 12 cm wełny o lambdzie 0,040 W/mK) oraz dodatkowe ocieplenie ściany fundamentowej /9/ i montaż izolacji obwodowej podłogi /10/ przyczyniają się do zmniejszenia strat ciepła na styku tych elementów
- W rozwiązaniu tym liniowy współczynnik strat ciepła na styku podłoga- ściana zewnętrzna przyjmuje wartość - 0,081 [W/mK].
- Wartości ujemne mostków liniowych wynikają z geometrii danego połączenia i świadczą o obliczaniu strat ciepła tego elementu zgodnie z wytycznymi po wymiarach zewnętrznych . Występują m.in. dla węzłów narożników zewnętrznych czy połączeń stropów/podłóg (w tym przypadku węzeł typu ściana-podłoga).
- ISOVER rekomenduje zachowanie ciągłości izolacji ściany poprzez wyprowadzenie warstwy izolacji na ścianie fundamentową, nie zapominając o izolacji krawędziowej (obwodowej) podłogi na gruncie

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermia i rozkład temperatur (rys. 4.2.a)



*) wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród stykających się z gruntem U_{eqv} , określona zgodnie z normą PN-EN ISO 13370, zależy m.in. od:
 d - grubości równoważnej gruntu [m] d - grubości materiału [m]
 B' - wymiaru charakterystycznego podłogi na gruncie [m] λ - współczynnika przewodzenia ciepła materiału [W/mK]
 $\Delta\Psi$ - wpływu izolacji krawędziowej [W/mK] R - oporu cieplnego materiału [m²K/W]

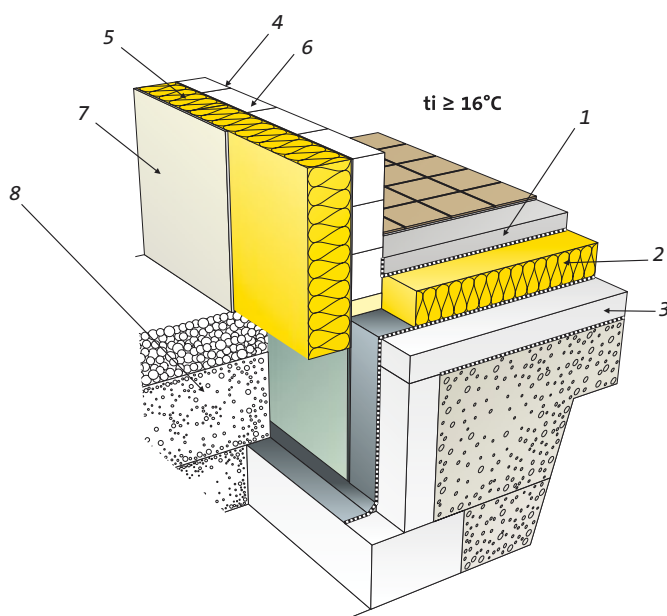
$U_{\text{ściany/podłogi}}$ - obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody (ściany/podłogi) [W/m²K]

$L_{\text{ściany/podłogi}}$ - długość, na której liczone są liniowe mostki cieplne [m] (wynikające z przyjętego schematu- rys. 4.1.a)

Rozwiązanie 4b – STANDARDOWE

Podłoga na gruncie, niepodpiwniczona z izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 4.1.b)



1 Wylewka gr. 5 cm, $\lambda = 1,400$ W/mK

2 Izolacja podłogi-wełna skalna ISOVER gr. 8cm, $\lambda = 0,04$ 0W/mK

3 Beton z kruszywa keramzytowego gr. 10cm, $\lambda = 0,720$ W/mK

4 Tynk, gr. 0,5cm, $\lambda = 0,820$ W/mK

5 Wełna skalna ISOVER gr. 14cm, $\lambda = 0,040$ W/mK

6 Porothem 25 P+W, gr. 25cm, $\lambda = 0,313$ W/mK

7 Tynk, gr. 1cm, $\lambda = 0,820$ W/mK

8 Grunt, $\lambda = 2,000$ W/mK

Współczynnik U dla ściany i podłogi na gruncie

Opis	d	λ	R	$U_{\text{ściany}}$	$L_{\text{ściany}}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,223$ [W/m ² K]	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk	0,005	0,820	0,006		
Porothem 25 P+W	0,250	0,313	0,799		
Wełna skalna ISOVER	0,140	0,040	3,500		
Tynk	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,405	-	4,487	0,223	1,235

Opis	d	λ	R	$U_{\text{podłogi}}$	$L_{\text{podłogi}}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla podłogi:				$U_{\text{podłogi}} = 0,425$ [W/m ² K]	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,170		
Wylewka	0,050	1,150	0,043		
Wełna skalna ISOVER	0,080	0,040	2,000		
Beton z kruszywa keramzytowego	0,100	0,720	0,139		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,000		
Dane przegrody (podłogi)	0,230		2,352	0,425	2,405

Ekwiwalentny współczynnik U dla podłogi, zgodny z normą PN-EN ISO 13370, przyjęto dla $d_t = 5,109$ m, $B' = 4$ m, $d_t > B'$

$U_{\text{eqv, podłogi}} = 0,288$ [W/m²K]

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-podłoga na gruncie

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania - rys. 4.1.b):

$$\Psi_e = -0,050 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_{\text{factor ściany}} \cdot L_{\text{ęściany}} + U_{\text{faktor podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{eqv, podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} \text{ [W/mK]}$$

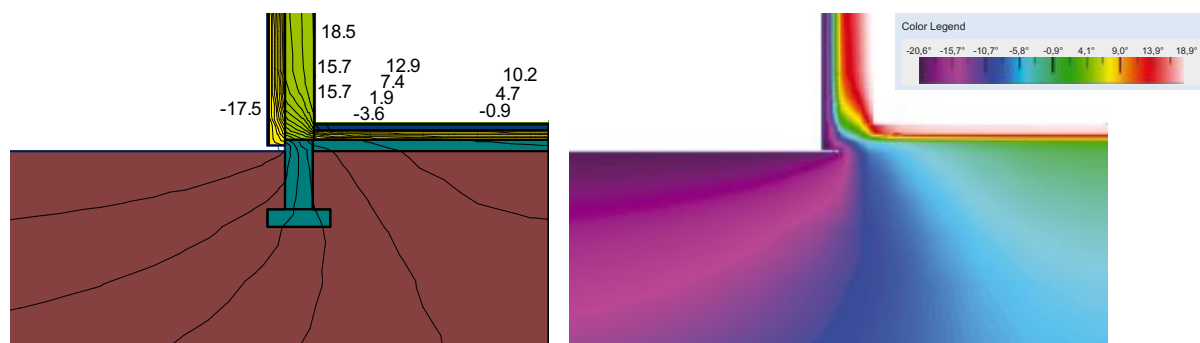
$$\Psi_e = 0,353 \cdot 1,000 + 0,282 \cdot 2,000 - 0,223 \cdot 1,235 - 0,288 \cdot 2,405 = -0,050 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,231 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, jednak brak dostatecznej izolacji podłogi i fundamentu ma negatywny wpływ na podwyższenie wskaźnika EP
- Zbyt mała grubość ocieplenia podłogi na gruncie, brak ciągłości izolacji na ścianę fundamentową przyczyniają się do powstania liniowego współczynnika przenikania ciepła na styku podłoga-ściana o wartości $-0,050 \text{ [W/mK]}$, powodując starty ciepła do gruntu
- Wartości ujemne mostków liniowych wynikają z geometrii danego połączenia i wytycznych dotyczących obliczania strat ciepła po wymiarach zewnętrznych oraz skorygowania „podwójnego” naliczania straty ciepła na łączącym odcinku. Występują dla węzłów narożników zewnętrznych czy połączeń stropów/podłóg (w tym przypadku węzeł typu ściana-podłoga).
- Z uwagi na powyższe, rozwiązaniem rekomendowanym jest dobór odpowiedniej izolacji podłogi na gruncie, ocieplenie ściany zewnętrznej oraz dodatkowe docieplenie ściany fundamentowej i montaż izolacji krawędziowej/ obwodowej podłogi (patrz rozwiązanie 4a)

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermij i rozkład temperatur (rys. 4.2.b)



*) wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród stykających się z gruntem U_{eqv} , określona zgodnie z normą PN-EN ISO 13370, zależy m.in. od:

d_t - grubości równoważnej gruntu [m] d - grubości materiału [m]
 B' - wymiaru charakterystycznego podłogi na gruncie [m] λ - współczynnika przewodzenia ciepła materiału [W/mK]
 $\Delta\Psi$ - wpływu izolacji krawędziowej [W/mK] R - oporu cieplnego materiału [m²K/W]

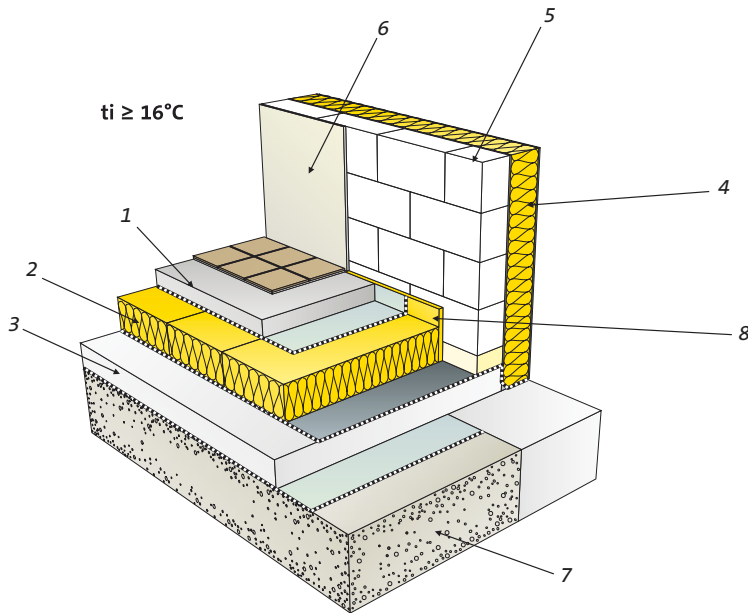
$U_{\text{ściany/podłogi}}$ - obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody (ściany/podłogi) [W/m²K]

$L_{\text{ściany/podłogi}}$ - długość, na której liczone są liniowe mostki cieplne [m] (wynikające z przyjętego schematu- rys. 4.1.b)

Rozwiązanie 5a – REKOMENDOWANE

Podłoga w piwnicy ogrzewanej z izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 5.1.a)



1	Wylewka gr. 5 cm, $\lambda = 1,150$ W/mK
2	Izolacja podłogi: wełna skalna ISOVER gr.12cm, $\lambda = 0,040$ W/mK
3	Beton z kruszywa keramzytowego gr. 10cm, $\lambda = 0,720$ W/mK
4	Izolacja ściany fundamentowej gr 12cm, $\lambda = 0,040$ W/mK
5	Beton komórkowy, gr. 24cm, $\lambda = 0,250$ W/mK
6	Tynk, gr. 1cm, $\lambda = 0,700$ W/mK
7	Grunt, $\lambda = 2,000$ W/mK
8	Izolacja obwodowa z wełny szklanej ISOVER gr. 2cm, $\lambda = 0,033$ W/mK

Współczynnik U dla ściany i podłogi piwnicy ogrzewanej

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$U_{\text{ściany}}$ [W/m ² K]	$L_{\text{ściany}}$ [m]
------	-------	------------------	------------------------	--	-------------------------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,244$ [W/m ² K]	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk	0,010	0,820	0,012		
Beton komórkowy	0,240	0,250	0,960		
Izolacja ściany	0,120	0,040	3,000		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,000		
Dane przegrody (ściany)			0,370	4,102	0,244
					1,235

Ekwiwalentny współczynnik U dla ściany, zgodny z normą PN-EN ISO 13370, przyjęto dla $d_t = 7,07$ m, $z = 1,23$ m, $B' = 4$ m, $dt > B'$

$$U_{\text{eqv, podłogi}} = 0,206 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$U_{\text{podłogi}}$ [W/m ² K]	$L_{\text{podłogi}}$ [m]
------	-------	------------------	------------------------	---	--------------------------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla podłogi:				$U_{\text{ściany}} = 0,298$ [W/m ² K]	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,170		
Wylewka	0,050	1,15	0,043		
Wełna skalna ISOVER	0,120	0,04	3,000		
Beton z kruszywa keramzytowego	0,100	0,72	0,139		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,000		
Dane przegrody (podłogi)			0,270	3,352	0,298
					2,370

Ekwiwalentny współczynnik U dla podłogi, zgodny z normą PN-EN ISO 13370, przyjęto dla $d_t = 7,07$ m, $z = 1,23$ m, $B' = 4$ m, $dt > B'$

$$U_{\text{eqv, podłogi}} = 0,210 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-podłoga na gruncie

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania - rys. 5.1.a):

$$\Psi_e = -0,142 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_{\text{factor ściany}} \cdot \text{Lenght}_{\text{ściany}} + U_{\text{faktor podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} - U_{\text{eqv, ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{eqv, podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,286 \cdot 0,960 + 0,1680 \cdot 2,000 - 0,206 \cdot 1,235 - 0,210 \cdot 2,270 = -0,142 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania standardowego (bez ocieplenia ściany fundamentowej i ze zbyt małą izolacją podłogi) – szczegóły w rozw. 5b

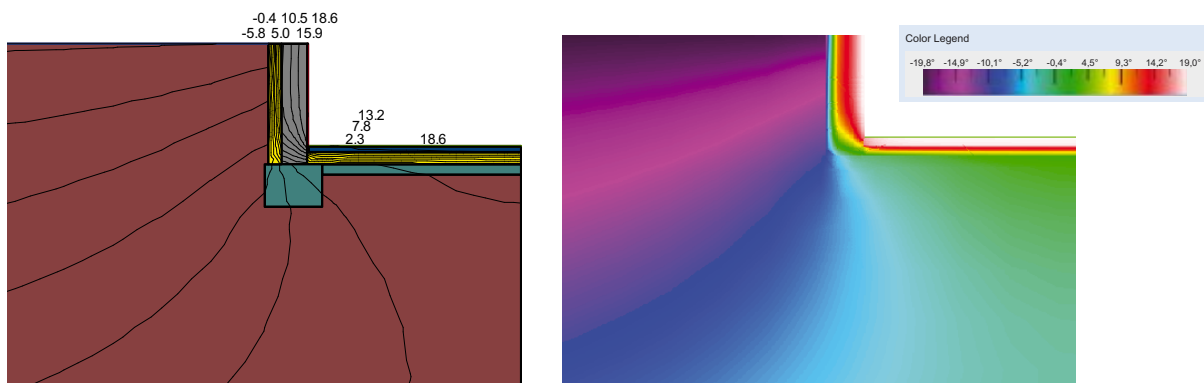
$$\Psi_e = -0,202 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,244 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ i podłogi na gruncie $U_{\text{podłogi}} = 0,298 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,300 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Docieplenie ściany fundamentowej /nr 4/ i dołożenie izolacji obwodowej podłogi /nr 8/ generuje mostek cieplny wartości $-0,142 \text{ [W/mK]}$
- Wartości ujemne mostków liniowych wynikają z geometrii danego połączenia i wytycznych dotyczących obliczania strat ciepła po wymiarach zewnętrznych oraz skorygowania „podwójnego” naliczania straty ciepła na łączącym odcinku. Występują dla węzłów narożników zewnętrznych czy połączeń stropów/podłóg (w tym przypadku węzeł typu ściana-podłoga).
- Z uwagi na powyższe, dla budynku podpiwniczonego ISOVER rekomenduje rozwiązanie z odpowiednią izolacją cieplną (minimum 12cm izolacji) zarówno dla ściany piwnicznej, jak i podłogi na gruncie oraz zastosowanie izolacji obwodowej podłogi.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermie i rozkład temperatur (rys. 5.2.a)



*) wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród stykających się z gruntem U_{eqv} , określona zgodnie z normą PN-EN ISO 13370, zależy m.in. od:
 d - grubości równoważnej gruntu [m] d - grubości materiału [m]
 z - zagłębienia poniżej terenu [m] λ - współczynnika przewodzenia ciepła materiału [W/mK]
 B' - wymiaru charakterystycznego podłogi na gruncie [m] R - oporu cieplnego materiału [m²K/W]

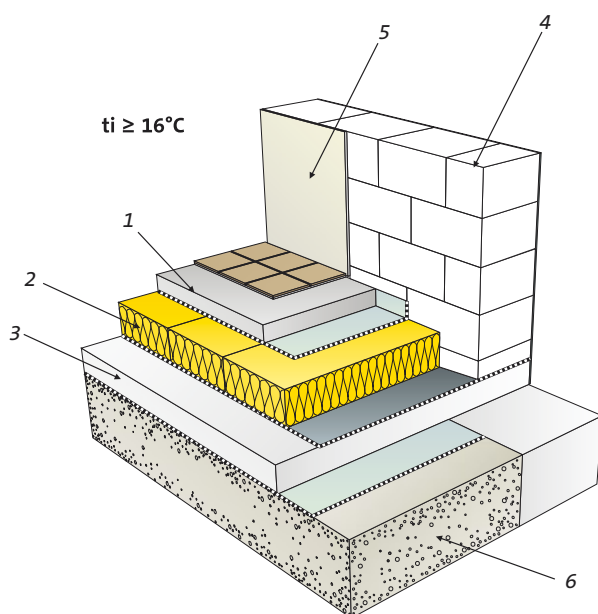
$U_{\text{ściany/podłogi}}$ - obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody (ściany/podłogi) [W/m²K]

$L_{\text{ściany/podłogi}}$ - długość, na której liczone są liniowe mostki cieplne [m] (wynikające z przyjętego schematu- rys. 5.1.a)

Rozwiązanie 5b – STANDARDOWE

Podłoga w piwnicy ogrzewanej z izolacją ISOVER

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 5.1.b)



1	Wylewka gr. 5 cm, $\lambda = 1,15 \text{ W/mK}$
2	Izolacja podłogi: wełna skalna ISOVER gr. 8cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
3	Beton z kruszywa keramzytowego gr. 10cm, $\lambda = 0,72 \text{ W/mK}$
4	Beton komórkowy, gr. 24 cm, $\lambda = 0,25 \text{ W/mK}$
5	Tynk, gr. 1cm, $\lambda = 0,82 \text{ W/mK}$
6	Grunt, $\lambda = 2,00 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i podłogi piwnicy ogrzewanej

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$U_{\text{ściany}}$ [W/m ² K]	$L_{\text{ściany}}$ [m]
------	----------	---------------------	---------------------------	---	----------------------------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,875 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Beton komórkowy	0,240	0,250	0,960		
▶ Tynk	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,000		
Dane przegrody (ściany)	0,250	-	1,102	0,907	1,235

Ekwiwalentny współczynnik U dla ściany, zgodny z normą PN-EN ISO 13370, przyjęto dla $d_t = 4,954 \text{ m}$, $d_w = 2,204 \text{ m}$, $z = 1,23 \text{ m}$, $B' = 4 \text{ m}$, $d_t > B'$
 $U_{\text{eqv, ściany}} = 0,607 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$U_{\text{podłogi}}$ [W/m ² K]	$L_{\text{podłogi}}$ [m]
------	----------	---------------------	---------------------------	--	-----------------------------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla podłogi:				$U_{\text{podłogi}} = 0,425 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,170		
▶ Wylewka	0,050	1,150	0,043		
▶ Wełna skalna ISOVER	0,080	0,040	2,000		
▶ Beton z kruszywa keramzytowego	0,100	0,720	0,139		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,000		
Dane przegrody (podłogi)	0,230	-	2,352	0,425	2,250

Ekwiwalentny współczynnik U dla podłogi, zgodny z normą PN-EN ISO 13370, przyjęto dla $d_t = 4,954 \text{ m}$, $z = 1,23 \text{ m}$, $B' = 4 \text{ m}$, $d_t > B'$

$$U_{\text{eqv, podłogi}} = 0,270 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-podłoga na gruncie

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania - rys. 5.1.b):

$$\Psi_e = -0,202 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_{\text{factor ściany}} \cdot L_{\text{enght ściany}} + U_{\text{faktor podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} - U_{\text{eqv, ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{eqv, podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} \text{ [W/mK]}$$

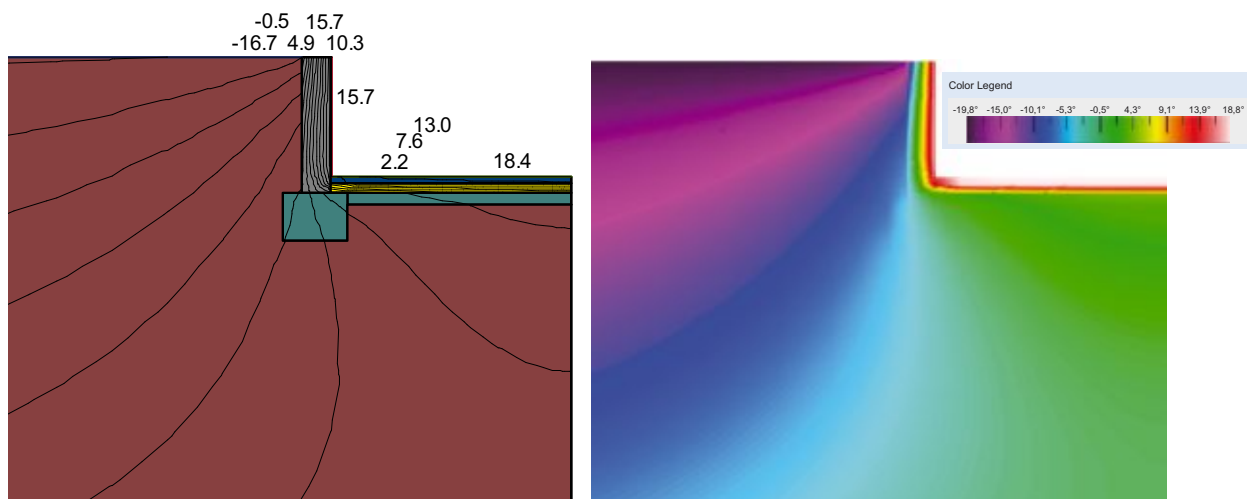
$$\Psi_e = 0,702 \cdot 1,000 + 0,226 \cdot 2,000 - 0,607 \cdot 1,235 - 0,270 \cdot 2,250 = -0,202 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Ze względu na brak izolacji ściany w gruncie oraz słabą izolację podłogi (sama ściana i podłoga stanowią już mostek) straty ciepła przez przegrody są na tyle duże, że dodatkowy wpływ mostka liniowego na styku obu tych przegród wynosi – 0,202 [W/mK]
- Wartości ujemne mostków liniowych wynikają z geometrii danego połączenia i wytycznych dotyczących obliczania strat ciepła po wymiarach zewnętrznych oraz skorygowania „podwójnego” naliczania straty ciepła na łączącym odcinku. Występują dla węzłów narożników zewnętrznych czy połączeń stropów/podłóg (w tym przypadku węzeł typu ściana-podłoga).
- W celu redukcji strat ciepła przez przenikanie przez przegrody oraz redukcję mostka ciepła rozwiązaniem rekomendowanym jest wykonanie pełniej izolacji ściany i podłogi w gruncie z zachowaniem ciągłości izolacji i montażem izolacji krawędziowej podłogi- patrz rozwiązanie 5a.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermie i rozkład temperatur (rys. 5.2.b)



*) wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród stykających się z gruntem U_{eqv} , określona zgodnie z normą PN-EN ISO 13370, zależy m.in. od:
 $d_{t/w}$ - grubości równoważnej gruntu [m] d - grubości materiału [m]
 z - zagłębienia poniżej terenu [m] λ - współczynnika przewodzenia ciepła materiału [W/mK]
 B' - wymiaru charakterystycznego podłogi na gruncie [m] R - oporu cieplnego materiału [m²K/W]

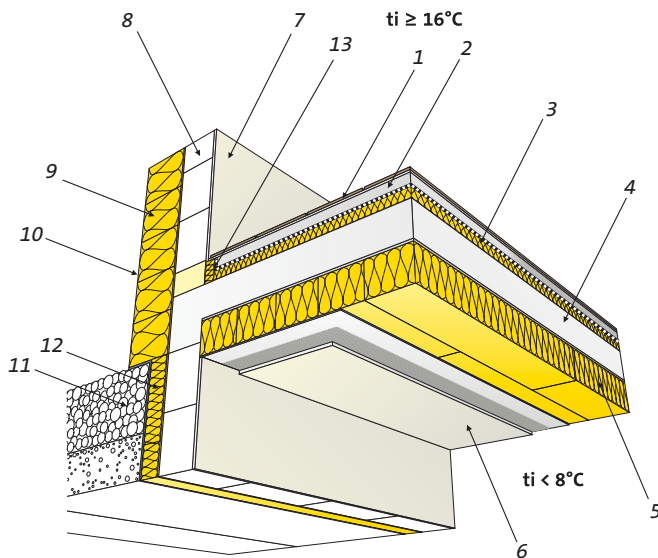
$U_{\text{ściany/podłogi}}$ - obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody (ściany/podłogi) [W/m²K]

$L_{\text{ściany/podłogi}}$ - długość, na której liczone są liniowe mostki cieplne [m] (wynikające z przyjętego schematu – rys. 5.1.b)

Rozwiązanie 6a – REKOMENDOWANE

Strop nad piwnicą nieogrzewaną

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 6.1.a)



- 1 ▶ Dąb gr. 0,5 cm, $\lambda = 0,220 \text{ W/mK}$
- 2 ▶ Wylewka gr. 6 cm, $\lambda = 1,400 \text{ W/mK}$
- 3 ▶ Izolacja podłogi – wełna skalna ISOVER gr. 5cm, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- 4 ▶ Żelbet gr. 15cm, $\lambda = 2,140 \text{ W/mK}$
- 5 ▶ Izolacja stropu – wełna skalna ISOVER gr.10cm, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- 6 ▶ Tynk, gr. 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 7 ▶ Tynk, gr. 1,0cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 8 ▶ Porotherm 25 P+W, gr. 25cm, $\lambda = 0,313 \text{ W/mK}$
- 9 ▶ Izolacja ściany wełna skalna ISOVER gr. 14cm, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- 10 ▶ Tynk, gr. 0,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 11 ▶ Grunt, $\lambda = 2,000 \text{ W/mK}$
- 12 ▶ Izolacja fundamentów, gr. 8cm, $\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$
- 13 ▶ Izolacja obwodowa – wełna szklana ISOVER, gr. 2cm, $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i stropu nieogrzewanej piwnicy:

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	$U_{\text{ściany}}$ [W/m²K]	$L_{\text{ściany}}$ [m]
------	-------	------------------	-----------	-----------------------------	-------------------------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:			$U_{\text{ściany}} = 0,223 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Tynk CW	0,010	0,820	0,012		
▶ Porotherm 25 P+W	0,250	0,313	0,799		
▶ Wełna skalna ISOVER	0,140	0,040	3,500		
▶ Tynk CW	0,005	0,820	0,006		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,405	-	4,480	0,223	1,188

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	$U_{\text{podłogi}}$ [W/m²K]	$L_{\text{podłogi}}$ [m]
------	-------	------------------	-----------	------------------------------	--------------------------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla podłogi:			$U_{\text{podłogi}} = 0,236 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,170		
▶ Dąb	0,005	0,220	0,020		
▶ Wylewka	0,060	1,400	0,040		
▶ Wełna skalna ISOVER	0,050	0,040	1,250		
▶ Żelbet	0,150	2,140	0,070		
▶ Wełna skalna ISOVER	0,100	0,040	2,380		
▶ Tynk CW	0,015	0,820	0,020		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,170		
Dane przegrody (podłogi)	0,260	-	4,240	0,236	1,405

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana - strop

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania - rys. 6.1.a):

$$\Psi_e = -0,158 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_{\text{factor ściany}} \cdot L_{\text{enght ściany}} + U_{\text{faktor podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} - U_{\text{eqv, ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{eqv, podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,271 \cdot 1,020 + 0,146 \cdot 1,005 - 0,223 \cdot 1,118 - 0,236 \cdot 1,405 = -0,158 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e dla rozwiązania standardowego (ze zbyt małą izolacją stropu oraz brakiem izolacji obwodowej) - szczegóły w rozw. 6b

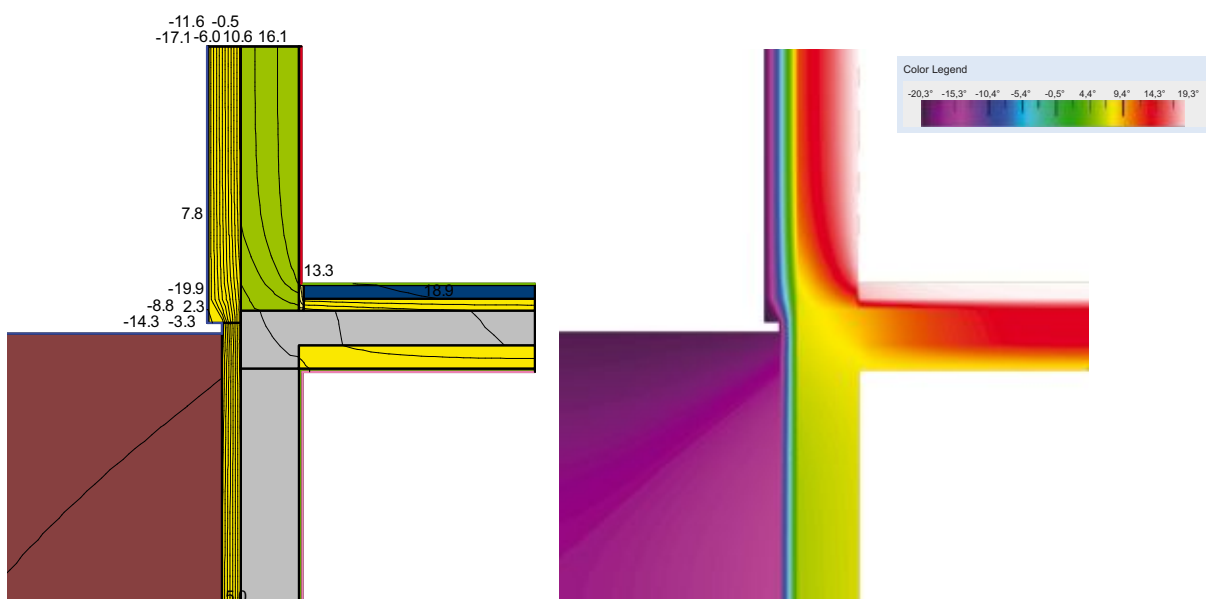
$$\Psi_e = -0,563 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,223 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ i stropu nad pomieszczeniami nieogrzewanymi $U_{\text{stropu}} = 0,236 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Przyjęte rozwiązanie powoduje mostek wartości $-0,158 \text{ [W/mK]}$
- Wartości ujemne (w przypadku podłóg połączonych ze ścianami) wynikają z wytycznych dotyczących obliczania strat ciepła po wymiarach zewnętrznych i skorygowania „podwójnego” naliczania straty ciepła na łączącym odcinku (w tym przypadku ścian-podłoga).
- ISOVER rekomenduje zastosowanie ocieplenia w tzw. „systemie garażowym”: wełna klejona do stropu odpowiedniej grubości /5/ oraz montaż izolacji obwodowej podłogi /13/, dzięki czemu starty ciepła zostaną zminimalizowane, a strop osiągnie wymaganą izolacyjność termiczną

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermia i rozkład temperatur (rys. 6.2.a)



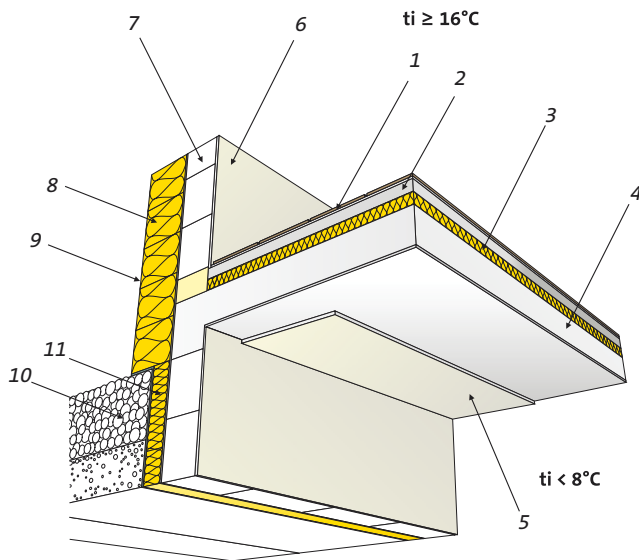
d – grubość materiału [m]
 λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]
 R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany/podłogi}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]
 $L_{\text{ściany/podłogi}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 6.1.a)

Rozwiązanie 6b – STANDARDOWE

Strop nad piwnicą nieogrzewaną

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 6.1.b)



1	Dąb gr. 0,5 cm, $\lambda = 0,220$ W/mK
2	Wylewka gr. 6 cm, $\lambda = 1,400$ W/mK
3	Izolacja podłogi – wełna skalna ISOVER gr. 5cm, $\lambda = 0,040$ W/mK
4	Żelbet gr. 15cm, $\lambda = 2,140$ W/mK
5	Tynk, gr. 1,5cm, $\lambda = 0,820$ W/mK
6	Tynk, gr. 1,0cm, $\lambda = 0,820$ W/mK
7	Porotherm 25 P+W, gr. 25cm, $\lambda = 0,313$ W/mK
8	Izolacja ściany wełna skalna ISOVER gr. 14cm, $\lambda = 0,040$ W/mK
9	Tynk, gr. 0,5cm, $\lambda = 0,820$ W/mK
10	Grunt, $\lambda = 2,000$ W/mK
11	Izolacja fundamentów, gr. 8cm, $\lambda = 0,042$ W/mK

Współczynnik U dla ściany i stropu nieogrzewanej piwnicy:

Opis	d	λ	R	$U_{\text{ściany}}$	$L_{\text{ściany}}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,223$ [W/m ² K]	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk WAP	0,010	0,820	0,012		
Porotherm 25 P+W	0,250	0,313	0,799		
Wełna skalna ISOVER	0,140	0,040	3,500		
Tynk WAP	0,005	0,820	0,006		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,405	-	4,480	0,223	1,188

Opis	d	λ	R	U_{stropu}	L_{stropu}
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla stropu:				$U_{\text{podłogi}} = 0,574$ [W/m ² K]	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,170		
Dąb	0,005	0,220	0,020		
Wylewka	0,060	1,400	0,040		
Izolacja	0,050	0,040	1,250		
Żelbet	0,150	2,140	0,070		
Tynk CW	0,015	0,820	0,020		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,170		
Dane przegrody (podłogi)	0,260	-	1,742	0,574	1,405

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-strop

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania - rys. 6.1.b):

$$\Psi_e = -0,563 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_{\text{factor ściany}} \cdot L_{\text{enghtściany}} + U_{\text{faktor podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{eqv, podłogi}} \cdot L_{\text{podłogi}} \text{ [W/mK]}$$

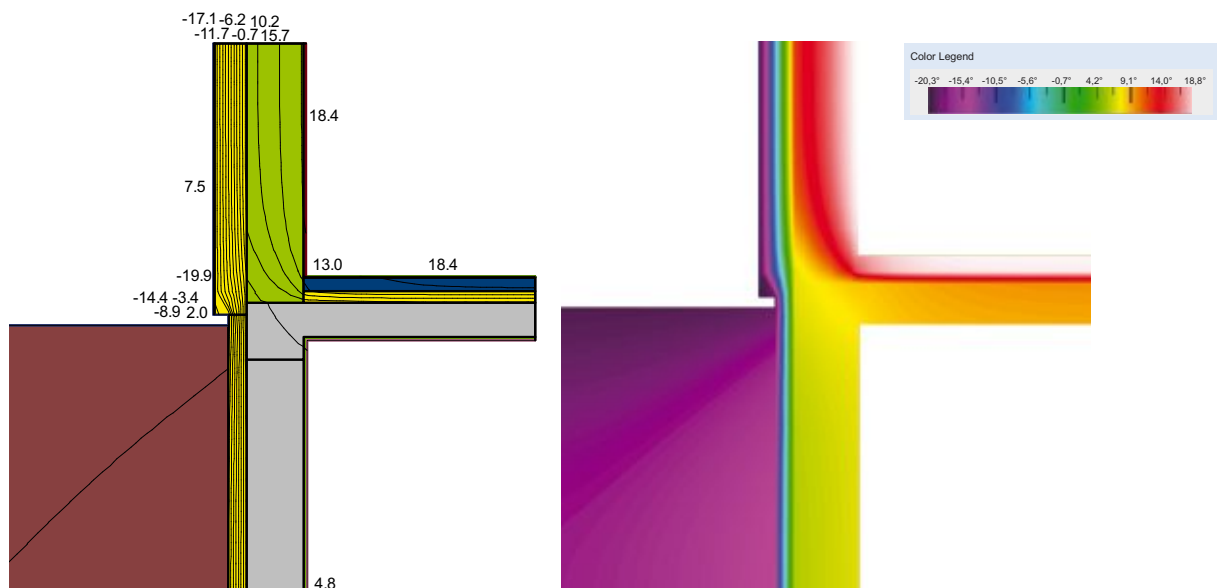
$$\Psi_e = 0,269 \cdot 1,020 + 0,217 \cdot 1,005 - 0,223 \cdot 1,118 - 0,574 \cdot 1,405 = -0,563 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,223 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, jednak brak dostatecznej izolacji podłogi i fundamentu ma negatywny wpływ na podwyższenie wskaźnika EP
- Zbyt cienka warstwa izolacji w stropie oddzielającym pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych oraz brak izolacji obwodowej powodują powstanie na styku ściana zewnętrzna – strop znacznej mostka liniowego o wartości $-0,563 \text{ [W/mK]}$ oraz znaczne straty ciepła zwłaszcza przez niedocieplony strop.
- Z uwagi na powyższe, zalecanym rozwiązaniem jest strop z grubszą warstwą izolacji np. płytami z wełny mineralnej klejonymi od spodu stropu, wykończonymi tynkiem oraz montaż izolacji obwodowej dzięki czemu izolacyjność termiczna stropu będzie większa, a wpływ mostków liniowych ulegnie zmniejszeniu - patrz rozwiązanie 6a.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermie i rozkład temperatur (rys. 6.2.b)



d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

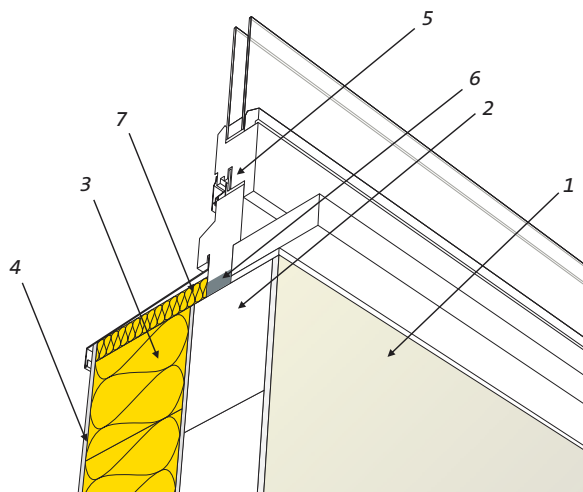
$U_{\text{ściany/podłogi}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany/podłogi}}$ – długość, na której liczone jest liniowe mostki cieplne (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 6.1.b)

Rozwiązanie 7a – REKOMENDOWANE

Połączenie okna z parapetem

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 7.1.a)



- 1 Tynk C-W, gr. 1,5 cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 2 Beton komórkowy, gr. 25cm, $\lambda = 0,350 \text{ W/mK}$
- 3 Wełna skalna ISOVER, gr. 15 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
- 4 Tynk C-W, gr. 1 cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 5 Okno, $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 6 Pianka poliuretanowa, $\lambda = 0,020 \text{ W/mK}$
- 7 Izolacja parapetu wełną szklaną lub skalną ISOVER, gr. ~5cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i okna

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,186 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk C-W	0,015	0,820	0,018		
Beton komórkowy	0,250	0,250	1,000		
Wełna skalna ISOVER	0,150	0,036	4,167		
Tynk C-W	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,425	-	5,367	0,186	1,000

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla okna:				$U_{\text{okna}} = 1,000 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Okno	0,100	-	-	1,000	0,100

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany/okna}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany/okna}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 7.1.a)

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku okno-ściana:

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

$$\Psi_e = 0,044 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{okna}} \cdot L_{\text{okna}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,249 \cdot 1,327 - 0,186 \cdot 1,000 - 1,000 \cdot 0,100 = 0,044 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla rozwiązania standardowego Ψ_e na styku okno-ściana bez dodatkowej izolacji parapetu /nr 7/ na rys. 7.1.a)

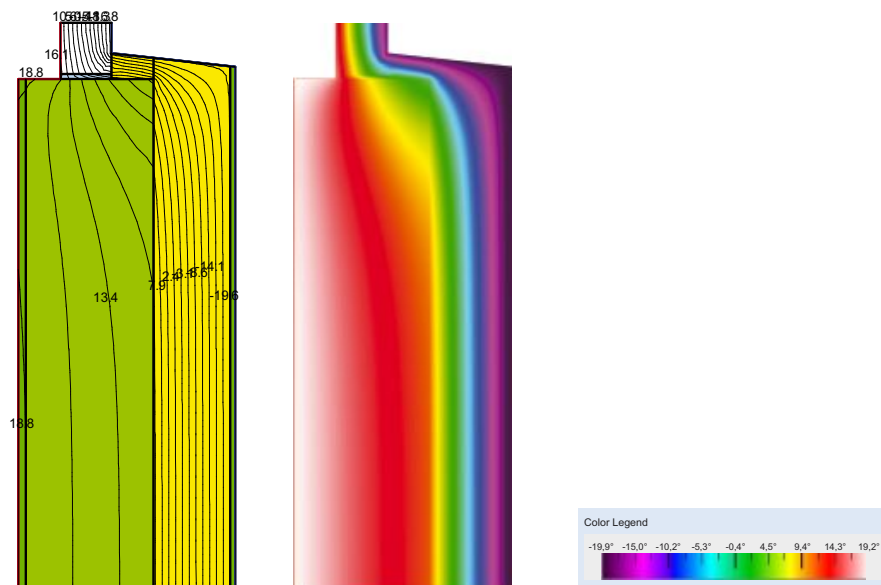
$$\Psi_e = 0,145 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,186 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Umieszczenie dodatkowej izolacji parapetu czy ościeży /nr 7/ przyczynia się do znacznej redukcji mostka ciepła w porównaniu do rozwiązania standardowego (bez tej izolacji) – o około 70%.
- Zaproponowane rozwiązanie o wartości mostka na poziomie 0,044 [W/mK] spełnia wymagania budynków energooszczędnych (graniczna wartość współczynnika liniowego mostka ciepła w standardzie NF40 wynosi 0,1 [W/mK])
- Z uwagi na powyższe ISOVER rekomenduje zachowanie ciągłości izolacji na styku ściana-okno oraz prawidłowe zaizolowanie ościeży okiennych poprzez wyprowadzenie warstwy izolacji z wełny mineralnej do płaszczyzny parapetu. Jest to szczególnie istotne dla budynków o dużych powierzchniach przeszkleń (biurowce, obiekty handlowe), gdzie wpływ tych połączeń na straty ciepła przez przenikanie jest znaczący.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

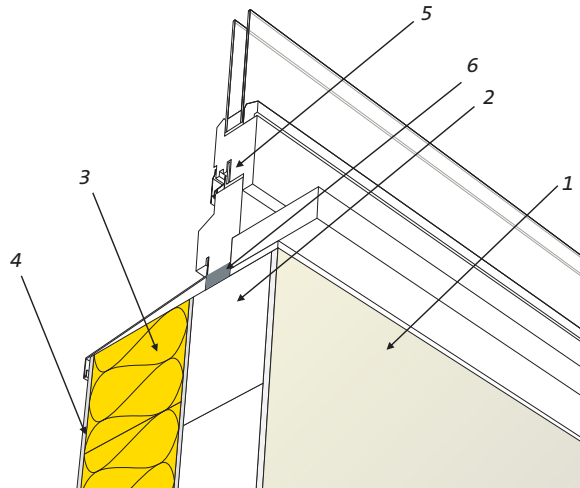
Izotermy i rozkład temperatur (rys. 7.2.a)



Rozwiązanie 7b – STANDARDOWE

Połączenie okna z parapetem

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 7.1.b)



1	Tynk C-W, gr. 1,5 cm, $\lambda = 0,820\text{W/mK}$
2	Beton komórkowy, gr 25cm, $\lambda = 0,350\text{W/mK}$
3	Wełna skalna ISOVER, gr. 15 cm, $\lambda = 0,036\text{ W/mK}$
4	Tynk C-W, gr. 1 cm, $\lambda = 0,820\text{ W/mK}$
5	Okno, $U = 1,0\text{ W/m}^2\text{K}$
6	Pianka poliuretanowa, $\lambda = 0,020\text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i okna

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,186\text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk C-W	0,015	0,820	0,018		
Beton komórkowy	0,250	0,250	1,000		
Wełna skalna ISOVER	0,150	0,036	4,167		
Tynk C-W	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,425	-	5,367	0,186	1,000

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla okna:				$U_{\text{okna}} = 1,000\text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Okno	0,100	-	-	1,000	0,100

- d – grubość materiału [m]
- λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]
- R – opór cieplny materiału [m²K/W]
- $U_{\text{ściany/okna}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]
- $L_{\text{ściany/okna}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 7.1.b)

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-okno:

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania – rys. 7.1.b):

$$\Psi_e = 0,145 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{okna}} \cdot L_{\text{okna}} \text{ [W/mK]}$$

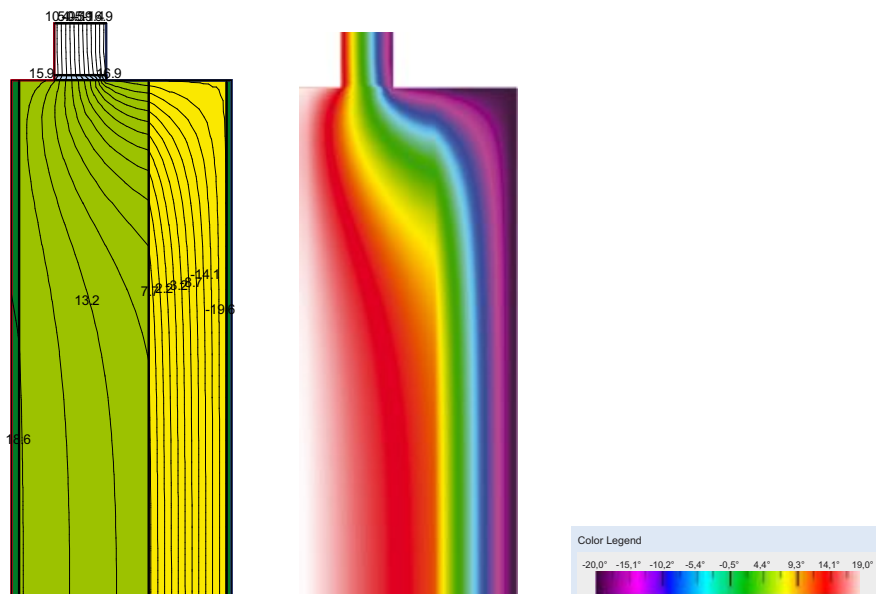
$$\Psi_e = 0,319 \cdot 1,35 - 0,186 \cdot 1,000 - 1,000 \cdot 0,100 = 0,145 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,186 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, jednak brak ciągłości izolacji na styku parapet-ściana zewnętrzna ma wpływ na podwyższenie wskaźnika EP.
- Brak ciągłości izolacji na styku parapet-ściana zewnętrzna przyczynia się do powstania znacznego liniowego współczynnika przenikania ciepła w wysokości $0,145 \text{ [W/mK]}$, co rzutuje na znaczne starty ciepła przez te elementy i jest szczególnie istotne dla budynków o dużych powierzchniach przeszkleń.
- Rozwiązaniem rekomendowanym jest zachowanie ciągłości izolacji na styku ściana-parapet oraz zastosowanie dodatkowej izolacji w postaci wełny mineralnej wokół parapetu/ościeży okiennych – patrz rozwiązanie 7a.

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

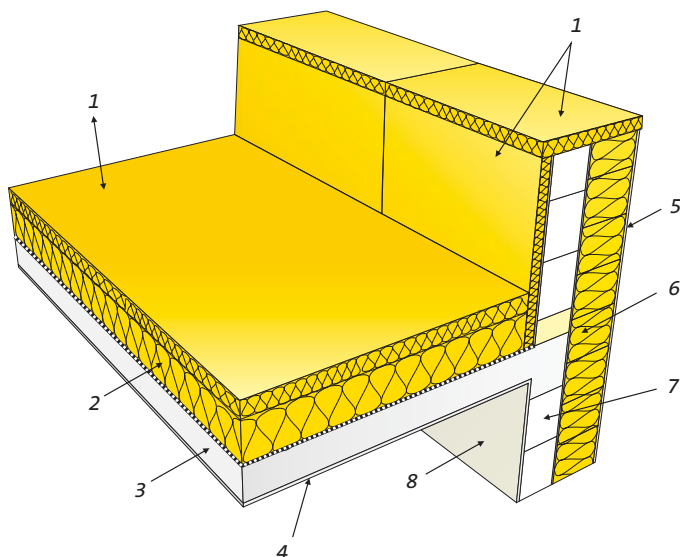
Izotermie i rozkład temperatur (rys. 7.2.b)



Rozwiązanie 8a – REKOMENDOWANE

Izolacja attyki

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 8.1.a)



1	Izolacja dachu: wełna skalna ISOVER 4cm, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
2	Izolacja dachu: wełna skalna ISOVER 14cm, $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$
3	Beton komórkowy, gr. 15cm, $\lambda = 0,350 \text{ W/mK}$
4	Tynk, gr 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
5	Tynk, gr 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
6	Izolacja ściany: wełna skalna ISOVER 15cm, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
7	Beton komórkowy, gr. 15cm, $\lambda = 0,350 \text{ W/mK}$
8	Tynk, gr 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i dachu płaskiego

Opis	d	λ	R	$U_{\text{ściany}}$	$L_{\text{ściany}}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,228 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
► Tynk CW	0,015	0,820	0,018		
► Beton komórkowy	0,150	0,350	0,429		
► Wełna skalna ISOVER	0,150	0,040	3,750		
► Tynk CW	0,015	0,820	0,018		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,330	-	4,206	0,228	1,330

Opis	d	λ	R	U_{stropu}	L_{stropu}
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla dachu:				$U_{\text{dachu}} = 0,195 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,100		
► Tynk CW	0,015	0,820	0,018		
► Beton zwykły	0,150	0,350	0,428		
► Wełna skalna ISOVER	0,140	0,038	3,684		
► Wełna skalna ISOVER	0,040	0,040	1,000		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,400		
Dane przegrody (dachu)	0,345	-	5,130	0,195	1,315

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e atyki (na styku ściana-dach)

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania – rys. 8.1.a)

$$\Psi_e = -0,029 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{dachy}} \cdot L_{\text{dachy}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,169 \cdot 3,131 - 0,228 \cdot 1,330 - 0,195 \cdot 1,315 = -0,029 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla rozwiązania standardowego – bez izolacji atyki), szczegóły w rozwiązaniu 8b

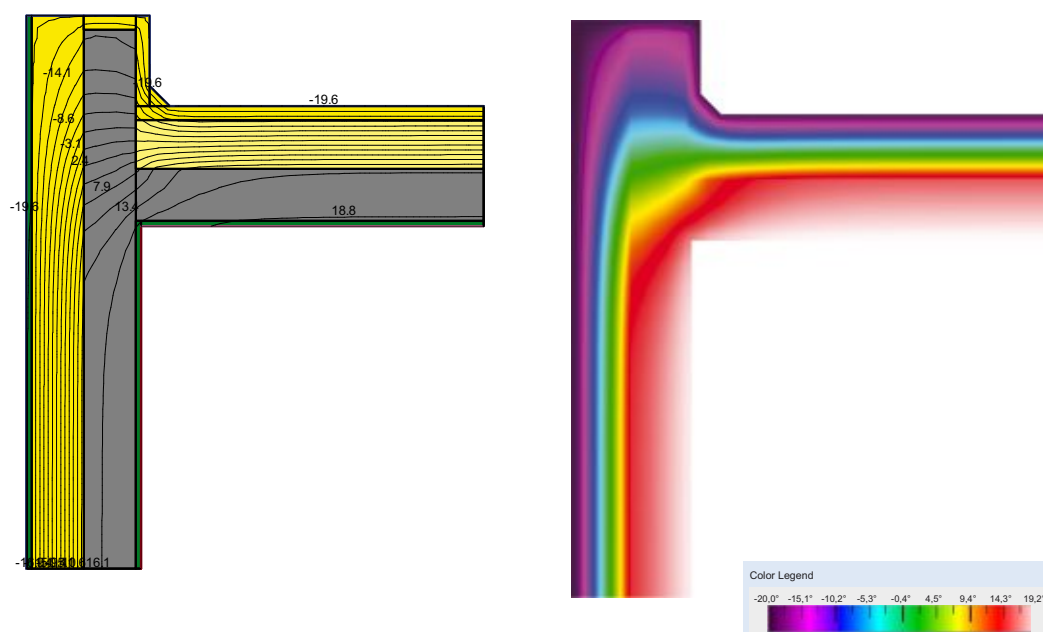
$$\Psi_e = -0,001 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,228 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ i dachu $U_{\text{dachy}} = 0,198 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,200 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Zachowanie ciągłości izolacji przy połączeniu ściany z dachem (izolacja atyki dodatkową warstwą wełny nr 1) redukuje wartość liniowego mostka cieplnego do poziomu $-0,029 \text{ [W/mK]}$
- Wartości ujemne mostków liniowych wynikają z geometrii danego połączenia i wytycznych dotyczących obliczania strat ciepła po wymiarach zewnętrznych oraz skorygowania „podwójnego” naliczania straty ciepła na łączącym odcinku. Występują dla węzłów narożników zewnętrznych czy połączeń stropów/dachów (w tym przypadku węzeł atyki).
- Zaproponowane rozwiązanie o wartości mostka na poziomie $-0,029 \text{ [W/mK]}$ spełnia wymagania budynków energooszczędnych (graniczna wartość współczynnika liniowego mostka ciepła w standardzie NF40 wynosi $0,1 \text{ [W/mK]}$)
- Z uwagi na powyższe rozwiązaniem rekomendowanym jest zaizolowanie ścian atyki ze wszystkich stron odpowiednią wełną ISOVER

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermie i rozkład temperatur (rys. 8.2.a)



d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany/dachu}}$

$L_{\text{ściany/dachu}}$

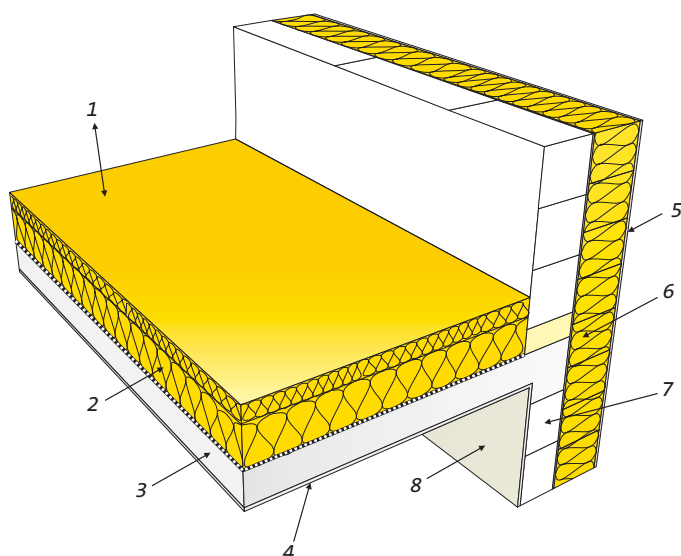
– obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

– długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 8.1.a)

Rozwiązanie 8b – STANDARDOWE

Izolacja attyki

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 8.1.b)



- 1 Izolacja dachu: wełna skalna ISOVER 4cm,
 $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- 2 Izolacja dachu: wełna skalna ISOVER 14cm,
 $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$
- 3 Beton komórkowy, gr. 15cm, $\lambda = 0,350 \text{ W/mK}$
- 4 Tynk, gr 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 5 Tynk, gr 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 6 Izolacja ściany: wełna skalna ISOVER 15cm,
 $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- 7 Beton komórkowy, gr. 15cm, $\lambda = 0,350 \text{ W/mK}$
- 8 Tynk, gr 1,5cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i dachu płaskiego

Opis	d	λ	R	$U_{\text{ściany}}$	$L_{\text{ściany}}$
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:				$U_{\text{ściany}} = 0,228 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
► Tynk CW	0,015	0,820	0,018		
► Beton komórkowy	0,150	0,350	0,429		
► Wełna skalna ISOVER	0,150	0,040	3,750		
► Tynk CW	0,015	0,820	0,018		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,330	-	4,385	0,228	1,330

Opis	d	λ	R	U_{stropu}	L_{stropu}
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla dachu:				$U_{\text{dachu}} = 0,195 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,100		
► Tynk CW	0,015	0,820	0,018		
► Beton komórkowy	0,150	0,350	0,428		
► Wełna skalna ISOVER	0,140	0,038	3,684		
► Wełna skalna ISOVER	0,040	0,040	1,000		
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (dachu)	0,345	-	5,130	0,195	1,315

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e atyki (na styku ściana-dach)

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania – rys. 8.1.b)

$$\Psi_e = -0,001 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{dachy}} \cdot L_{\text{dachy}} \text{ [W/mK]}$$

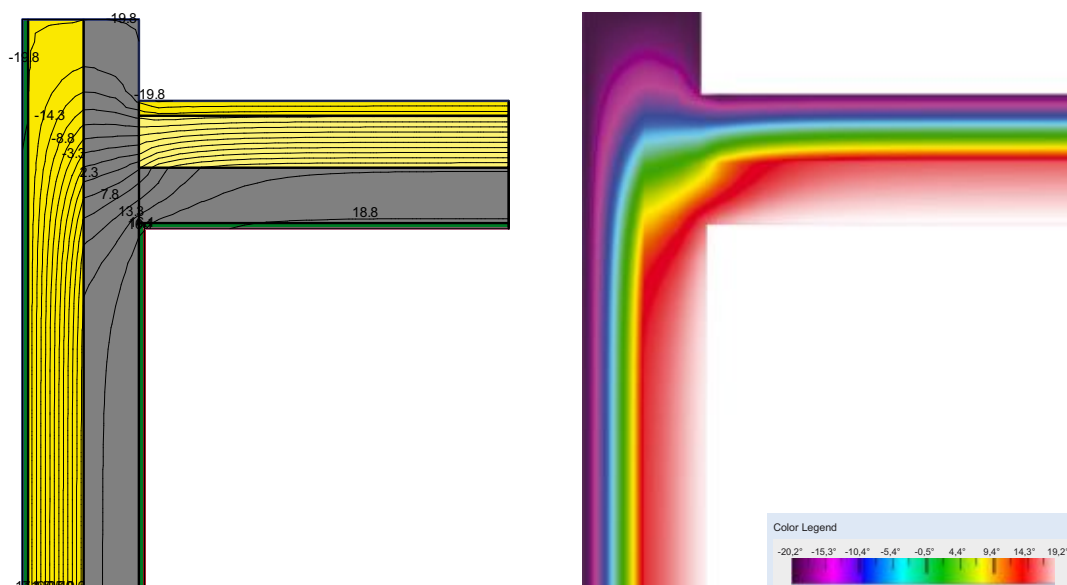
$$\Psi_e = 0,181 \cdot 3,085 - 0,228 \cdot 1,33 - 0,195 \cdot 1,315 = -0,001 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,228 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ i dachu $U_{\text{dachy}} = 0,198 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,200 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, jednak brak ciągłości izolacji atyki ma wpływ na podwyższenie wskaźnika EP.
- Brak ciągłości izolacji wokół elementu atyki przyczynia się do powstania mostku ciepła o liniowym współczynniku strat ciepła w wysokości $-0,001 \text{ [W/mK]}$.
- Z uwagi na powyższe – rozwiązaniem rekomendowanym jest izolacja ścian atyki ze wszystkich stron wełną ISOVER (zmniejszenie strat ciepła przez ten element) – patrz rozwiązanie 8a

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermie i rozkład temperatur (rys. 8.2.b)



d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany/dachu}}$

$L_{\text{ściany/dachu}}$

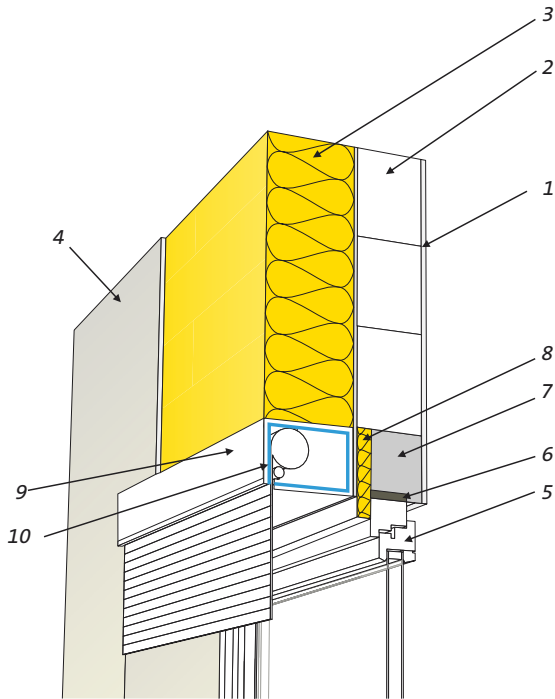
– obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

– długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 8.1.b)

Rozwiązanie 9a – REKOMENDOWANE

Izolacja zewnętrznej rolety okiennej

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 9.1.a)



1	Tynk C-W, gr. 1 cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
2	Pustak ceramiczny drążony, gr. 24cm, $\lambda = 0,360 \text{ W/mK}$
3	Wełna skalna ISOVER, gr. 15 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
4	Tynk C-W, gr. 1,0 cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
5	Okno, $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Pianka poliuretanowa, $\lambda = 0,020 \text{ W/mK}$
7	Żelbet, gr. 24cm, $\lambda = 2,200 \text{ W/mK}$
8	Wełna skalna lub szklana ISOVER gr. 5 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
9	Obudowa kasety, $\lambda = 0,130 \text{ W/mK}$
10	Styropian, izolacja kasety, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i okna

Opis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	L [m]
------	----------	---------------------	---------------------------	---------------------------	----------

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:			$U_{\text{ściany}} = 0,199 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk C-W	0,010	0,820	0,012		
Pustak ceramiczny drążony	0,240	0,360	0,666		
Wełna skalna ISOVER	0,150	0,036	4,167		
Tynk C-W	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,410	-	5,027	0,199	1,390

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla okna:			$U_{\text{okna}} = 1,0 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Okno	0,100	-	-	1,000	0,100

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany/okna}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

$L_{\text{ściany/okna}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 9.1.a)

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-okno

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e
(dla przyjętego rozwiązania – rys. 9.1.a):

$$\Psi_e = 0,081 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{okna}} \cdot L_{\text{okna}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,246 \cdot 1,859 - 0,199 \cdot 1,39 - 1,000 \cdot 0,100 = 0,081 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika
przenikania ciepła Ψ_e (dla
rozwiązania standardowego –
bez dodatkowej warstwy izolacji
nr 8 na rys. 9.1.a) szczegóły
w rozwiązaniu 9b

$$\Psi_e = 0,474 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,199 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Umieszczenie dodatkowej izolacji (nr 8) pomiędzy roletą a nadprożem przyczynia się do znacznej redukcji liniowego mostka ciepła w porównaniu do rozwiązania bez tej warstwy izolacji o około 80%
- Zaproponowane rozwiązanie o wartości mostka na poziomie 0,081 [W/mK] spełnia wymagania budynków energooszczędnych (graniczna wartość współczynnika liniowego mostka ciepła w standardzie NF40 wynosi max. 0,1 [W/mK])
- Z uwagi na powyższe, ISOVER rekomenduje zachowanie ciągłości izolacji na styku ściana-roleta-okno poprzez wyprowadzenie dodatkowej warstwy izolacji z wełny mineralnej między roletę a nadproże

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

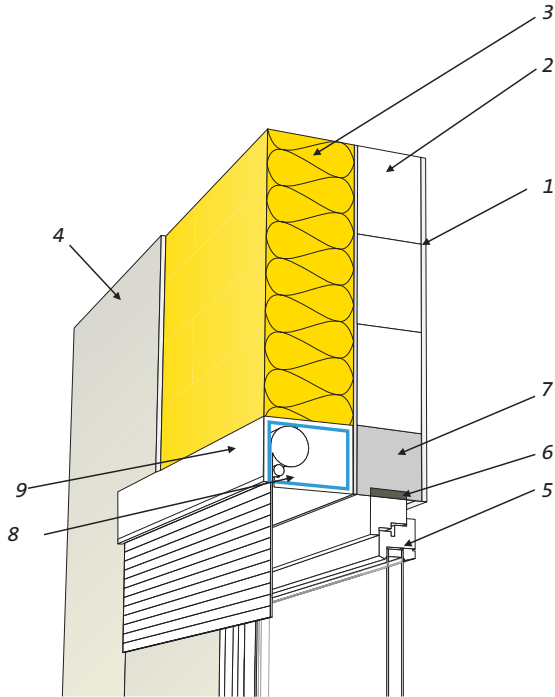
Izotermy i rozkład temperatur (rys. 9.2.a)



Rozwiązanie 9b – STANDARDOWE

Izolacja zewnętrznej rolety okiennej

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 9.1.b)



1	Tynk C-W, gr. 1 cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
2	Pustak ceramiczny drążony, gr. 24cm, $\lambda = 0,360 \text{ W/mK}$
3	Wełna skalna ISOVER, gr. 15 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
4	Tynk C-W, gr. 1,0 cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
5	Okno, $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Pianka poliuretanowa, $\lambda = 0,020 \text{ W/mK}$
7	Żelbet, gr. 24cm, $\lambda = 2,200 \text{ W/mK}$
8	Styropian, izolacja kasety, $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
9	Obudowa kasety, $\lambda = 0,130 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany i okna

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:			$U_{\text{ściany}} = 0,199 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
▶ Tynk C-W	0,010	0,820	0,012		
▶ Pustak ceramiczny drążony	0,240	0,360	0,666		
▶ Wełna skalna ISOVER	0,150	0,036	4,167		
▶ Tynk C-W	0,010	0,820	0,012		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,410	-	5,027	0,199	1,390

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla okna:			$U_{\text{okna}} = 1,000 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Okno	0,100	-	-	1,000	0,100

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany/okna}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [W/m²K]

$L_{\text{ściany/okna}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 9.1.b)

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana-okno

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania – rys. 9.1.b):

$$\Psi_e = 0,474 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot L_{\text{enght}} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} - U_{\text{okna}} \cdot L_{\text{okna}} \text{ [W/mK]}$$

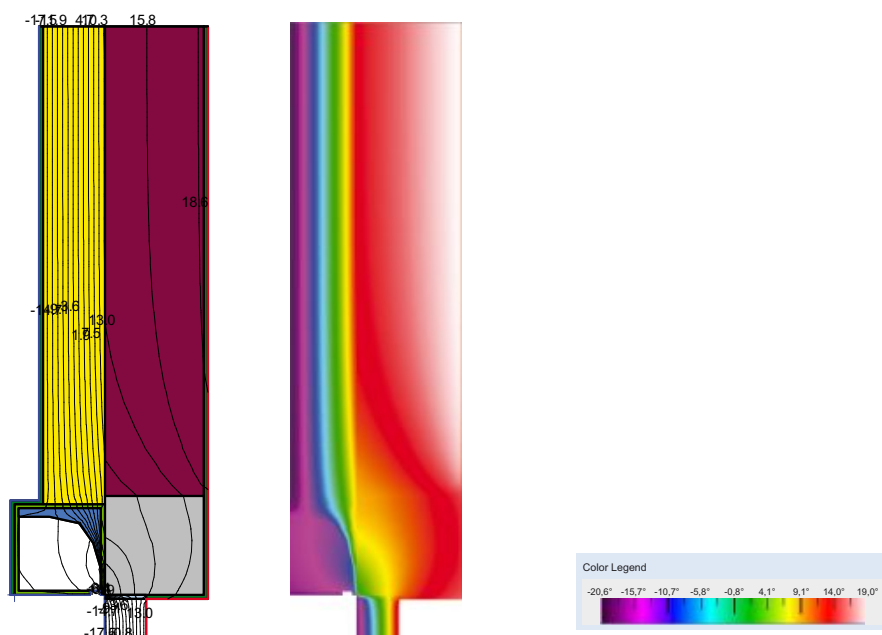
$$\Psi_e = 0,469 \cdot 1,810 - 0,199 \cdot 1,39 - 1,000 \cdot 0,100 = 0,474 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,199 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, jednak brak ciągłości izolacji na styku ściana-roleta-okno ma wpływ na podwyższenie wskaźnika EP.
- Brak ciągłości izolacji na styku ściana-roleta-okno przyczynia się do powstania znacznego liniowego współczynnika przenikania ciepła wielkości $0,474 \text{ [W/mK]}$, co powoduje zwiększenie strat ciepła przez przenikanie i wiąże się z ryzykiem powstania zagrzybienia.
- Z uwagi na powyższe, rozwiązaniem rekomendowanym jest zachowanie ciągłości izolacji na styku ściana-roleta-okna poprzez wyprowadzenie dodatkowej warstwy izolacji z wełny mineralnej, o jak najlepszych parametrach cieplnych, między roletę a nadproże (patrz rozwiązanie 9a).

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

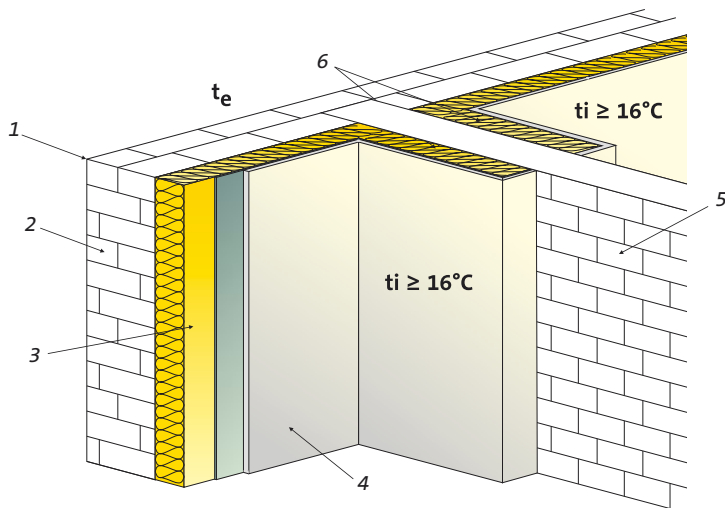
Izotermy i rozkład temperatur (rys. 9.2.b)



Rozwiązanie 10a – REKOMENDOWANE

Izolacja ścian zewnętrznych od środka

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 10.1.a)



- 1 Tynk, gr 1cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 2 Cegła pełna gr. 38cm, $\lambda = 0,770 \text{ W/mK}$
- 3 Izolacja ściany zewnętrznej od środka: wełna szklana ISOVER 10cm, $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$
- 4 Płyty g-k, gr 1,25cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/mK}$
- 5 Ściana wewnętrzna: cegła pełna gr.12cm, $\lambda = 0,770 \text{ W/mK}$
- 6 Izolacja z wełny szklanej ISOVER gr 5cm wywinęta na ściany wewnętrzne na długości 100cm, $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:			$U_{\text{ściany}} = 0,246 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk C-W	0,0100	0,820	0,012		
Cegła pełna	0,3800	0,770	0,494		
Wełna szklana ISOVER	0,1000	0,030	3,333		
Płyta g-k	0,0125	0,250	0,050		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,502	-	4,059	0,246	3,080

d – grubość materiału [m]

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK]

R – opór cieplny materiału [m²K/W]

$U_{\text{ściany}}$

$L_{\text{ściany}}$

– obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]

– długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 10.1.a)

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana zewnętrzna–ściana wewnętrzna

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania – rys. 10.1.a):

$$\Psi_e = 0,121 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot \text{Lenght} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = 0,286 \cdot 3,080 - 0,246 \cdot 3,080 = 0,121 \text{ [W/mK]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla rozwiązania standardowego – bez izolacji ściany wewnętrznej nr 6 na rys. 10.1.a)

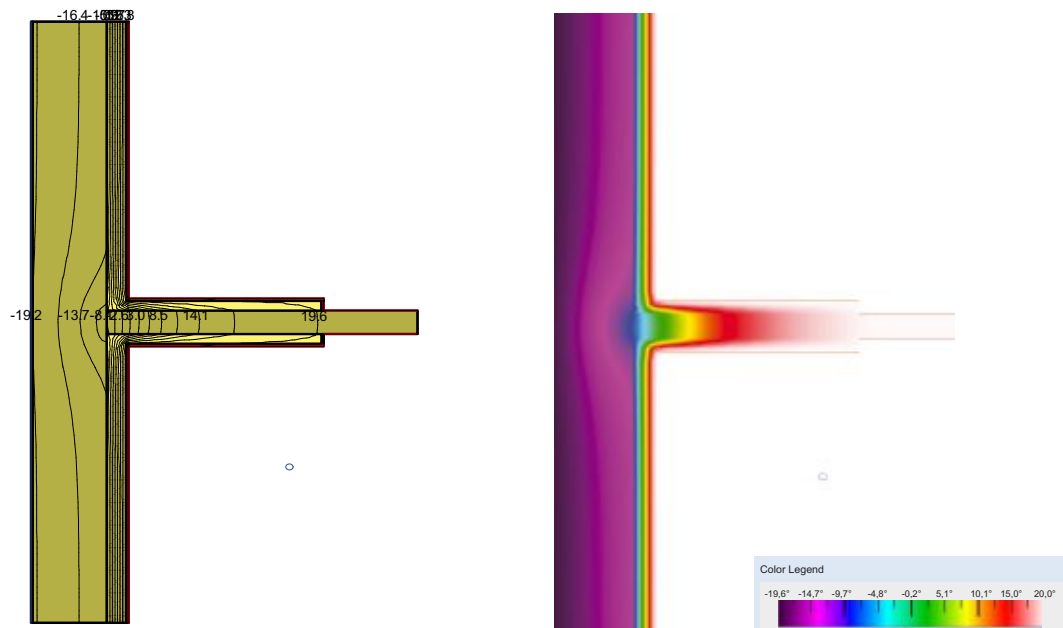
$$\Psi_e = 0,234 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- ISOVER rekomenduje ocieplanie ścian zewnętrznych od zewnątrz (izolacja po zimniejszej stronie przegrody)
- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,246 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_c \text{ max} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
- Montaż dodatkowej izolacji z wełny szklanej /nr 6/ na ścianach wewnętrznych stykających się z ocieplaną ścianą zewnętrzną, redukuje liniowy mostek ciepła o około połowę w porównaniu do rozwiązania bez tej dodatkowej warstwy izolacji i minimalizuje ryzyko rozwoju pleśni czy grzybów
- Z uwagi na powyższe, w przypadku konieczności ocieplenia ścian zewnętrznych od środka, ISOVER rekomenduje zachowanie ciągłości izolacji na styku ściana zewnętrzna–ściana wewnętrzna poprzez wyprowadzenie warstwy izolacji z wełny szklanej grubości około 5cm (o jak najlepszych właściwościach cieplnych) na ścianę wewnętrzną i inne sąsiadujące przegrody na długości min. 100cm

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

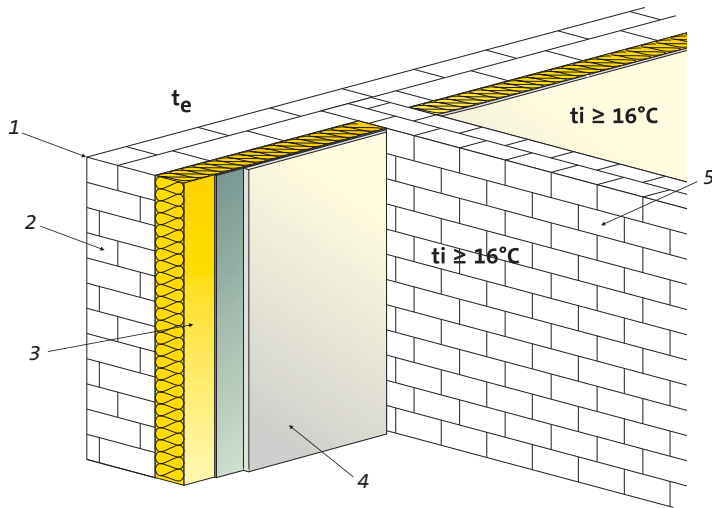
Izotermy i rozkład temperatur (rys. 10.2.a)



Rozwiązanie 10b – STANDARDOWE

Izolacja ścian zewnętrznych od środka

Schemat przyjętego rozwiązania (rys. 10.1.b)



- 1 Tynk, gr 1cm, $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$
- 2 Ściana zewnętrzna: cegła pełna gr. 38cm, $\lambda = 0,770 \text{ W/mK}$
- 3 Izolacja ściany zewnętrznej od środka: wełna szklana ISOVER 10cm, $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$
- 4 Płyty g-k, gr 1,25cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/mK}$
- 5 Ściana wewnętrzna: cegła pełna gr.12cm, $\lambda = 0,770 \text{ W/mK}$

Współczynnik U dla ściany

Opis	d	λ	R	U	L
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m]

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany:			$U_{\text{ściany}} = 0,246 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej			0,130		
Tynk C-W	0,0100	0,820	0,012		
Cegła pełna	0,3800	0,770	0,494		
Wełna szklana ISOVER	0,1000	0,030	3,333		
Płyta g-k	0,0125	0,250	0,050		
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej			0,040		
Dane przegrody (ściany)	0,502	-	4,059	0,246	3,080

d – grubość materiału [m] $U_{\text{ściany}}$ – obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła przegrody [m²K/W]
 λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału [W/mK] $L_{\text{ściany}}$ – długość, na której liczony jest liniowy mostek cieplny
 R – opór cieplny materiału [m²K/W] (wynikająca z przyjętego schematu – rys. 10.1.b)

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e na styku ściana zewnętrzna–ściana wewnętrzna

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e (dla przyjętego rozwiązania – rys. 10.1.b):

$$\Psi_e = 0,234 \text{ [W/mK]}$$

$$\Psi_e = U_c \cdot \text{Lenght} - U_{\text{ściany}} \cdot L_{\text{ściany}} \text{ [W/mK]}$$

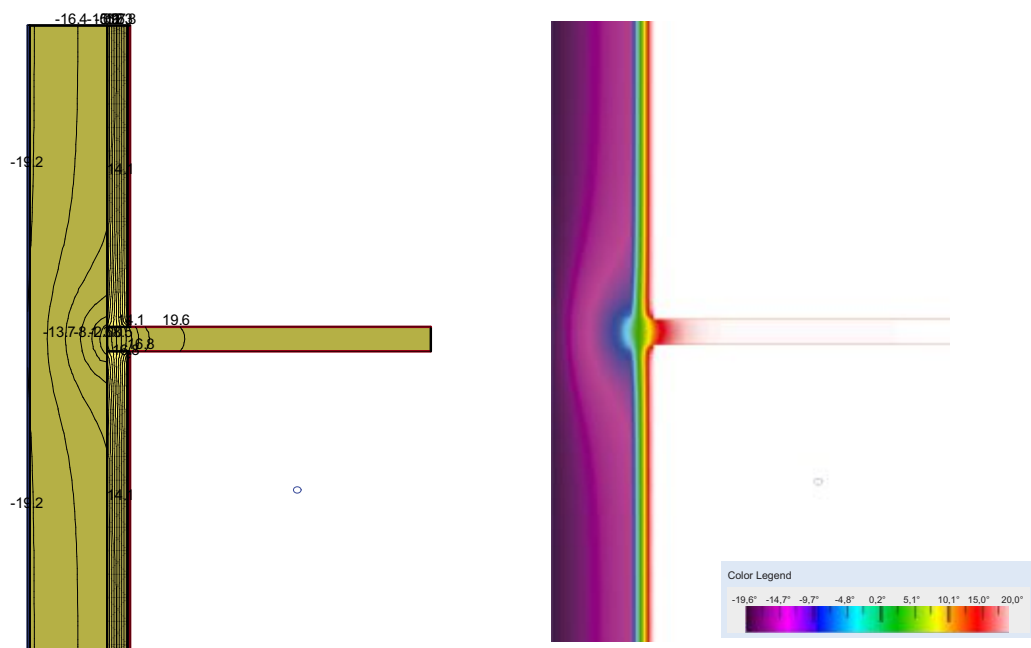
$$\Psi_e = 0,322 \cdot 3,080 - 0,246 \cdot 3,080 = 0,234 \text{ [W/mK]}$$

WNIOSKI:

- ISOVER rekomenduje ocieplenie ścian zewnętrznych od zewnątrz (izolacja po zimniejszej stronie przegrody)
- Przyjęte rozwiązanie spełnia wymagania WT* w zakresie współczynnika przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej $U_{\text{ściany}} = 0,246 \text{ [W/m}^2\text{K]} \leq U_{\text{cmax}} = 0,250 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, jednak brak wyprowadzenia izolacji na ściany wewn. ma wpływ na podwyższenie wskaźnika EP.
- Brak ciągłości izolacji na styku ściana zewnętrzna–ściana wewnętrzna przyczynia się do powstania znacznego liniowego współczynnika przenikania ciepła w wysokości 0,234 [W/mK], co może spowodować pojawienie się pleśni czy grzybów
- W celu zmniejszenia wpływu liniowego współczynnika przenikania ciepła zaleca się wyprowadzenie warstwy izolacji z wełny szklanej na sąsiadujące przegrody wewnętrzne (ściany, stropy) na długość min. 100cm, przy zastosowaniu wełny o jak najlepszych właściwościach cieplnych – patrz rozwiązanie 10a

* „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”

Izotermie i rozkład temperatur (rys. 10.2.b)



Wydanie I: 2014



Biuro Doradztwa Technicznego
800 163 121
konsultanci.isover@saint-gobain.pl
www.isover.pl



NARODOWA
AGENCJA
POSZANOWANIA
ENERGII S.A.

Świętokrzyska 20,
00-002 Warszawa
tel.: 48-22-50-54-661, 48-22-50-54-654
www.nape.pl