

Moduł

Przenikanie ciepła

Spis treści

710.	PRZENIKANIE CIEPŁA.....	3
710.1	WIADOMOŚCI OGÓLNE	3
710.2	OPIS OGÓLNY PROGRAMU.....	4
710.2.1.	<i>Ustalenie temperatur obliczeniowych</i>	<i>4</i>
710.2.2.	<i>Obliczenie oporów cieplnych warstw jednorodnych oraz oporów przejmowania ciepła .</i>	<i>4</i>
710.2.3.	<i>Obliczenie oporu cieplnego gruntu przylegającego do przegrody.....</i>	<i>5</i>
710.2.4.	<i>Obliczenie współczynnika przenikania ciepła.....</i>	<i>5</i>
710.2.5.	<i>Wykres rozkładu pola temperatur na grubości przegrody.....</i>	<i>5</i>
710.2.6.	<i>Wykres rozkładu ciśnień cząstkowych pary wodnej i ciśnienia pary wodnej nasyconej na grubości przegrody dla najbardziej niekorzystnych warunków pogodowych</i>	<i>6</i>
710.2.7.	<i>Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe dla okresu jednego roku, przyjmując średnie miesięczne warunki klimatyczne</i>	<i>7</i>
710.3	WPROWADZANIE DANYCH	7
710.3.1.	<i>Zakładka „Przenikanie ciepła”</i>	<i>8</i>
710.4	EKRAN GRAFICZNY MODUŁU „PRZENIKANIE CIEPŁA”	15
710.5	OKNO DRZEWA PROJEKTU.....	16
710.6	LITERATURA.....	16
710.7	PRZYKŁAD.....	17

710. Przenikanie ciepła

710.1 Wiadomości ogólne

Moduł **Konstruktora – Przenikanie ciepła** przeznaczony jest do projektowania przegród budowlanych z uwagi na fizykę budowli. Program oparty jest na teorii jednowymiarowego przepływu strumienia ciepła i wilgoci – prawa Ficka. Do wykonania potrzebnych obliczeń korzystano z następujących normy budowlane: PN-82/B-02402 „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”, PN-82/B-02403 „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”, PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.”, PN-91/B-02020 „Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.”, PN-EN ISO 13 788 „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania”, Draft CEN „Hygrothermal performance of building components and building elements – Estimation of internal surface temperature to avoid critical surface humidity and calculation of interstitial condensation” W ogólnym przypadku program może wykonać następujące obliczenia i wykresy:

- Wyznaczenie obliczeniowej temperatury zewnętrznej (PN-82/B-02403 „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”), oraz temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynku (PN-82/B-02402 „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”)
- Obliczenie oporów poszczególnych warstw jednorodnych danej przegrody budowlanej zgodnie z PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.”
- Wyznaczenie oporu cieplnego gruntu przylegającego do przegrody, zgodnie z PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.”
- Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla przegrody z ewentualnym uwzględnieniem przylegającego gruntu.
- Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla podłogi z uwzględnieniem podziału na strefy (w zależności od położenia obszaru względem ściany) oraz wyznaczenie oporu cieplnego gruntu zalegającego poniżej podłogi
- Wykonanie wykresu rozkładu pola temperatur na grubości przegrody.
- Wykonanie wykresu rozkładu ciśnień cząstkowych i nasycenia pary wodnej na grubości przegrody wraz z zaznaczeniem ewentualnie występującej strefy wykrapłania się pary wodnej – dla najbardziej niekorzystnych warunków pogodowych
- Wykonanie obliczeń ciepłno-wilgotnościowych dla 12 miesięcy, począwszy od października, dla średnich miesięcznych warunków klimatycznych. Wykonanie wykresów pola temperatury oraz ciśnienia cząstkowego pary wodnej i ciśnienia pary wodnej nasyconej dla ostatniego dnia każdego miesiąca. Wyznaczanie stref kondensacji w poszczególnych miesiącach oraz obliczenie masy wody wykondensowanej lub odparowanej z przegrody.

Poza wyżej wymienionymi obliczeniami moduł dodatkowo charakteryzuje się następującymi cechami:

- Zawiera rozbudowane biblioteki materiałów budowlanych wraz z charakteryzującymi je parametrami - μ oraz λ .
- Pozwala użytkownikowi na stworzenie biblioteki własnych materiałów wraz z charakteryzującymi je parametrami.
- Automatycznie wykonuje obliczenia oporu warstwy powietrza w zależności od grubości warstwy oraz od kierunku strumienia ciepła.
- Pozwala na eksport do i import z biblioteki dowolnej wykonanej przez użytkownika przegrody budowlanej.

710.2 Opis ogólny programu

710.2.1. Ustalenie temperatur obliczeniowych

Ustalenie obliczeniowej temperatury zewnętrznej odbywa się poprzez wybór jednej z pięciu stref klimatycznych, na które podzielona jest Polska zgodnie z PN-82/B-02403 „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”. Program sam przyporządkowuje każdej strefie odpowiednią temperaturę zewnętrzną w następujący sposób: strefa I - $T_z = -16$ °C, strefa II - $T_z = -18$ °C, strefa III - $T_z = -20$ °C, strefa IV - $T_z = -22$ °C, strefa V - $T_z = -24$ °C. Temperaturę w pomieszczeniu ogrzewanym wyznacza się na podstawie PN-82/B-02402 „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.” poprzez wybranie odpowiedniego rodzaju pomieszczenia. Przy czym pomimo wybrania odpowiedniej strefy lub pomieszczenia wewnętrznego użytkownik w każdym momencie ma możliwość edycji wartości temperatur w odpowiednich polach.

710.2.2. Obliczenie oporów cieplnych warstw jednorodnych oraz oporów przejmowania ciepła

Jeżeli dany jest współczynnik przewodzenia ciepła - λ [W/m*K] oraz grubość warstwy materiału w komponencie - d [cm] to opór cieplny warstwy otrzymuje się z następującego wzoru:

$$R = \frac{0,01 * d}{\lambda} \text{ [m}^2\text{*K/W]}$$

W przypadku braku dokładnych informacji o warunkach wymiany ciepła w odniesieniu do powierzchni płaskich stosuje się następujące wartości oporów przejmowania ciepła w zależności od powierzchni przegrody (zewnętrzna R_{se} , wewnętrzna R_{si}) oraz kierunku strumienia cieplnego:

- w górę : $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{*K/W}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{*K/W}$,
- poziomy: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{*K/W}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{*K/W}$,
- w dół : $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{*K/W}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{*K/W}$,

Wartości dotyczące kierunku poziomego stosuje się w przypadku kierunków strumienia cieplnego, odchylonego o $\pm 30^\circ$ od poziomej płaszczyzny. Przy czym pomimo wybrania odpowiedniego kierunku strumienia cieplnego użytkownik w każdym momencie ma możliwość edycji wartości oporów przejmowania w odpowiednich polach.

710.2.3. Obliczenie oporu cieplnego gruntu przylegającego do przegrody

Obliczenia dotyczące oporu cieplnego gruntu przylegającego do podłogi przeprowadza się na podstawie PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.” Załącznik krajowy NB.

Opór cieplny gruntu przylegającego do podłogi należy przyjmować w zależności od strefy podłogi. Jako strefę pierwszą przyjmuje się pas podłogi o szerokości 1 m. Przyległy do ścian zewnętrznych. Strefę drugą stanowi pozostała powierzchnia podłogi budynku. Wartości oporu cieplnego gruntu R_{gr} przyjmuje się:

- w strefie pierwszej $R_{gr} = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,
- w strefie drugiej R_{gr} przyjmuje się z tablicy NB.1 wyżej wspomnianej normy, przy czym $R_{gr \max} \geq R_{gr}$, gdzie

$$R_{gr \max} = 0,57 \cdot Z + 0,09$$

Z – wysokość, w metrach, górnej powierzchni podłogi od poziomu zwierciadła wody gruntowej.

Opór cieplny gruntu przylegającego do ściany przyjęto zgodnie z tablicą NB.2 wspomnianej normy, w zależności od H – odległość mierzona od górnej powierzchni podłogi do powierzchni terenu.

710.2.4. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła

Współczynnik przenikania ciepła U w watach na metr kwadratowy i kelwin, ścian i podłóg w ogólnym przypadku należy obliczać z następującego wzoru:

$$U = \frac{1}{R + R_{gr}} \quad \text{gdzie:}$$

R – całkowity opór cieplny przegrody (suma oporów cieplnych wszystkich warstw oraz oporów napływu i odpływu ciepła),

R_{gr} – obliczeniowy opór cieplny gruntu przylegającego odpowiednio do podłogi lub ściany.

710.2.5. Wykres rozkładu pola temperatur na grubości przegrody

Przegroda jest dzielona na około 1000 punktów. W każdym punkcie obliczane są temperatury zgodnie z wzorem:

$$\vartheta_n = t_i - U \cdot (t_i - t_e) \cdot \sum \frac{dn}{\lambda n} \quad \text{gdzie:}$$

ϑ_n – obliczana temperatura w danym punkcie przegrody,

t_i – temperatura wewnątrz pomieszczenia ogrzewanego,

t_e – temperatura obliczeniowa zewnętrzna,

U – współczynnik przenikania ciepła,

$\sum \frac{dn}{\lambda n}$ - suma oporów cieplnych na drodze od powietrza po stronie cieplejszej do punktu n .

Wykres rozkładu temperatur na grubości ściany jest sporządzany jeżeli użytkownik nie zdefiniuje oporów od gruntu przylegającego do ściany (wyłączenie opcji grunt przylegający do ściany lub podłogi). W przeciwnym razie program nie może wyznaczyć rzeczywistej temperatury na powierzchni zewnętrznej przegrody (przy uwzględnieniu oporu gruntu) i dla tak zdefiniowanej przegrody program wyznacza jedynie opory cieplne i współczynnik przenikania ciepła.

710.2.6. Wykres rozkładu ciśnień cząstkowych pary wodnej i ciśnienia pary wodnej nasyconej na grubości przegrody dla najbardziej niekorzystnych warunków pogodowych

Obliczenia potrzebne do sporządzenia wykresów rozkładu ciśnień cząstkowego i nasyconia pary wodnej oparte są na normie PN-EN ISO 13 788 „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania” Przegroda jest dzielona na około 1000 punktów. W każdym punkcie obliczane jest ciśnienie cząstkowe pary wodnej zgodnie ze wzorem:

$$p_n = p_i - \frac{p_i - p_e}{s_d} * s_{dx} \quad \text{gdzie:}$$

p_n – obliczane ciśnienie cząstkowe pary wodnej w danym punkcie przegrody,

p_i – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu wewnątrz pomieszczenia,

p_e – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu na zewnątrz pomieszczenia,

s_d – suma dyfuzyjnie równoważnych grubości warstwy powietrza wszystkich warstw przegrody

s_{dx} – suma dyfuzyjnie równoważnych grubości warstwy powietrza warstw do punktu n.

W obliczeniach pominięto opory wnikania pary wodnej ze względu na ich małe znaczenia. Dla warstw powietrza przyjęto $\mu = 1$ tak aby opór przenikania pary wodnej przez warstwę powietrza był znikomo mały i nie wpływał na obliczenia.

Domyślną wartość wilgotności względnej powietrza na zewnątrz budynku przyjęto równą 87%, natomiast wilgotność względną powietrza w pomieszczeniu przyjmuje się w zależności od przeznaczenia pomieszczenia 45% lub 55%. Użytkownik ma oczywiście możliwość zmiany tych parametrów.

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej w powietrzu dla temperatur ujemnych wyznaczone jest na podstawie normy PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.” tablica NA.3. Wartości pośrednie są aproksymowane liniowo. Natomiast dla wartości temperatur większych równych zero ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej w powietrzu obliczane jest na podstawie wzoru Hylanda i Wexlera.

Wykres rozkładu ciśnień cząstkowego i nasyconia pary wodnej na grubości ściany jest sporządzany jeżeli użytkownik nie zdefiniuje oporów od gruntu przylegającego do ściany (wyłączenie opcji grunt przylegający do ściany lub podłogi). W przeciwnym razie program nie może wyznaczyć rzeczywistego ciśnienia cząstkowego pary wodnej na powierzchni zewnętrznej przegrody (przy uwzględnieniu oporu gruntu).

710.2.7. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe dla okresu jednego roku, przyjmując średnie miesięczne warunki klimatyczne.

Podczas obliczeń do wyznaczenia wykresów rozkładu ciśnień cząstkowych pary wodnej w poszczególnych miesiącach korzystano z procedur obliczeniowych opisanych w poprzednim punkcie. Obliczenia rozpoczyna się od miesiąca października i prowadzi się je do września. Jeżeli w przegrodzie zachodzi zjawisko kondensacji wody to obliczono masę wykondensowanej wody na podstawie wzorów:

$$g_c = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_c}{sd_1} - \frac{p_c - p_e}{sd_2} \right) \quad \text{gdzie}$$

g_c – przyrost masy wykondensowanej wody,

δ_0 – współczynnik przepuszczania pary wodnej warstwy powietrza

p_i – cząstkowe ciśnienie pary wodnej na wewnętrznej powierzchni przegrody budowlanej

p_e – cząstkowe ciśnienie pary wodnej na zewnętrznej powierzchni przegrody budowlanej

p_c – cząstkowe ciśnienie pary wodnej w strefie kondensacji pary wodnej

sd_1 – suma dyfuzyjnie równoważnych grubości warstwy powietrza warstw przegrody budowlanej położonych pomiędzy wewnętrzną powierzchnią a strefą kondensacji

sd_2 – suma dyfuzyjnie równoważnych grubości warstwy powietrza warstw przegrody budowlanej położonych pomiędzy zewnętrzną powierzchnią a strefą kondensacji

W cieplejszych miesiącach roku może zachodzić odparowanie wody wcześniej wykondensowanej w przegrodzie. Obliczenia masy odparowanej wody prowadzi się prz zastosowaniu wzoru:

$$g_c = \delta_0 \left(\frac{p_c - p_i}{sd_1} - \frac{p_c - p_e}{sd_2} \right)$$

Wszystkie oznaczenia jak we wzorze powyżej. W danym miesiącu może zachodzić przypadek, że cała woda zawarta w przegrodzie odparowuje w części miesiąca, w pozostałych dniach nie zachodzi już odparowanie. W takim przypadku dany miesiąc podzielony jest na dwie części. Jeżeli zachodzi kondensacja pary wodnej w więcej niż jednej strefie w obliczeniach stosowano wzory opisane w PN-EN ISO 13 788 „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania”. Dane klimatyczne wykorzystywane w programie zaczerpnięto z PN-B-02025 „Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych.”

W raporcie tworzone są wykresy rozkładu temperatur, ciśnienia cząstkowego pary wodnej i ciśnienia pary wodnej nasyconej dla ostatniego dnia każdego miesiąca. Dla każdego miesiąca przypisany jest jedna para wykresów (temperatura, ciśnienia).

710.3 Wprowadzanie danych


Nawiasy klamrowe używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególna wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość.

Głównym oknem do wprowadzania danych w module Przenikanie ciepła jest okno dialogowe *Przenikanie ciepła*.

Aby Włączyć/wyłączyć okienko dialogowe *Przenikanie ciepła* naciskamy przycisk , lub z menu **WIDOK** wybierz polecenie **Okno do wprowadzania danych**.




710.3.1. Zakładka „Przenikanie ciepła”

Zakładka **Przenikanie ciepła** pozwala na wprowadzanie wszystkich danych dotyczących projektowanej ściany (wprowadzenie jednorodnych warstw wraz z parametrami je charakteryzującymi), oraz określenie pozostałych danych wykorzystywanych następnie w obliczeniach: temperatury zewnętrznej i wewnętrznej, oporów napływu ciepła, danych potrzebnych do obliczenia oporów od gruntu przylegającego do ściany.

Przenikanie ciepła wg PN-EN ISO 6946 ● ● ● INTERsoft

Przegroda 1

Nazwa przegrody: Ściana warstwowa z kratówki ocieplona z pustką powietrzną Biblioteka przegród ...

Kierunek strumienia ciepłego:    Opory przejmowania ciepła Wsp. przenikania ciepła

$R_{se} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$ $R_{si} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$ $U = \frac{W}{m^2K}$

Strona zewnętrzna

Nr	Nazwa materiału warstwy	d	λ	R	μ	Sd	Wzór
1	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	1.50	0.900	0.02	45.00	0.68	2
2	Mur z cegły kratówki	12.50	0.560	0.22	150.0	18.75	16
3	Niewentylowana warstwa powietrza	2.00	0.770	0.17	99999	1999.	7
4	Styropian(12)	8.00	0.043	1.86	12.00	0.96	13
5	Mur z cegły kratówki	25.00	0.560	0.45	150.0	37.50	8

Strona wewnętrzna

Edycja warstw Warunki pogodowe najbardziej niekorzystne

Wybór strefy klimatycznej ... $T_z = -20$ °C Wilg.zew. = 87 %

Typ obiektu: Pokoje biurowe, sale posiedzeń $T_w = 20$ °C Wilg.wew. = 45 %

Warunki klimatyczne średnie

Miasto ... $T_w = 20$ °C Warszawa

Wilgotność wewnątrz pomieszczenia Stała wilgotność wew.

55 %

Ściana zagłębiona w gruncie Zagłębienie podłogi pod pow. terenu 1.2 m

Podłoga na gruncie

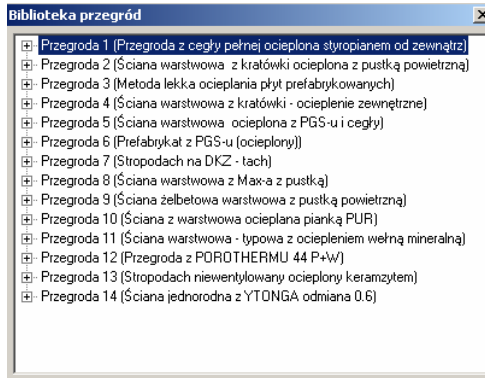
Szerokość podłogi 3 m

Zagłębienie podłogi pod pow. terenu 1.2 m

Wysokość podłogi od poziomu wody [ZWG] 3.5 m

Opis danych wprowadzanych na zakładce:

- Biblioteka przegród – pozwala na pobranie całej przegrody z biblioteki przegród. Po naciśnięciu tego klawisza wyświetli się następujące okno:



Po podwójnym kliknięciu na daną przegrodę parametry tej przegrody zostaną załadowane do programu.

- Kierunek strumienia ciepłego.



Pierwszy przycisk oznacza kierunek strumienia w górę, drugi poziomo natomiast trzeci w dół. W zależności od wybranego kierunku przepływu strumienia ciepła opory przyjmowania ciepła na powierzchniach przyjmą wartości zgodne z punktem 710.2.2.

Opis temperatur i oporów napływu:

Rsi:	$[m^2 \cdot K/W]$	Opór przyjmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody	Opory przyjmowania zależą od kierunku strumienia ciepłego
Rse:	$[m^2 \cdot K/W]$	Opór przyjmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody	Opory przyjmowania zależą od kierunku strumienia ciepłego

Współczynnik przenikania ciepła przegrody:

Współczynnik przenikania ciepła:	$[W/m^2 \cdot K]$	Obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła	Obliczany po naciśnięciu przycisku oblicz.
----------------------------------	-------------------	--	--

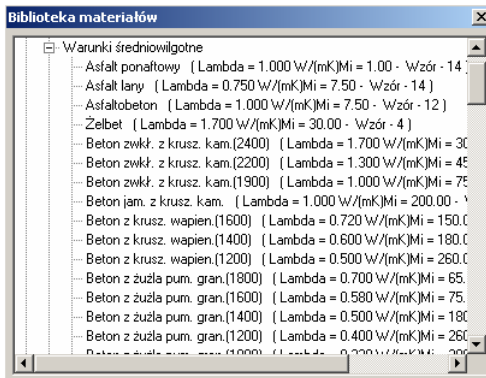
Parametry wprowadzanych warstw przegrody:

Nazwa materiału	$[-]$	Nazwa danego materiału pobieranego z biblioteki lub wpisywanego przez
-----------------	-------	---

przegrody		użytkownika	
D	[cm]	Grubość danej warstwy	
λ	[W/m*K]	Obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału	
R	[m ² *K/W]	Obliczony opór cieplny danej warstwy	
μ	[-]	Współczynnik dyfuzji pary wodnej	
s_d	[m]	dyfuzyjnie równoważnych grubości warstwy powietrza danej warstwy powietrza	
Wzór	[-]	Wzór jaki zostanie przyporządkowany do danej warstwy. Użytkownik może go wybrać z okna klikając na komórkę <i>Wzór</i> lewym przyciskiem myszy	1-16

Użytkownik programu ma możliwość edycji wszystkich wartości wprowadzonych z biblioteki lub automatycznie obliczonych przez program. Wprowadzanie nowej warstwy powinno przebiegać w następującej kolejności. Użytkownik klika przycisk Dodaj warstwę, następnie pobiera dane z biblioteki, wpisuje grubość warstwy w centymetrach i po opuszczeniu komórki oznaczającej grubość warstwy automatycznie jest obliczany opór wprowadzonej warstwy. W przypadku innej kolejności wprowadzania danych mogą pojawić się błędy. W takim wypadku proszę usunąć warstwę, ponownie dodać nową i postępować według powyższej kolejności wykonywania zadań.

Jeżeli użytkownik chce wprowadzić jako jedną z warstw materiał z biblioteki należy dodać nową warstwę a następnie kliknąć prawym przyciskiem myszy na komórkę *Nazwa materiału przegrody* wtedy pojawi się ono zawierające elementy biblioteki materiałów:



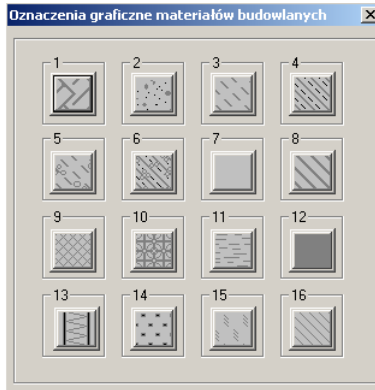
Następnie należy wybrać materiał, który chcemy wstawić poprzez podwójne kliknięcie na dany materiał. Biblioteka materiałów jest podzielona na dwa segmenty:

- Biblioteka normowa,
- Biblioteka użytkownika.

Bibliotek normowa zawiera dalsze segmenty:

- Warunki wilgotne – parametry materiałów dla warunków wilgotnych,
- Warunki średniowilgotne – parametry materiałów dla warunków średniowilgotnych,
- Warstwy powietrza – zawiera niewentylowaną i słabowentylowaną warstwę powietrza.

Program pozwala również na przypisanie jednego z 16 wzorów do wprowadzanej przez użytkownika warstwy. W tym celu należy najechać kursorem na komórkę *Wzór* a następnie kliknąć prawym przyciskiem myszy. Pojawi się następujące okno:



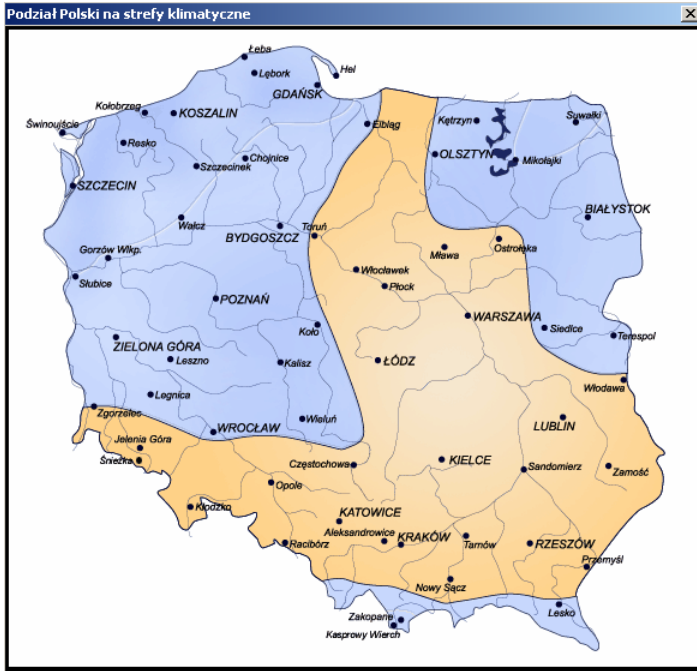
Klikając na dowolny wzór przyporządkowujemy go aktualnie edytowanej warstwie. Numer wybranego wzoru pojawi się w komórce *Wzór* w oknie głównym.

- Dodaj warstwę – pozwala na dodanie warstwy. Warstwy powinny się wpisywać w takiej kolejności, aby warstwa zewnątrz była warstwą pierwszą, a następnie kolejne warstwy. Warstwa jest dodawana po warstwie na której aktualnie stoi kursor, lub przed warstwą jeżeli warstwa jest zamarkowana. W przeciwny razie nowa warstwa jest dodawana jako ostatnia.
- Usuń warstwę – pozwala na usunięcie zamarkowanej warstwy, jeżeli warstwa jest nie zamarkowana naciśnięcie przycisku usuń warstwę nie spowoduje żadnego działania

Najbardziej niekorzystne warunki pogodowe:

W tym polu użytkownik definiuje najbardziej niekorzystne warunki pogodowe, dla których są wyznaczane pola temperatury i ciśnienia pary wodnej. Wykresy te są widoczne po obliczeniach na ekranie graficznym jak również w raportach. Aby zdefiniować najbardziej niekorzystne warunki pogodowe użytkownik musi zadeklarować następujące wielkości:

- Wybór strefy klimatycznej – naciskając ten przycisk pojawia się nowe okno, w którym użytkownik po najechaniu kursorem i kliknięciu lewym przyciskiem myszy wybiera strefę klimatyczną, w której ma się znajdować projektowana przegroda,



Typ obiektu: [-] Wybór typu obiektu wewnętrznego z comba.

Przykłady pomieszczeń zaczerpnięto z normy PN-82/B-02402

Opis temperatur i wilgotności względnych wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia:

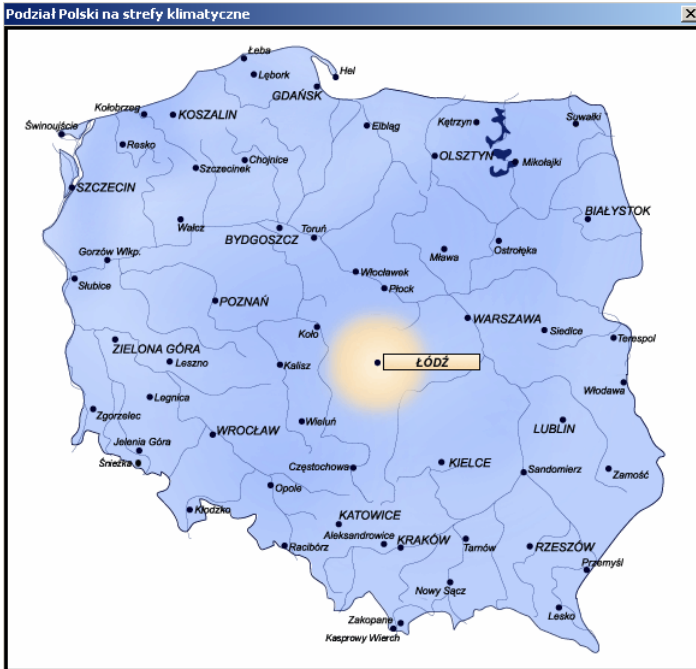
Tz:	[° C]	Obliczeniowa temperatura zewnętrzna	$T_w \geq T_z$
Tw:	[° C]	Temperatura ogrzewanego pomieszczenia w budynku	$T_w \geq T_z$
Wilg.zew.:	[%]	Wilgotność na zewnątrz pomieszczenia	Wilgotność względna może przyjmować wartości z zakresu (0, 100)
Wilg.wew.:	[%]	Opór przyjmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody	Wilgotność względna może przyjmować wartości z zakresu (0, 100)

Definicja średnich warunków klimatycznych:

W tym opłu użytkownik definiuje wszystkie wielkości potrzebne w celu aby program policzył miesięczne rozkłady temperatur i ciśnienia pary wodnej oraz sprawdził ewentualną

kondensację pary wodnej oraz jej odparowanie z przegrody. W tym celu użytkownik musi zdefiniować następujące wielkości:

Wybór regionu kraju – *Miasto*. Naciskając ten przycisk pojawia się nowe okno, w którym użytkownik po najechaniu kursorem i kliknięciu lewym przyciskiem myszy wybiera jeden z sześćdziesięciu regionów kraju, w której ma się znajdować projektowana przegroda. Program automatycznie definiuje odpowiadające danej strefie temperaturę i ciśnienie cząstkowe pary wodnej.



Miasto wybrane przez użytkownika jest wpisane w oknie znajdującym się obok guzika *Miasto*.

Tw:	[° C]	Średnia temperatura wewnątrz danego pomieszczenia	
Wilgotność wewnątrzna pomieszczenia	[-]	Korzystając z suwaka użytkownik definiuje wilgotność względną pomieszczenia. Na tej podstawie jest wyliczane ciśnienie cząstkowe pary wodnej	Znacznik <i>Stała wilgotność wewnątrz</i> nie może być zaznaczony
Stała wilg. Wzgl.	[-]	Jeżeli znacznik nie jest zaznaczony użytkownik definiuje wilgotność względną za pomocą suwaka. Jeżeli znacznik jest zaznaczony należy wpisać	

Stać wilg. Wzgl.	[%]	wartość w oknie poniżej Średnia wilgotność względna wewnątrz pomieszczenia ogrzewanego	Znacznik <i>Stać wilgotność wewnątrz</i> musi być zaznaczona
------------------	-----	---	--

Parametry potrzebne do obliczenia oporu gruntu przylegającego do przegrody:

Zagłębienie podłogi pod pow. Terenu	[m]	Odległość od górnej powierzchni podłogi do powierzchni terenu	Zmienna ta służy do podziału podłogi na dwie strefy: 1 – pas podłogi o szerokości 1 m. przyległy do ściany 2 – pozostała powierzchnia podłogi budynku.
Szerokość podłogi	[m]	Szerokość podłogi	
Wysokość podłogi od poziomu wody (ZWG):	[m]	Wysokość górnej powierzchni podłogi od poziomu zwierciadła wody gruntowej.	

- Biblioteka materiałów użytkownika – program umożliwia użytkownikowi definiowanie własnej biblioteki materiałów wraz z charakteryzującymi je parametrami. Początkowo zostały wprowadzone pewne nowoczesne materiały budowlane, przy czym dla tych materiałów prawidłowo zostały wprowadzone wartości przewodzenia ciepła, natomiast wartości współczynnika pary wodnej przyjęto dla analogicznych materiałów ponieważ producent nie opublikował tych danych.

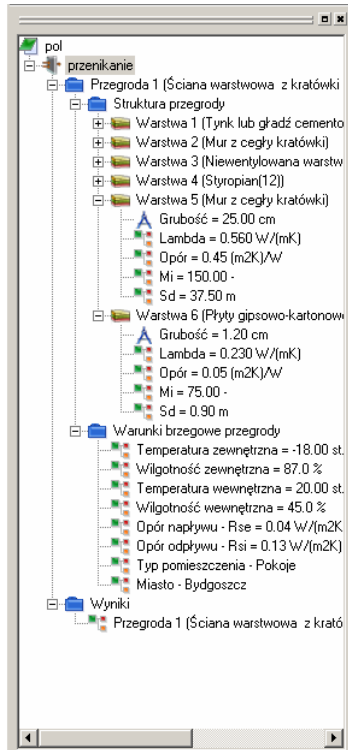
Nr	Nazwa	λ	μ	Wzór
1	PAROC FAL 1	0.041	1	13
2	PAROC FAS 4	0.039	1	13
3	PAROC GRAN	0.041	1	13
4	PAROC NRS 1	0.037	1	13
5	PAROC Płyta SE	0.036	1	13
6	PAROC Płyta VL	0.036	1	13
7	PAROC ROB 60t	0.041	1	13
8	PAROC ROB 80t	0.041	1	13
9	PAROC ROS 30	0.038	1	13
10	PAROC ROS 30e	0.038	1	13

Opis zmiennych do okna biblioteka materiałów:

Nazwa materiału – nazwa materiału wprowadzanego przez użytkownika do własnej biblioteki,

λ [W/m*K] - obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału,

710.5 Okno drzewa projektu



Z lewej strony ekranu znajduje się „drzewo” projektu, w którym opisane są wszystkie elementy składające się na dany projekt wraz z odpowiednim podziałem na typy danych i ich poszczególne wartości.

710.6 Literatura

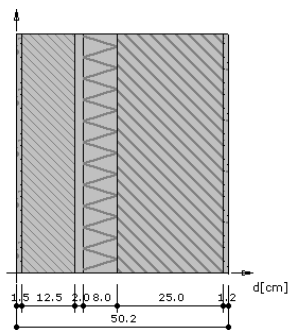
- [1] PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.”
- [2] PN-82/B-02402 „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”
- [3] PN-82/02403 „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”
- [4] PN-91/B-02020 „Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.”
- [5] PN-EN ISO 13 788 „Ciepno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania”.
- [6] Draft CEN „Hygrothermal performance of building components and building elements – Estimation of internal surface temperature to avoid critical surface humidity and calculation of interstitial condensation”

710.7 Przykład**Przełoga 1 - Ściana warstwowa z kratówki ocieplona z pustką powietrzną****Zestawienie materiałów**

Nr	Nazwa materiału	λ	μ	d	R
1	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0.900	25.00	1.50	0.017
2	Mur z cegły kratówki	0.560	8.00	12.50	0.223
3	Niewentylowana warstwa powietrza	0.770	1.00	2.00	0.175
4	Styropian(12)	0.043	80.00	8.00	1.860
5	Mur z cegły kratówki	0.560	8.00	25.00	0.446
6	Płyty gipsowo-kartonowe	0.230	6.00	1.20	0.052
Suma oporów $\Sigma R_i =$					2.774

λ [W/(m·K)]	- współczynnik przewodzenia ciepła
μ [-]	- współczynnik przepuszczania pary wodnej
d [cm]	- grubość warstwy
R [(m ² ·K)/W]	- opór cieplny warstwy materiału

Układ warstw :

**Wyniki - przenikanie ciepła****Wyznaczenie temperatury zewnętrznej**

Numer strefy klimatycznej: 1.

Temperatura obliczeniowa powietrza na zewnątrz budynku $T_e = -20.0^{\circ}\text{C}$

Wyznaczenie temperatury wewnętrznej

Pomieszczenie wewnętrzne: Pokoje.

Temperatura obliczeniowa powietrza w pomieszczeniu $T_i = 20.0^{\circ}\text{C}$

Współczynnik przenikania ciepła

Opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegrody:

na powierzchni wewnętrznej

$$R_{si} = 0.130 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

na powierzchni zewnętrznej

$$R_{se} = 0.040 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Opór całkowity

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} =$$

$$= 0.130 + 0.017 + 0.223 + 0.175 + 1.860 + 0.446 + 0.052 + 0.040 =$$

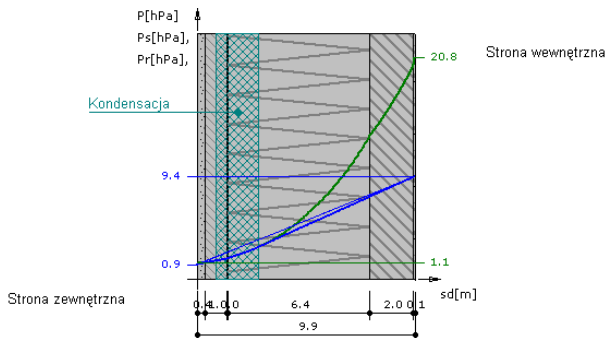
$$= 2.944 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R = R_T = 2.944 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę

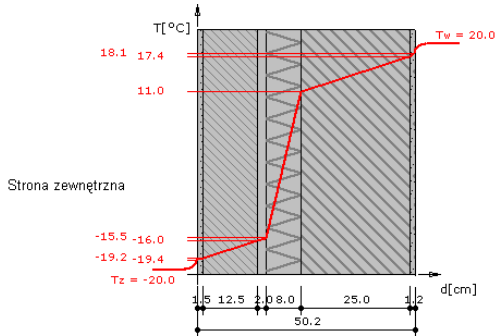
$$U = \frac{1}{R} = 0.340 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U = 0.340 [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$$

Wykresy rozkładu temperatury i ciśnień pary wodnej dla najbardziej niekorzystnych warunków pogodowych:**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Temperatura powierzchni wewnętrznej wynosi $t_{\text{pow}} = 18.14 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatura punktu rosy wynosi $t_s = 7.71 \text{ } ^\circ\text{C}$

Nie nastąpi wykroplenie pary wodnej na wewnętrznej powierzchni ściany

$t_s + 1 = 8.71 < t_{\text{pow}} = 18.14$

Zestawienie wyników obliczeń ciepłno-wilgotnościowych dla okresu jednego roku.

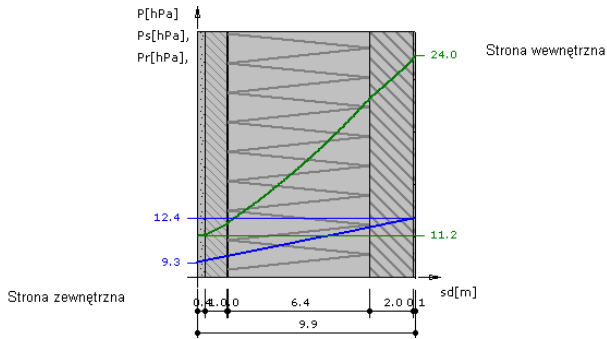
Miesiąc	Liczba dni	L. stref kond.	L. stref odpar.	ΔM_k	ΔM_o	M_c
Październik	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Listopad	30.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Grudzień	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Styczeń	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Luty	28.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Marzec	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Kwiecień	30.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Maj	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Czerwiec	30.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Lipiec	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Sierpień	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Wrzesień	30.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000

ΔM_k [kg/m²] - przyrost masy skondensowanej wody na m²przegrody

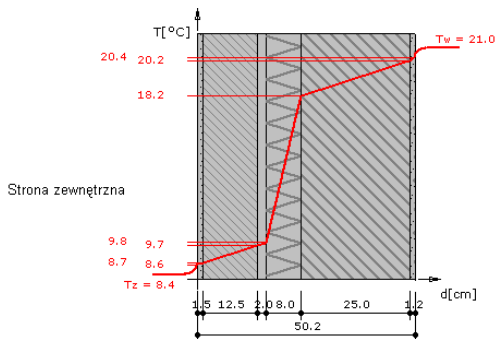
ΔM_o [kg/m²] - ubytek masy odparowanej wody na m²przegrody

M_c [kg/m²] - całkowita masa wody na m²przegrody

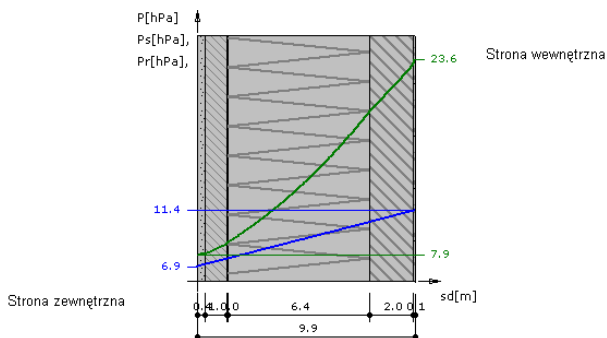
Przegroda zaprojektowana poprawnie. Po okresie rozliczeniowym brak wody w przegrodzie.

Październik**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

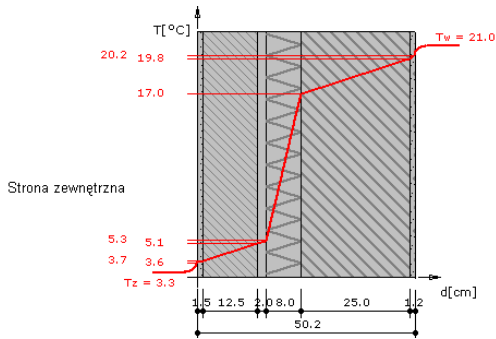
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Listopad**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

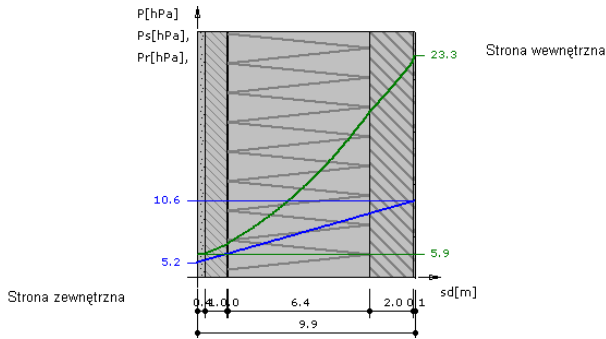
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

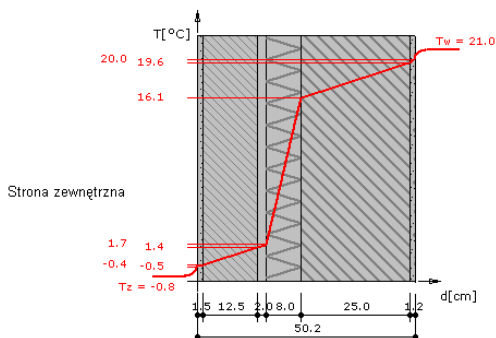
Grudzień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

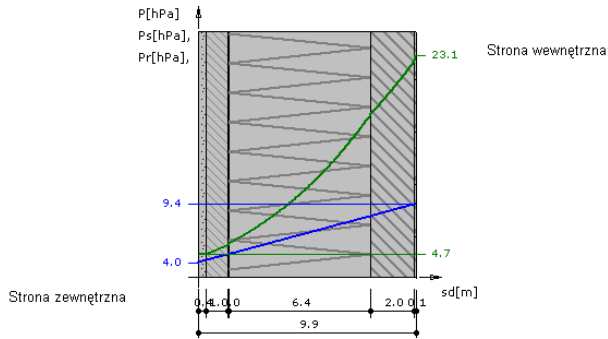
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

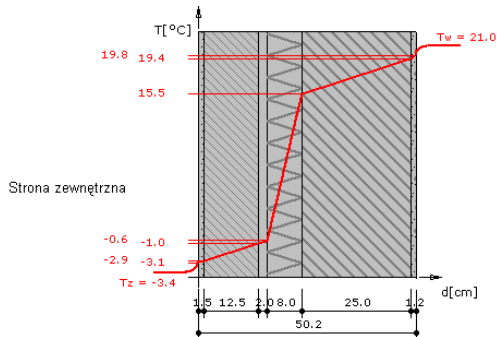
Styczeń

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

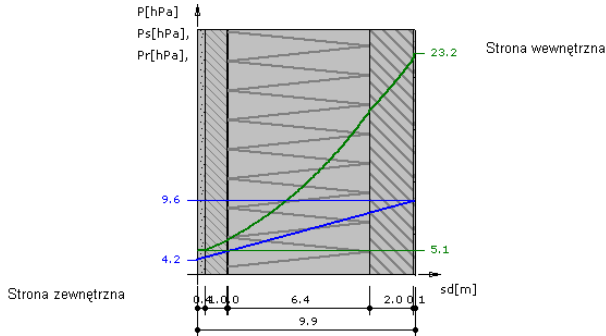
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

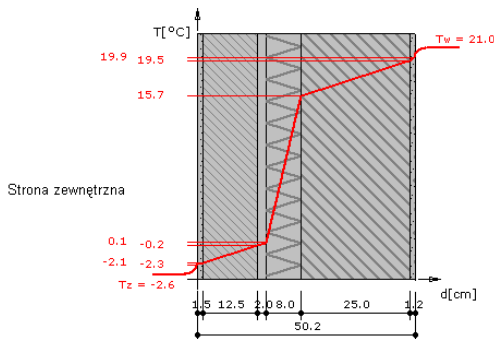
Luty

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

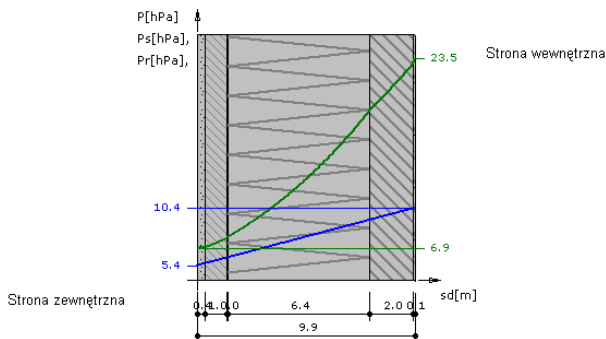
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

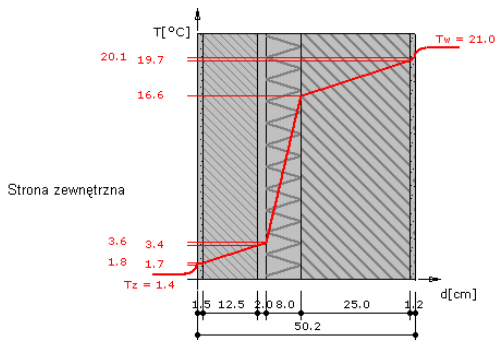
Marzec

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

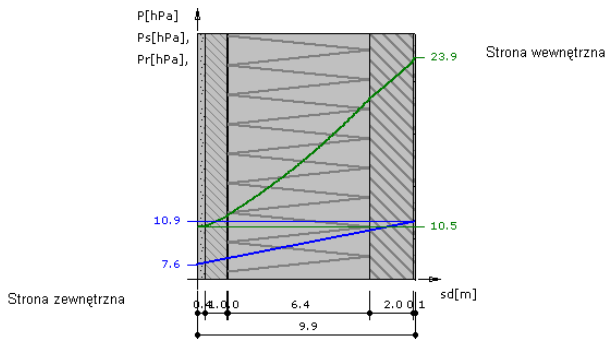
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

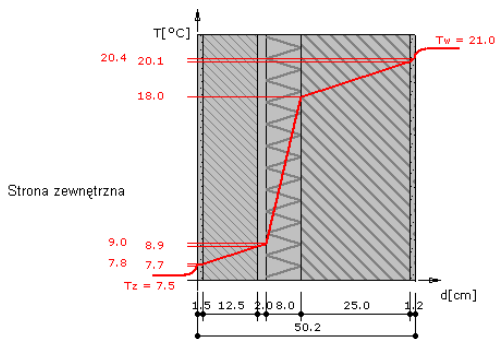
Kwiecień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody

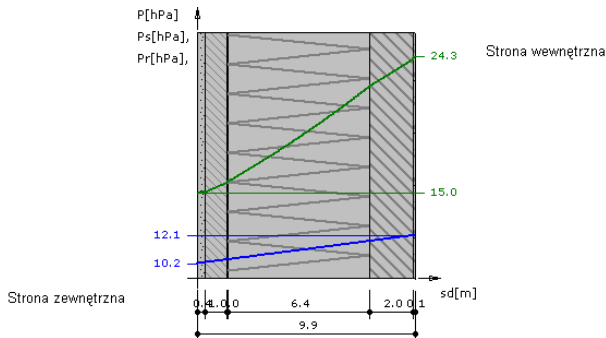


Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

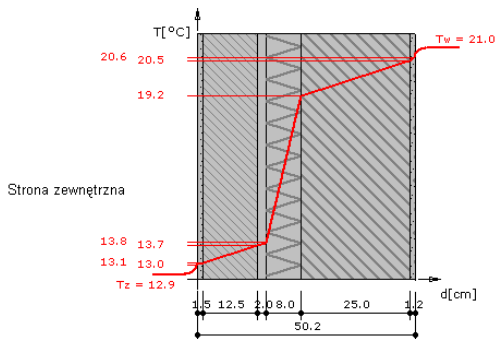
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



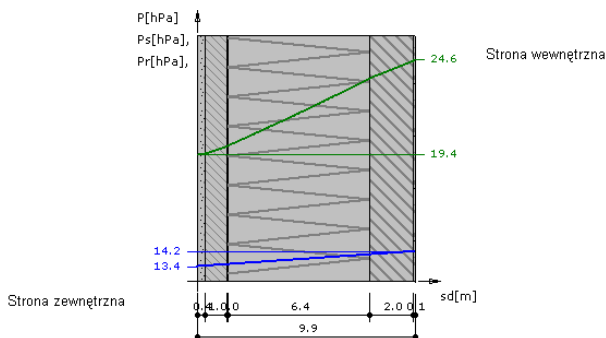
Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Maj**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

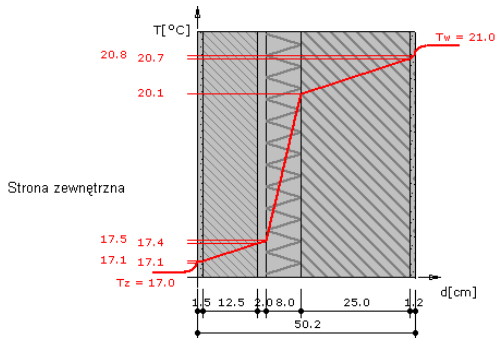
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Czerwiec**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

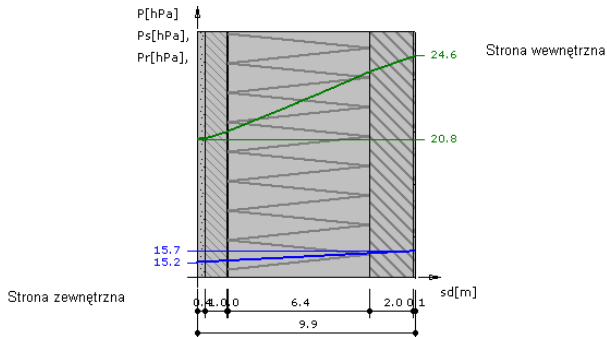
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

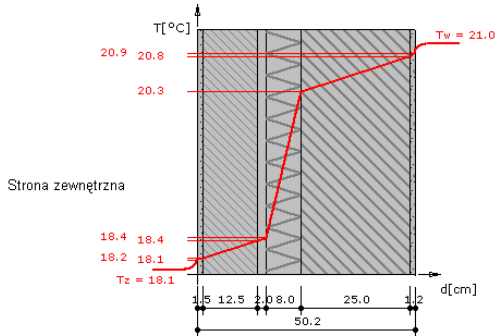
Lipiec

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

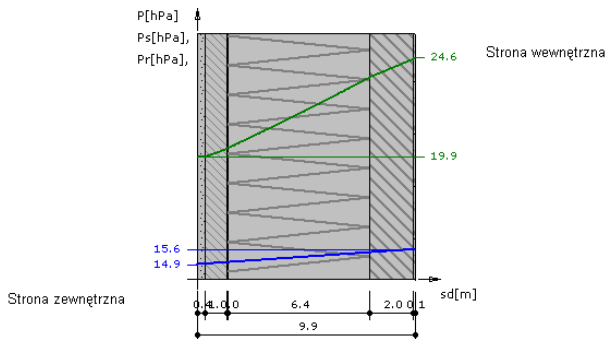
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

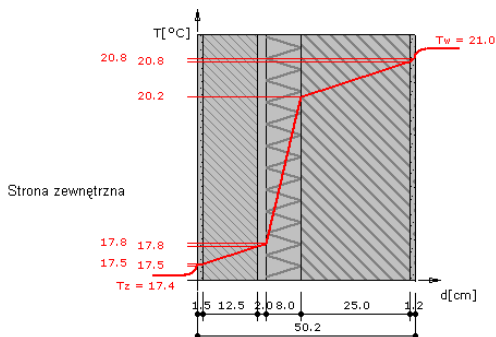
Sierpień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

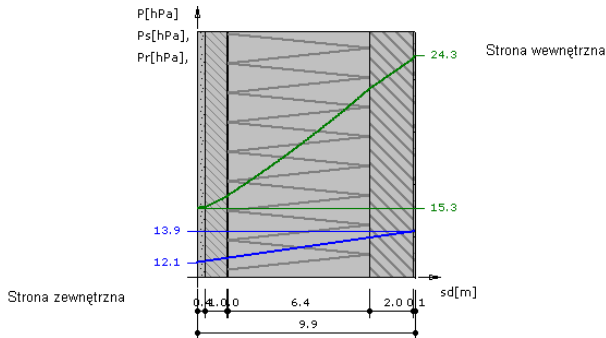
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

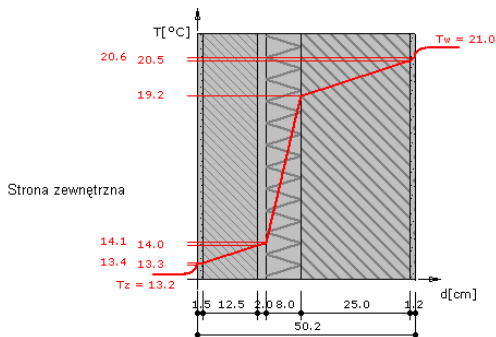
Wrzesień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



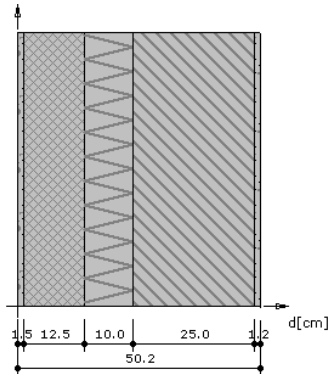
Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Przegroda 2 - Ściana warstwowa - typowa z ociepleniem wełną mineralną

Zestawienie materiałów

Nr	Nazwa materiału	λ	μ	d	R
1	Tynk cementowo-wapienny	0.900	25.00	1.50	0.017
2	Mur z cegły ceramicznej pełnej	0.770	10.00	12.50	0.162
3	Płyty z weł. min.(100-160)	0.040	1.30	10.00	2.500
4	Mur z cegły kratówki	0.560	8.00	25.00	0.446
5	Płyty gipsowo-kartonowe	0.230	6.00	1.20	0.052
Suma oporów $\Sigma R_i =$					3.178
λ [W/(m·K)]		- współczynnik przewodzenia ciepła			
μ [-]		- współczynnik przepuszczania pary wodnej			

d [cm]	- grubość warstwy
R [(m ² ·K)/W]	- opór cieplny warstwy materiału

Układ warstw**Wyniki - przenikanie ciepła****Wyznaczenie temperatury zewnętrznej**

Numer strefy klimatycznej: 3.

Temperatura obliczeniowa powietrza na zewnątrz budynku $T_e = -20.0^{\circ}\text{C}$

Wyznaczenie temperatury wewnętrznej

Pomieszczenie wewnętrzne: Pokoje.

Temperatura obliczeniowa powietrza w pomieszczeniu $T_i = 20.0^{\circ}\text{C}$

Współczynnik przenikania ciepła

Opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegrody:

na powierzchni wewnętrznej

$$R_{si} = 0.130 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

na powierzchni zewnętrznej

$$R_{se} = 0.040 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Opór całkowity

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} =$$

$$= 0.130 + 0.017 + 0.162 + 2.500 + 0.446 + 0.052 + 0.040 =$$

$$= 3.348 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R = R_T = 3.348 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

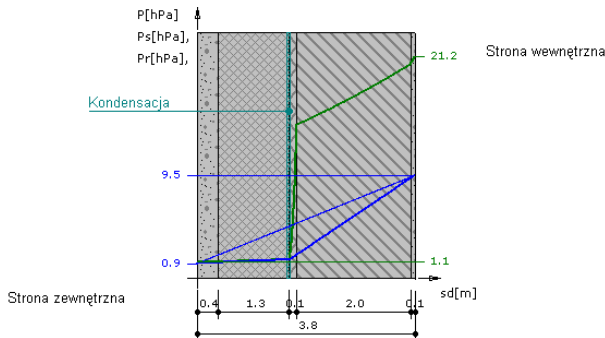
Współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę

$$U = \frac{1}{R} = 0.299 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U = 0.299 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$$

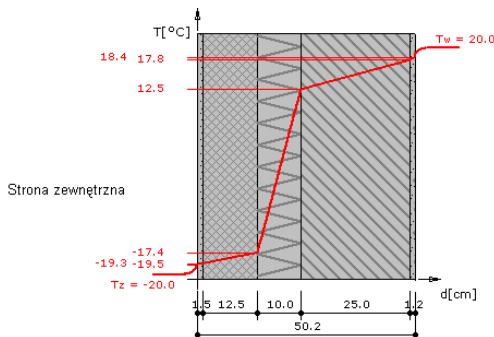
Wykresy rozkładu temperatury i ciśnień pary wodnej dla najbardziej niekorzystnych warunków pogodowych

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Temperatura powierzchni wewnętrznej wynosi $t_{\text{pow}} = 18.45 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatura punktu rosy wynosi $t_s = 7.71 \text{ } ^\circ\text{C}$

Nie nastąpi wykroplenie pary wodnej na wewnętrznej powierzchni ściany

$$t_s + 1 = 8.71 < t_{\text{pow}} = 18.45$$

Zestawienie wyników obliczeń ciepło-wilgotnościowych dla okresu jednego roku.

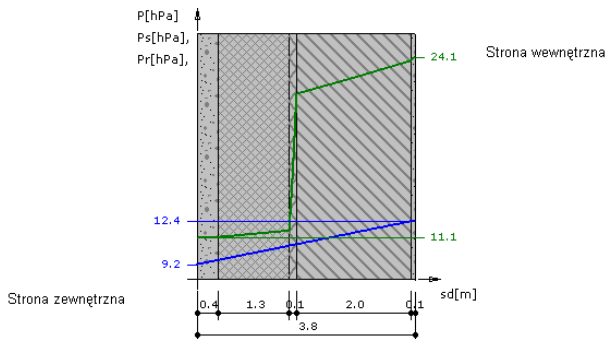
Miesiąc	Liczba dni	Liczba stref kondensacji	Liczba stref odparowania	ΔM_k	ΔM_o	M_c
Październik	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Listopad	30.00	1	0	0.02391	0.00000	0.02391
Grudzień	31.00	1	0	0.05972	0.00000	0.08363
Styczeń	31.00	1	0	0.05964	0.00000	0.14327
Luty	28.00	1	0	0.04803	0.00000	0.19129
Marzec	31.00	1	0	0.00496	0.00000	0.19625
Kwiecień	30.00	0	1	0.00000	-0.11302	0.08324
Maj	10.20	0	1	0.00000	-0.08324	0.00000
Maj	20.80	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Czerwiec	30.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Lipiec	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Sierpień	31.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
Wrzesień	30.00	0	0	0.00000	0.00000	0.00000

ΔM_k [kg/m²] - przyrost masy skondensowanej wody na m²przegrody

ΔM_o [kg/m²] - ubytek masy odparowanej wody na m²przegrody

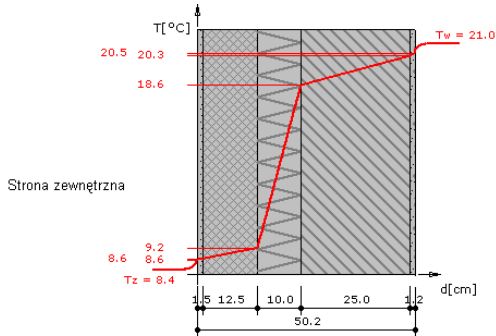
M_c [kg/m²] - całkowita masa wody na m²przegrody

Przegroda zaprojektowana poprawnie. Po okresie rozliczeniowym brak wody w przegrodzie.

Październik**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

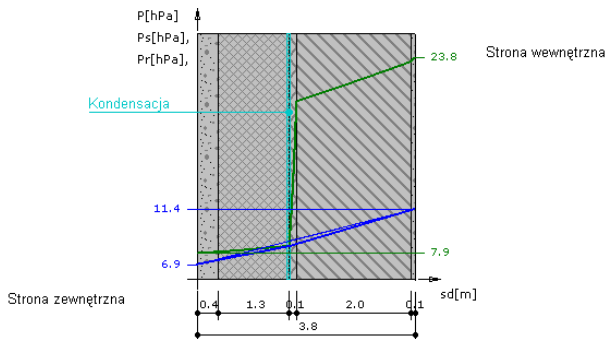
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

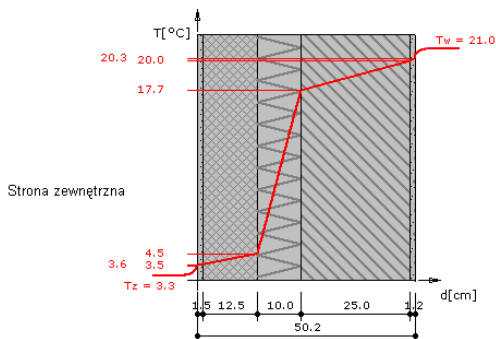
Listopad

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



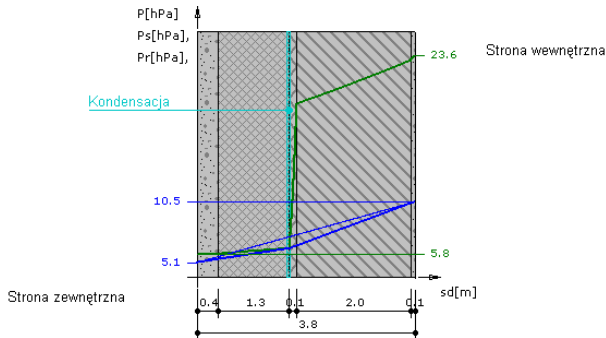
Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody

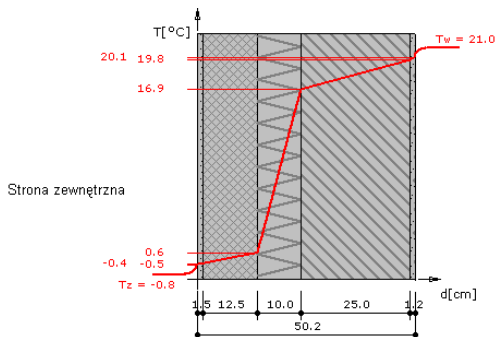


Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

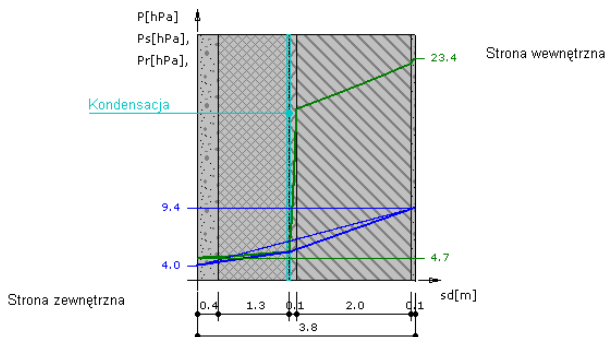
Grudzień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

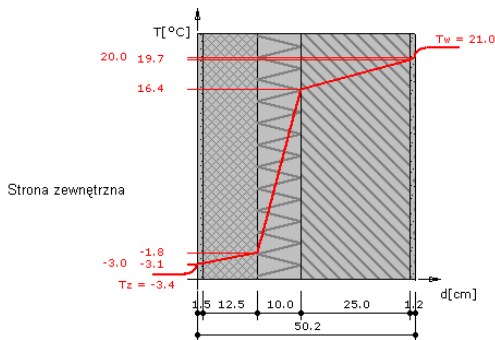
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Styczeń**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

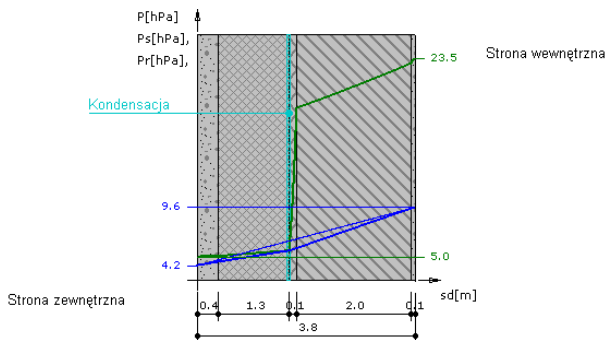
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

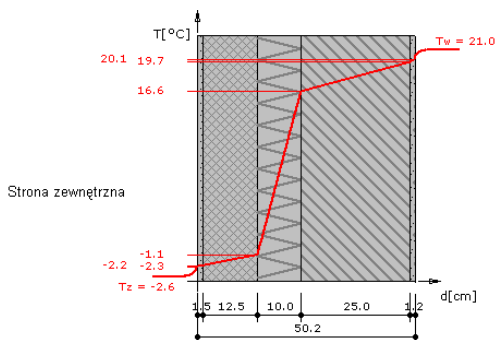
Luty

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody

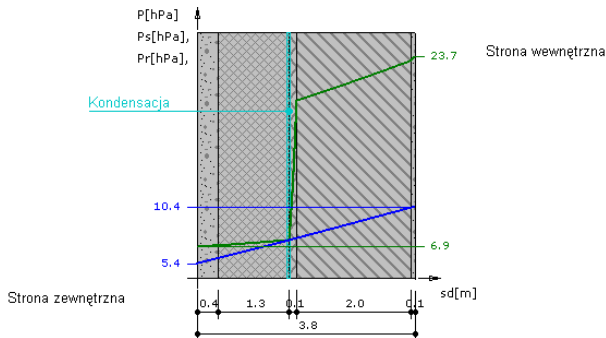


Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

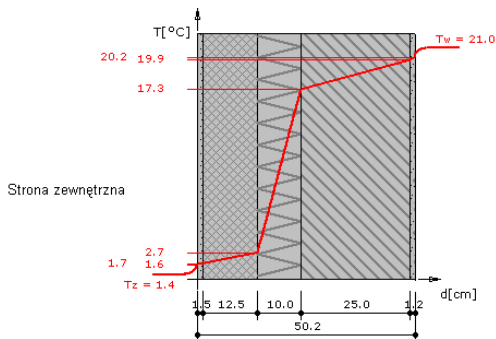
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



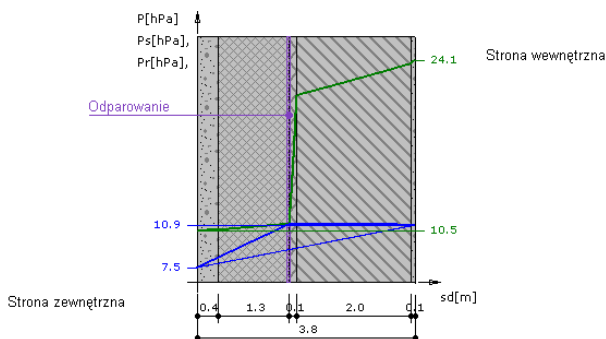
Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Marzec**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

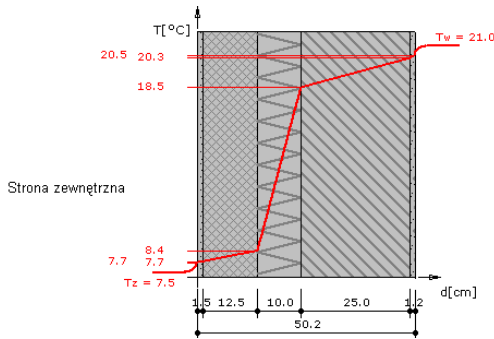
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

Kwiecień**Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody**

Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

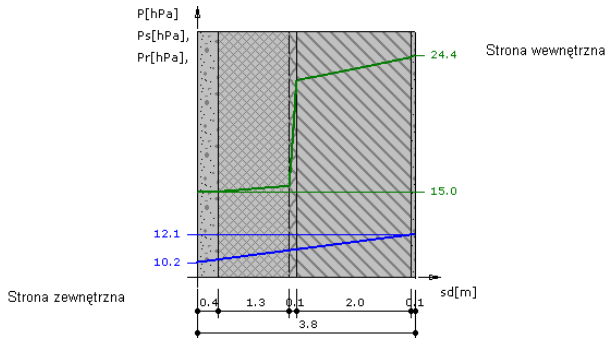
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

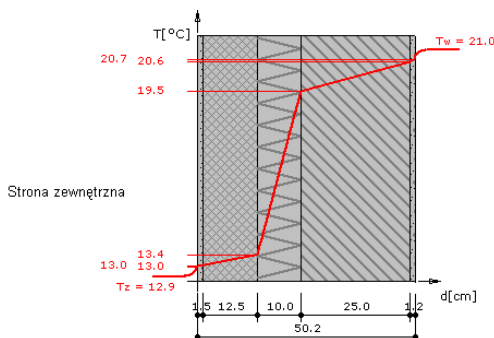
Maj

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

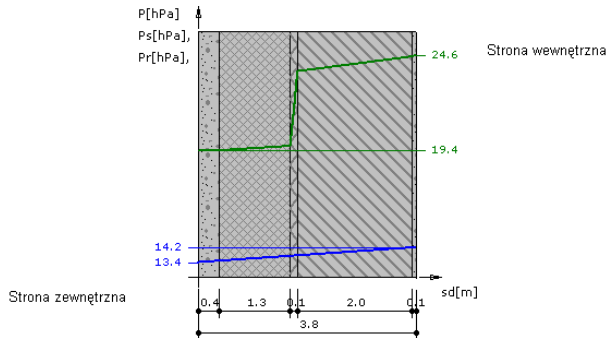
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

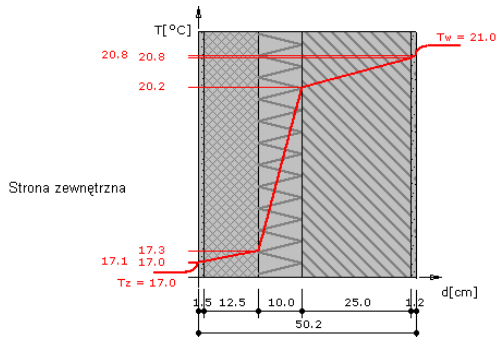
Czerwiec

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

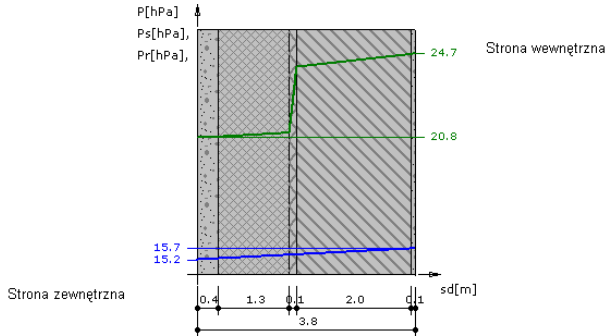
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

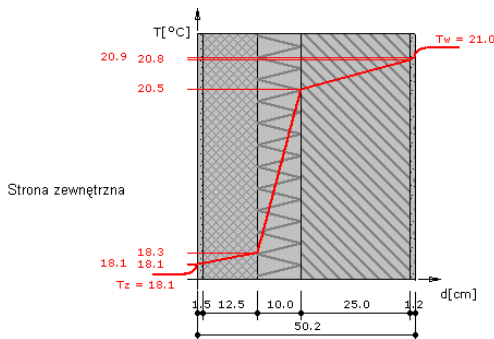
Lipiec

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

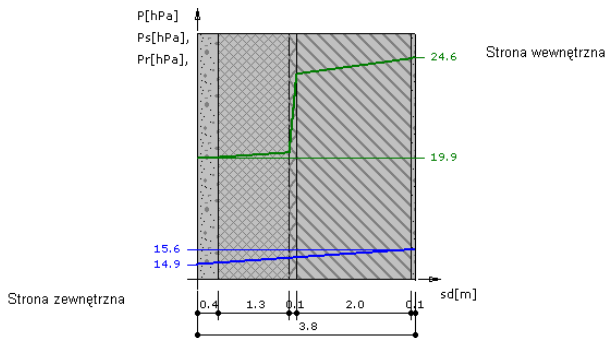
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

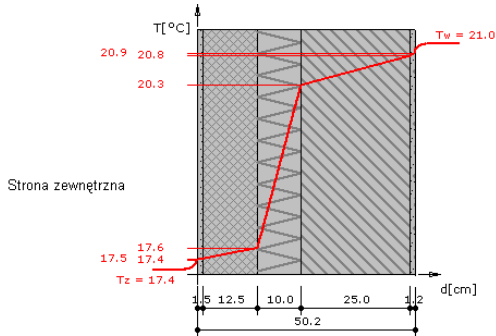
Sierpień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

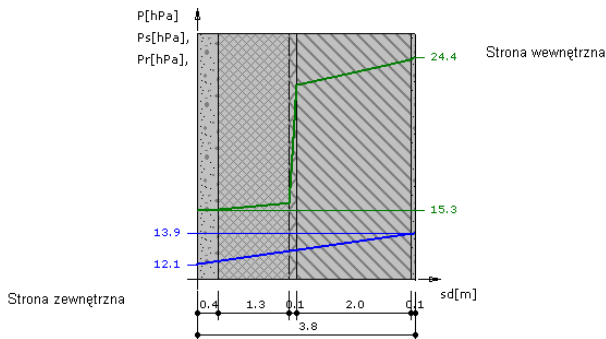
Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.

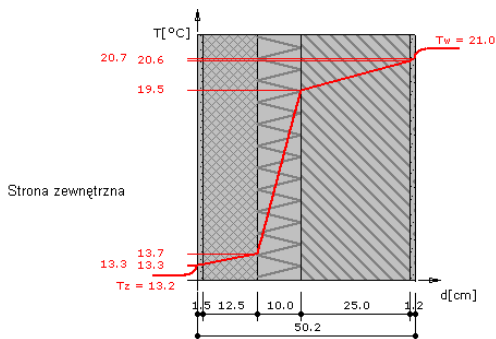
Wrzesień

Wykres rozkładu ciśnień na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla ekwiwalentnej grubości warstwy powietrza.

Wykres rozkładu temperatur na grubości przegrody



Wykres wykonano przy zachowaniu skali dla grubości warstw.