

III Konferencja HEAT not LOST
Kraków 11-12.10.2017r.

MODELOWANIE STRAT CIEPŁA WYBRANYCH ELEMENTÓW INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH Z WYKORZYSTANIEM KOMPUTEROWEJ MECHANIKI PŁYNÓW I WYMIANY CIEPŁA

Krystian RYSZCZYK, Paweł SATTLER, Zbigniew PLUTECKI

PLAN PREZENTACJI:

- 1. Charakterystyka problemu**
- 2. Cel i zakres pracy**
- 3. Wybrane przykłady wykorzystania metod numerycznych**
 - a) Straty ciepła przez elementy instalacji przemysłowych**
 - b) Straty ciepła przez stolarkę okienną**
- 4. Wnioski**
- 5. Podsumowanie**

1. CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU

Ocena strat ciepła elementów instalacji przemysłowych o nieregularnym kształcie

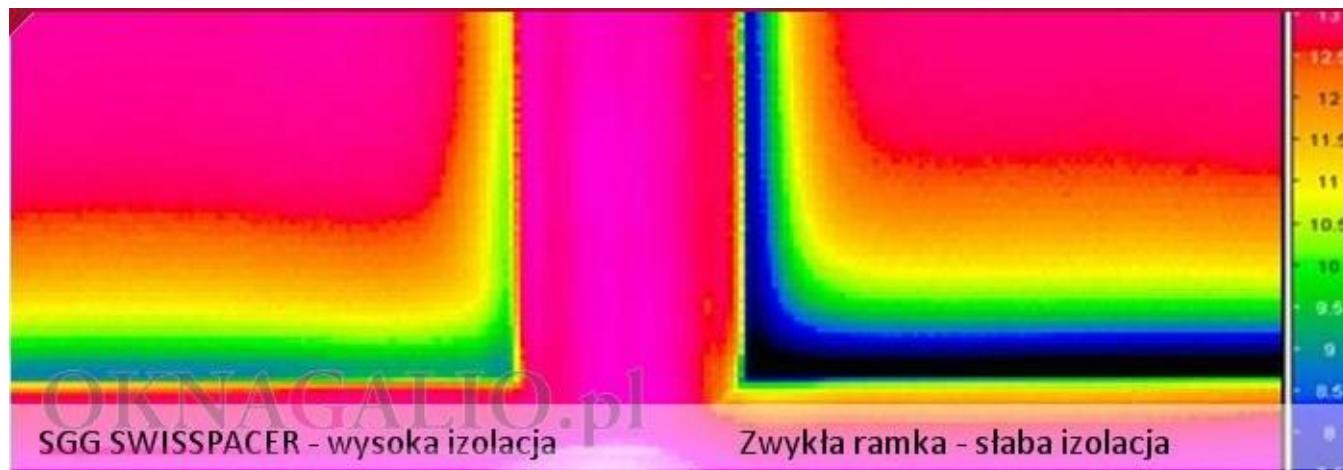


Rys. 2. Obszar badawczy w kontekście modelowania strat ciepła

1. CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU

Ocena strat ciepła stolarki okiennej

Zdjęcia termowizyjne



Współczynnik przenikania ciepła „U” wg. Warunków Technicznych

Okna	U(max) [W/(m ² K)]					
	-1983	1983-2009	2009-2014	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	b.d.	2,0	1,7	1,3	1,1	0,9
przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	b.d.	2,6	1,8	1,8	1,6	1,4

2. CEL I ZAKRES

Alternatywą dla stosowania metod bilansowych opisanych prostymi zależnościami jest wykonywanie obliczeń z wykorzystaniem **metod numerycznych**. W tym przypadku można wykorzystać modele graficzne badanych obiektów.

Najczęściej **definiuje się je w przestrzeni 3D** z zachowaniem rzeczywistych wymiarów i najistotniejszych kształtów przy wykorzystaniu informatycznych środowisk zaliczanych do grupy CAD (Computer Aided Design).

Następnie model geometryczny implementuje się w środowisku do modelowania zjawisk fizycznych, w tym przypadku zjawisk ciepłoprzepływowch, w którym dobiera się i parametryzuje równania matematyczne modelu oraz sposób ich rozwiązywania z uwzględnieniem warunków brzegowych. Układy równań modelu rozwiązuje się metodami numerycznymi, czyli w sposób przybliżony.

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA – SOLIDWORKS



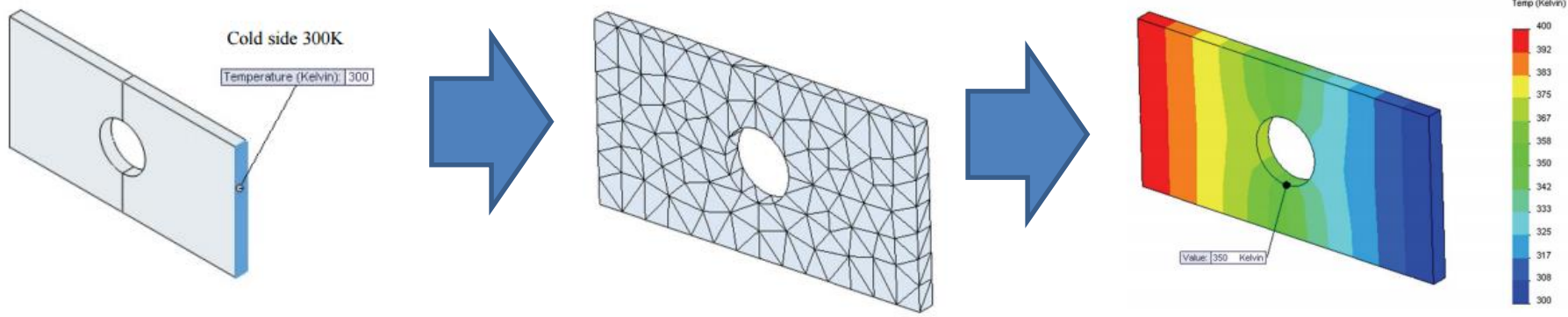
PAKIETY SOLIDWORKS SIMULATION

<p>Premium</p> <ul style="list-style-type: none"> nieliniowość kompozyty dynamika 	<p>Professional</p> <ul style="list-style-type: none"> częstotliwość i wyboczenie termika zmęczenie upuszczenie optymalizacja zbiorniki 	<p>Standard • statyka części i złożeń</p>
---	--	--

Hot side 400K

Cold side 300K

Temperature (Kelvin): 300

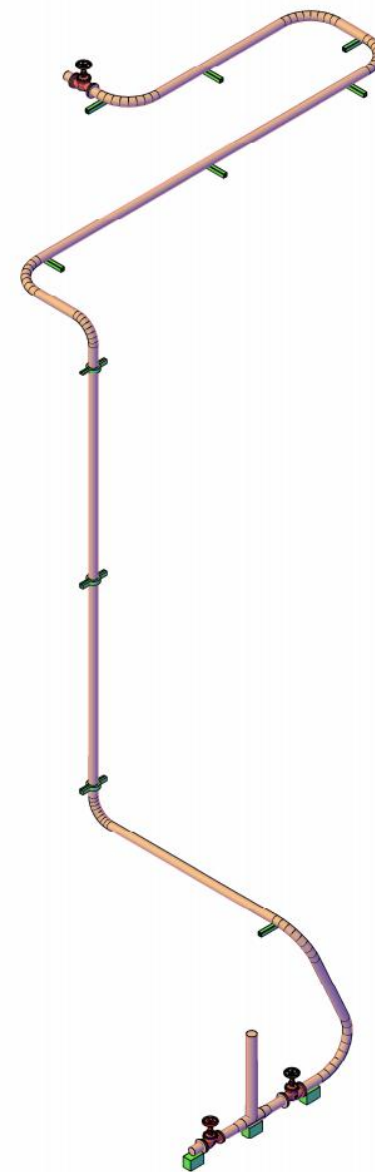


3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- BADANIA WŁASNE

Opis rozpatrywanych przykładów

Obiektem badań jest rurociąg pary wodnej przegrzanej:

- a) o temperaturze 540°C,
- b) wykonany z rury stalowej bez szwu czarnej o średnicy nominalnej 200mm i grubości ścianki 20mm,
- c) pokryty jest warstwą izolacyjną z wełny mineralnej o grubości 200mm,
- d) warstwa izolacji jest zabezpieczona płaszczem ochronnym wykonanym z blachy stalowej ocynkowanej grubości 0,6mm, który jest podtrzymywany na podkonstrukcji stalowej,
- e) temperatura zewnętrzna powietrza 25°C,
- f) prędkość przepływu pary $v=50\text{m/s}$, $\alpha_{\text{konw}} = 35\div 37\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,
- g) prędkość powietrza zewnętrznego $v=1\text{m/s}$, $\alpha_{\text{konw}} = 6\div 9\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,
- h) współczynniki przewodzenia ciepła dla materiału rurociągu, podpór i zawiesi przyjęte zostały zgodnie z parametrami materiałów wyspecyfikowanych w dokumentacji projektowej rurociągu pary.
- i) współczynnik przewodzenia ciepła dla materiału izolacji termicznej został określony na podstawie dokumentacji technicznej producenta. Przyjęty materiał to wełna mineralna o gęstości $800\text{kg}/\text{m}^3$, której współczynnik przewodzenia ciepła zależy w dużym stopniu od zmian temperatury.



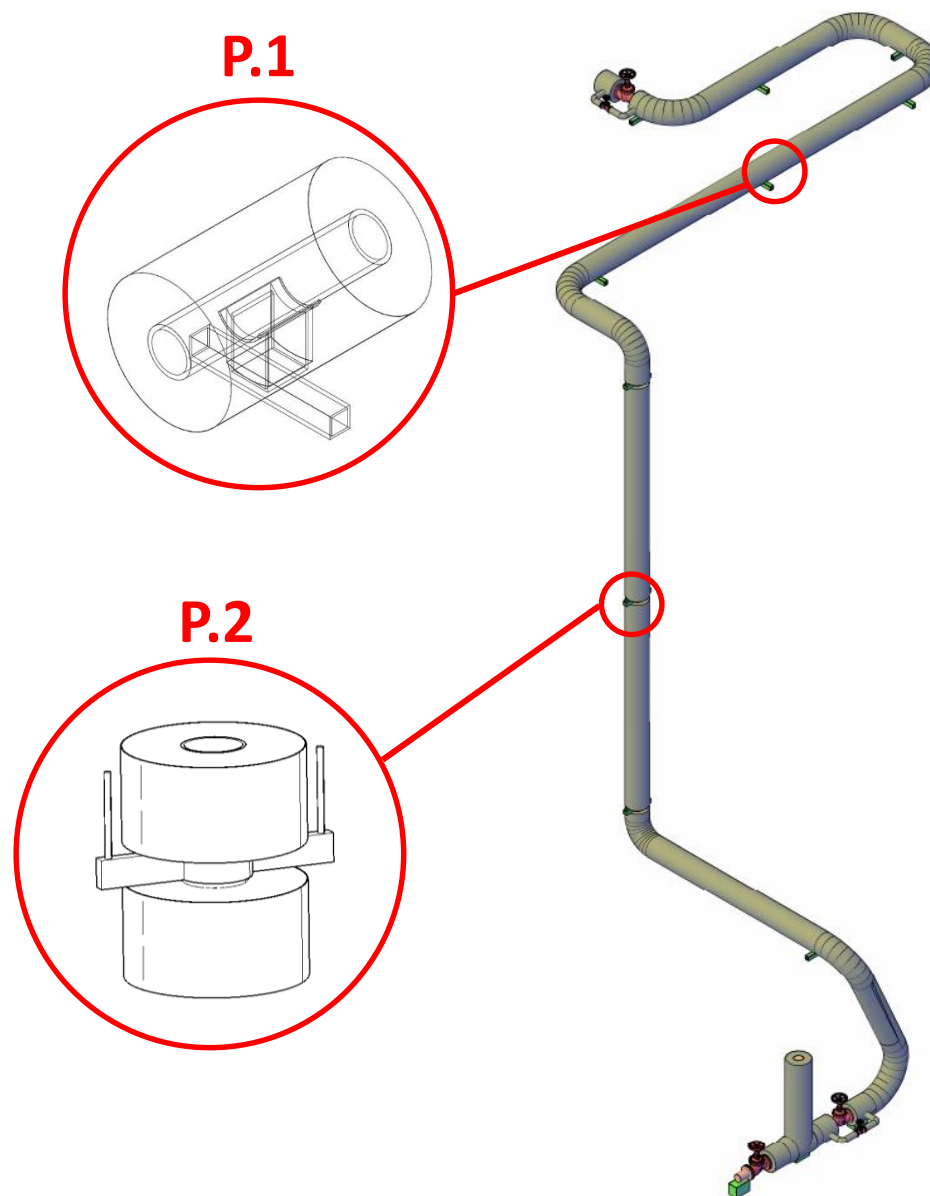
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- BADANIA WŁASNE

Opis rozpatrywanych przykładów

Dla zilustrowania fragmentów rurociągu o złożonej, nieregularnej lub niejednorodnej konstrukcji układu termoizolacyjnego wybrano trzy charakterystyczne miejsca instalacji.

Pierwszy przykład przedstawia punkt podparcia rurociągu poziomego na podporze ślizgowej poziomej (P. 1).

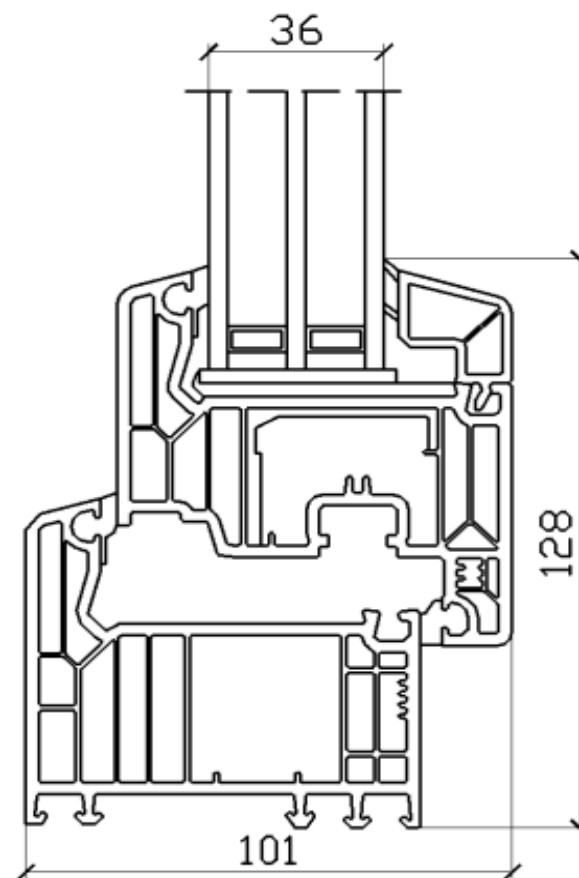
Drugi przykład opisuje punkt podparcia rurociągu pionowego na zawieszaniu dwucięgnowym (P.2).



3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- BADANIA WŁASNE

Właściwości okna:

- wymiary 1230mm x 1480mm,
- wykonanie w systemie S82,
- rama wykonana z kształtowników PVC wzmocnieniami stalowymi o grubości 101mm i szerokości 128mm,
- oszklenie w postaci trzech szyb zespolonych o grubościach 4mm/12mm/4mm/12mm/4mm
- międzyszybowe ramki dystansowe wykonano z aluminium lub w technologii TGI



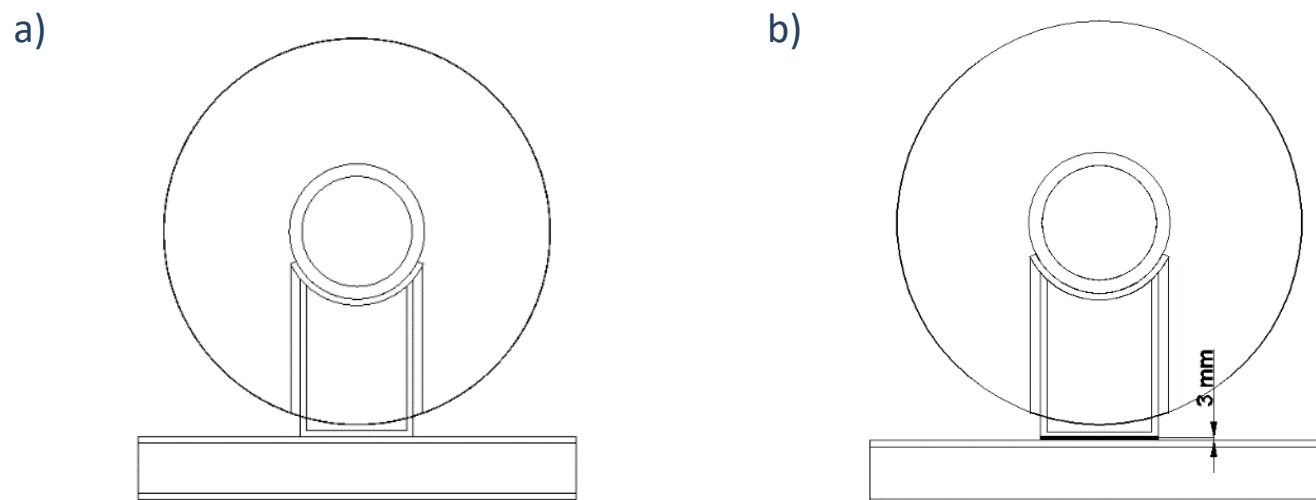
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- BADANIA WŁASNE

ZESTAWIENIE ROZPATRYWANYCH PRZYKŁADÓW BADAŃ NUMERYCZNYCH

Nr przykładu	Oznaczenie	Opis
Przykład 1.1	P-1.1	rurociąg poziomy DN200 z podporą ślizgową bez podkładki
Przykład 1.2	P-1.2	rurociąg poziomy DN200 z podpora ślizgową z podkładką teflonową
Przykład 2.1	P-2.1	rurociąg pionowy DN200 podparty na nieizolowanym zawiesiu dwucięgnowym
Przykład 2.2	P-2.2	rurociąg pionowy DN200 podparty na izolowanym zawiesiu dwucięgnowym
Przykład 3	P-3	montaż okien

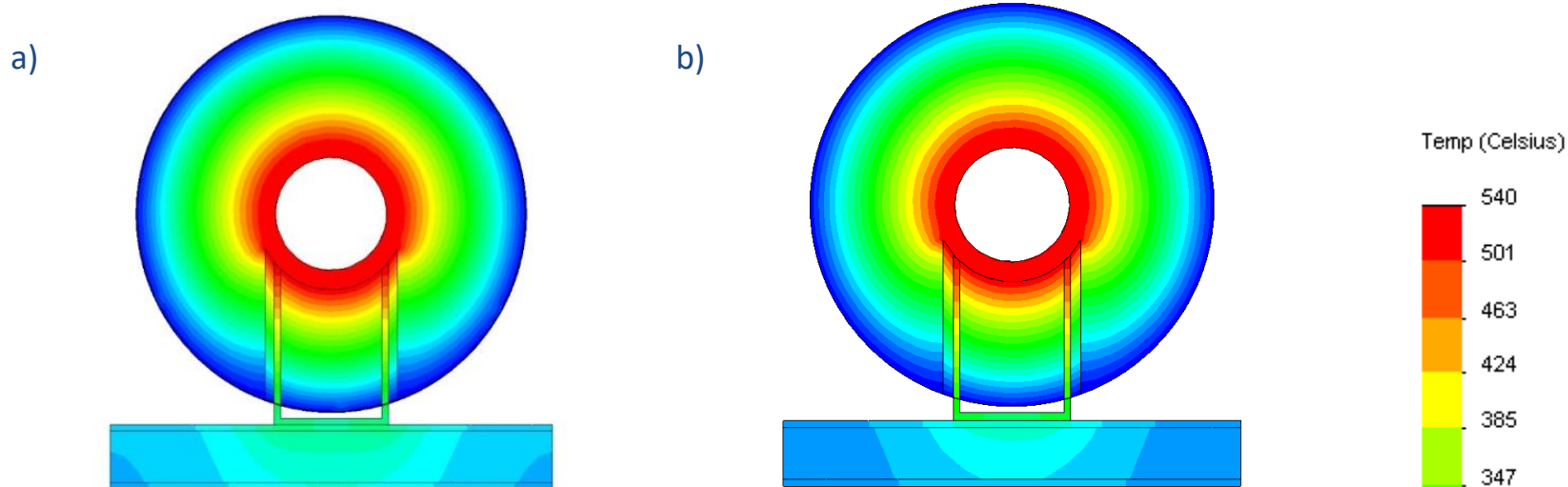
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- BADANIA WŁASNE

PRZYKŁADY BADAŃ SYMULACYJNYCH

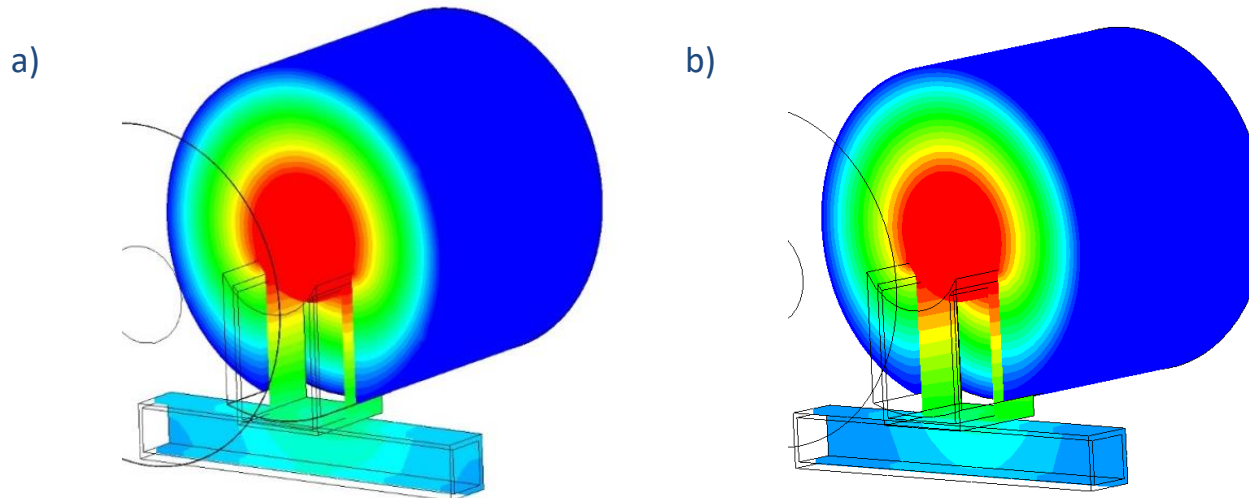


Rys. 3. Przykład 1 - model rurociągu poziomego podpartego na podporze ślizgowej: a) bez podkładki P-1.1, b) z podkładką teflonową między podporą a ślizgiem P-1.2

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.1

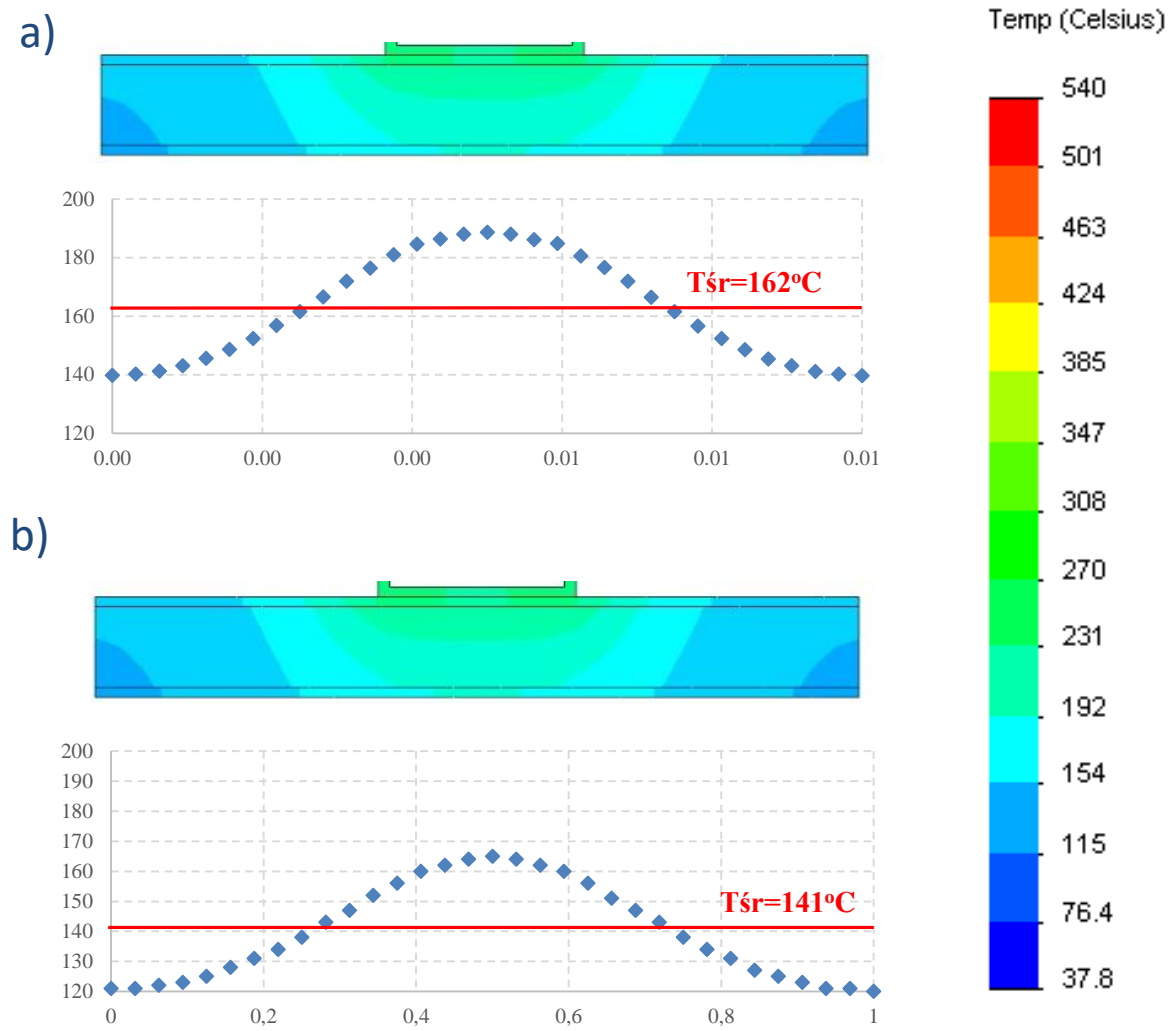


Rys. 6. Rozkład temperatury w przekroju poprzecznych badanego przykadu 1:
 a) montaż bez podkładki P-1.1, b) montaż z podkładką teflonową pod ślizgiem izolacji P-1.2



Rys. 7. Widok izometryczny na rozkład temperatury w przekroju poprzecznym badanego przykadu 1:
 a) montaż bez podkładki P-1.1, b) montaż z podkładką teflonową pod ślizgiem izolacji P-1.2

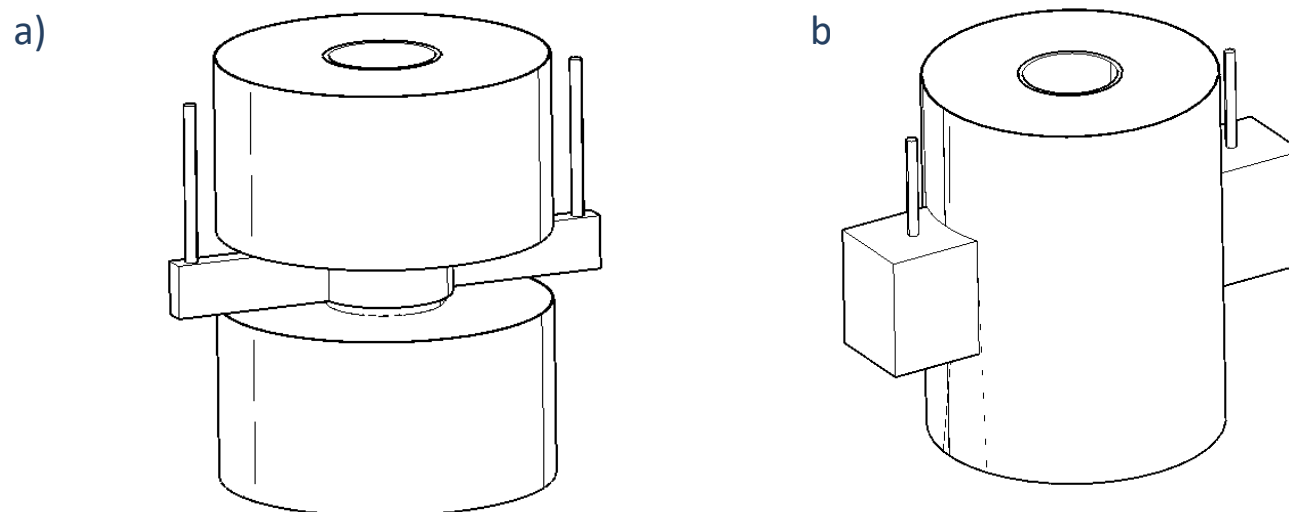
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.1



Rys. 8. Rozkład średniej temperatury na długości belki podporowej, a) przykład P-1.1, b) przykład P-1.2

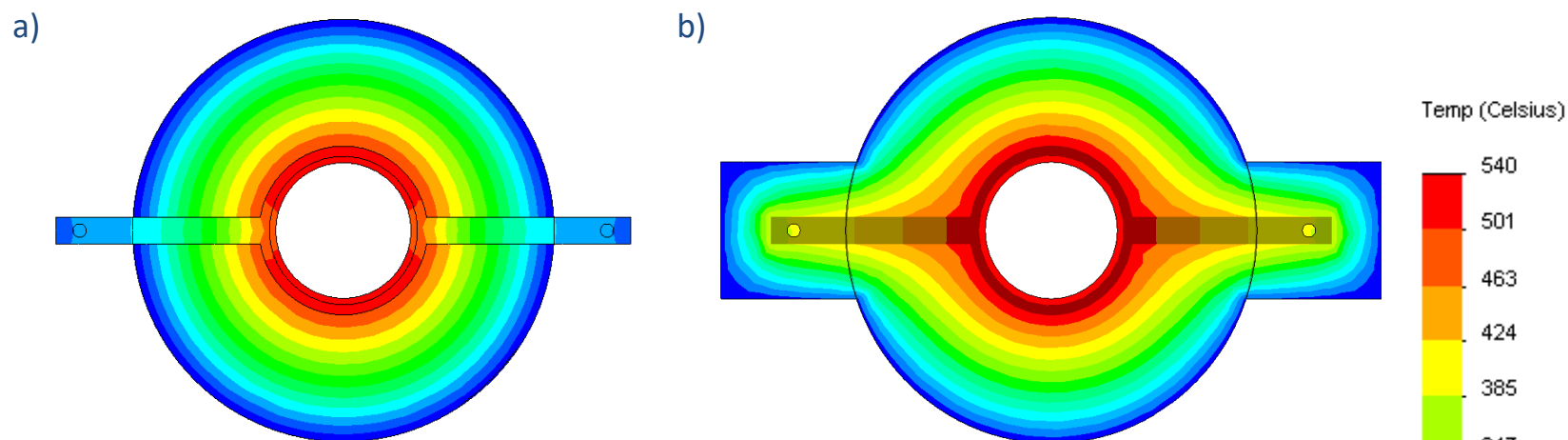
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- BADANIA WŁASNE

PRZYKŁADY BADAŃ SYMULACYJNYCH

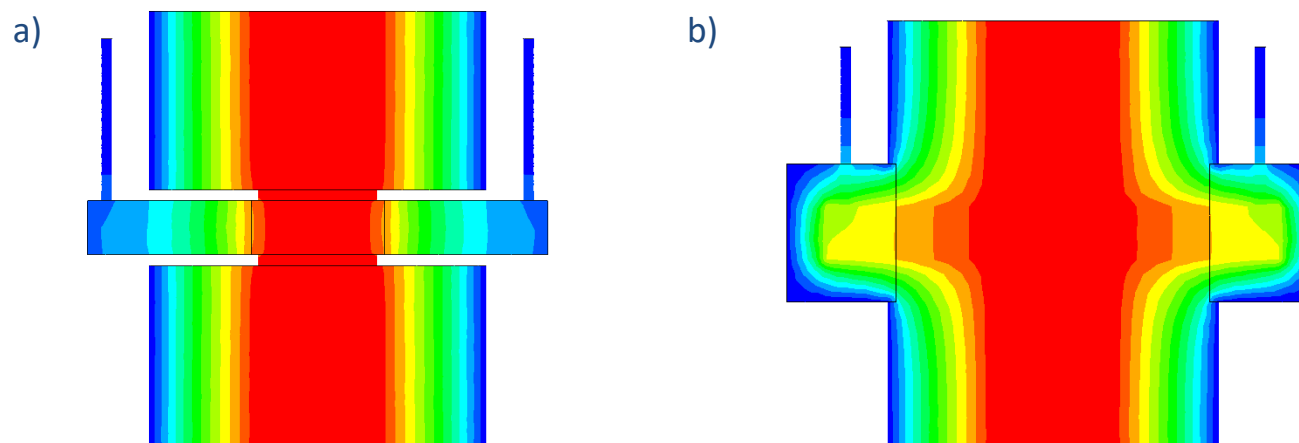


Rys. 4. Przykład 2 - model rurociągu pionowego podpartego na zawieszaniu dwucięgnowym: a) podpora nieizolowana P-2.1, b) podpora izolowana P-2.2

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.2

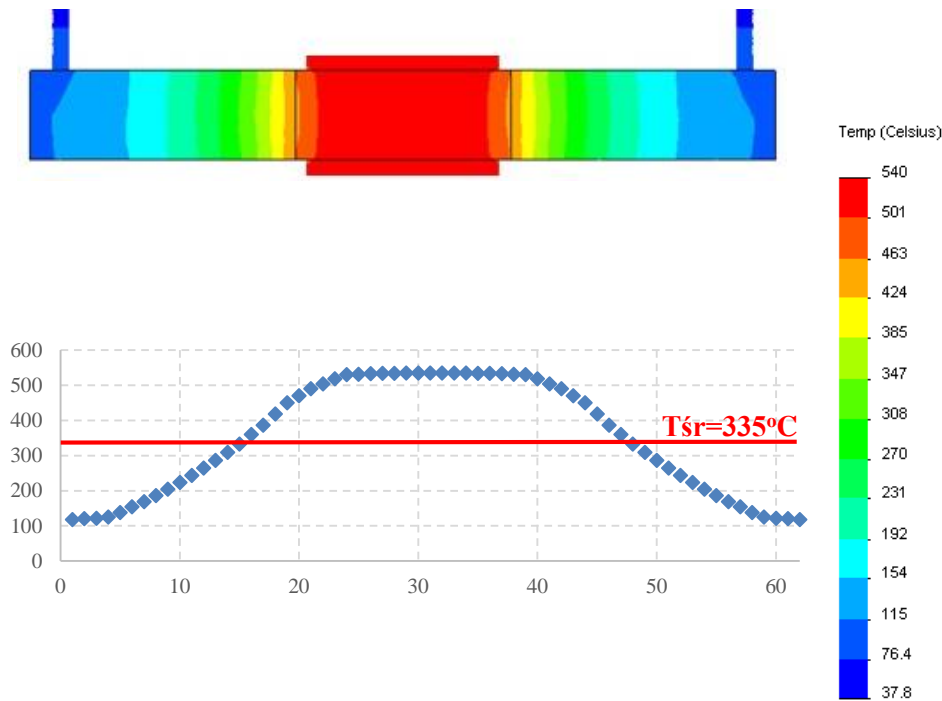


Rys. 9. Rozkład temperatury w przekroju poprzecznym przy:
 a) niezaizolowanej podporze P-2.1, b) izolowanej podporze P-2.2

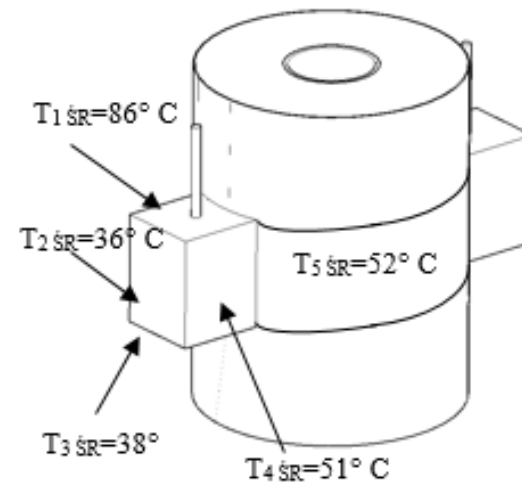


Rys. 10. Rozkład temperatury w przekroju podłużnym przy: a) niezaizolowanej podporze P-1.1, b) zaizolowanej podporze P-2.2

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.2



Rys. 11. Uśredniony rozkład temperatury na długości podpory, P-2.1

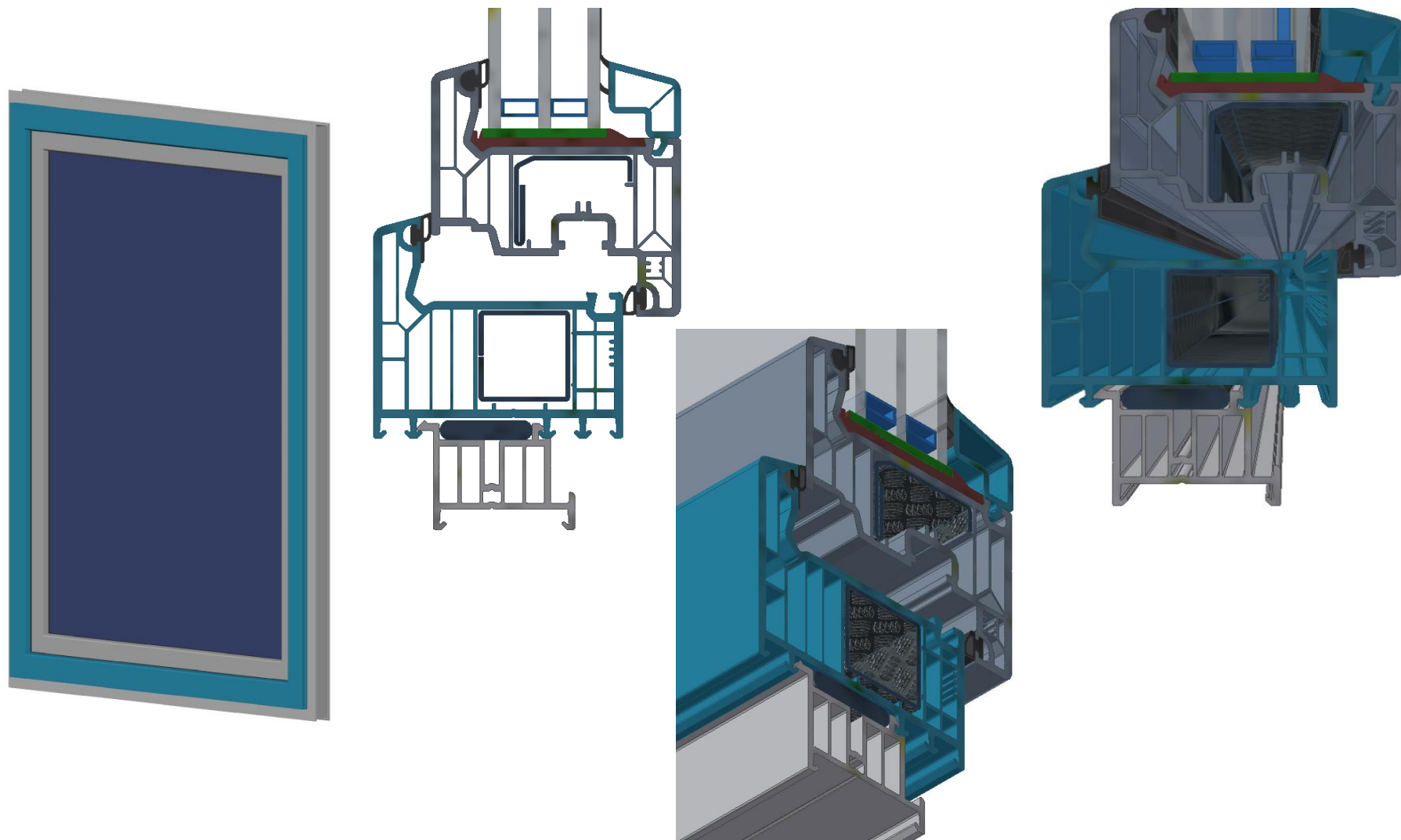


Ściana	Szt.	Obszar [m ²]	Średnia temperatura ścianki [°C]
1	2	0,08	86
2	2	0,104	36
3	2	0,08	38
4	4	0,212	51
5	2	0,364	52
Średnia temperatura zaizolowanej podpory			51,7

Rys. 12. Rozkład średniej temperatury na powierzchni płaszcza izolacji podpory

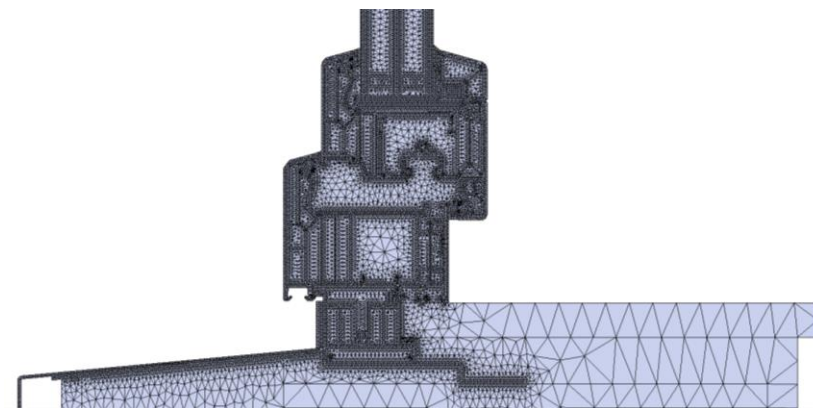
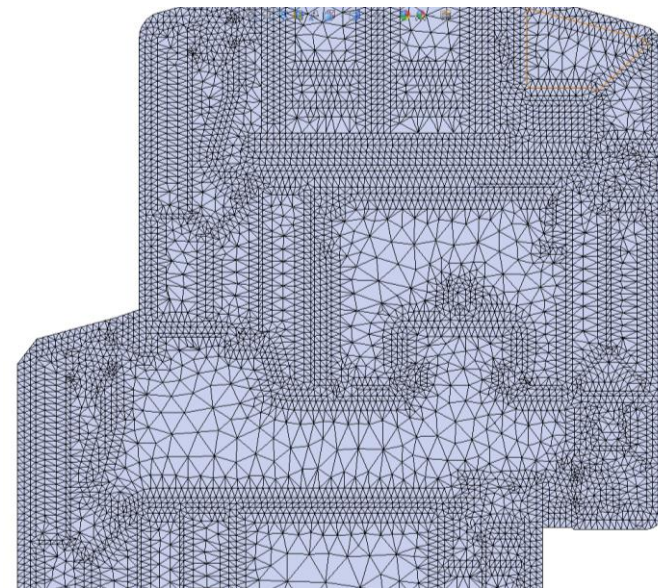
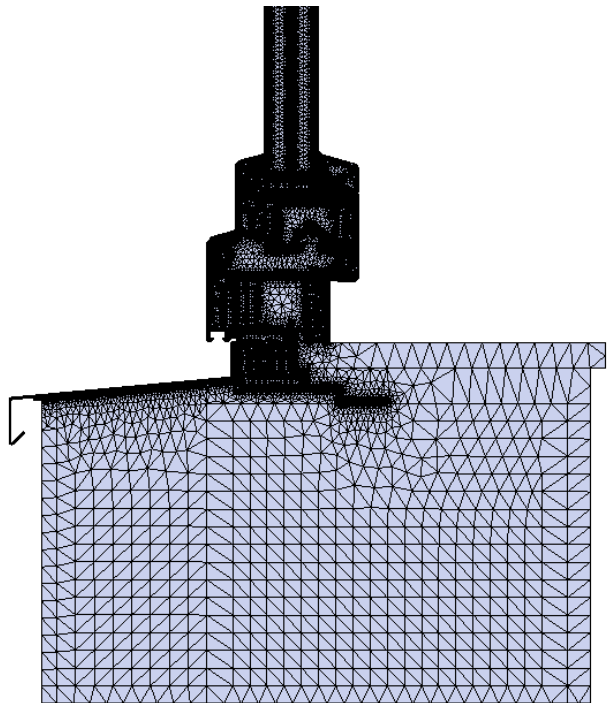
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Geometria badanego obiektu



3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Dyskretyzacja obszaru obliczeniowego

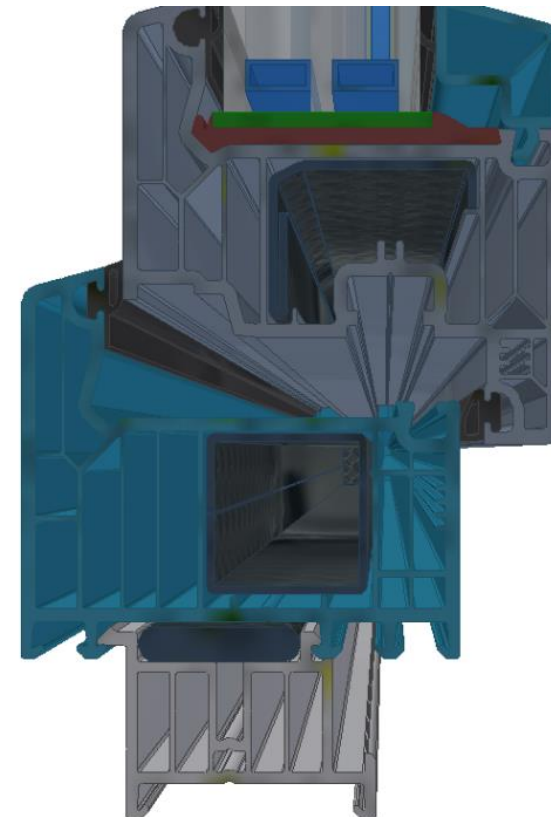


3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Założenia do modelowania

Przyjęte warunki brzegowe:

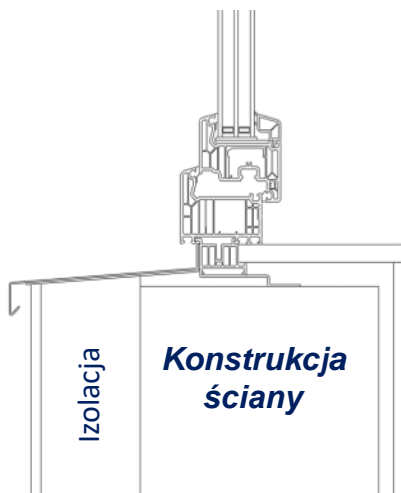
- temperatura wewnętrzna $t_i=20\text{ °C}$,
- temperatura zewnętrzna $t_e=0\text{ °C}$,
- Współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej $\alpha_i = 7,7\text{ W/m}^2\text{K}$,
- Współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej $\alpha_e = 25\text{ W/m}^2\text{K}$,
- wymiary szczelin powietrznych oraz rodzaj materiałów przyjęto na podstawie danych producenta.



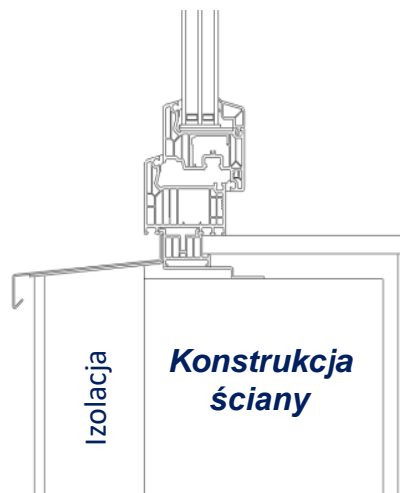
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Badane rodzaje montażu

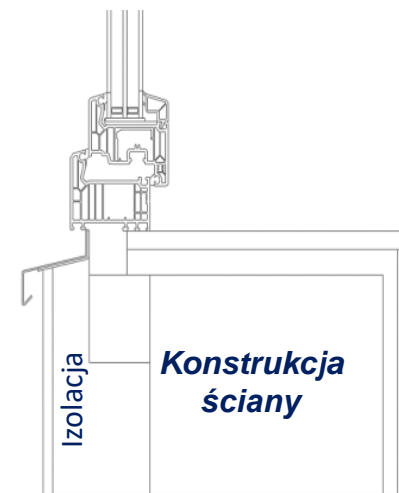
Montaż 1



Montaż 2



Montaż 3

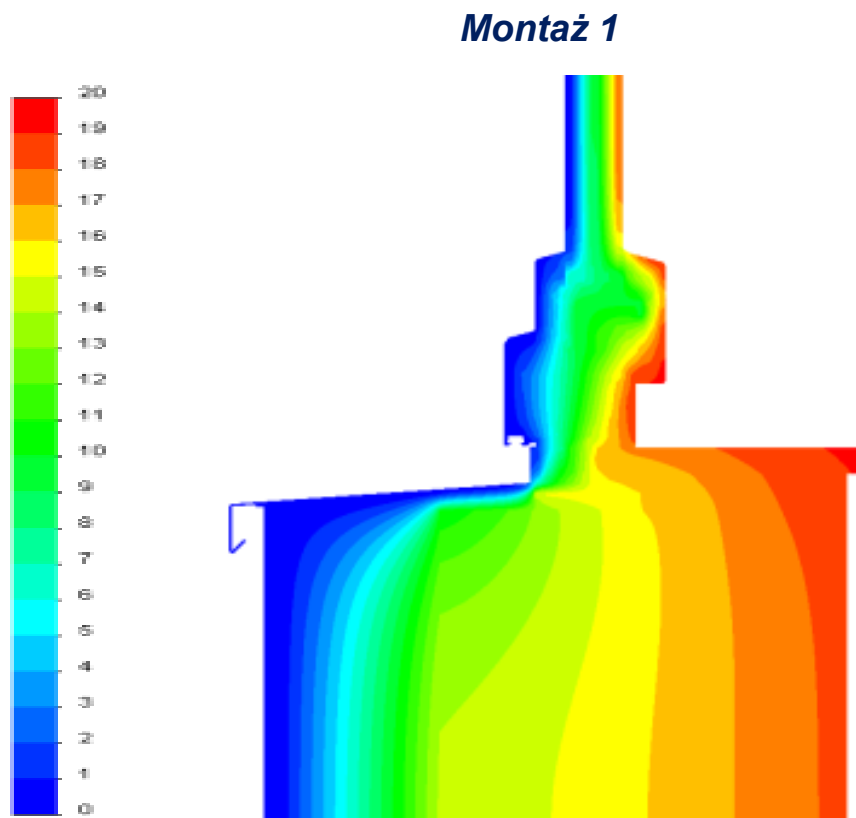


Rodzaje montażu:

- a) **Montaż 1** – stolarka zamontowana w środkowej części ściany konstrukcyjnej
- b) **Montaż 2** – stolarka okienna zamontowana jest na równi z krawędzią zewnętrzną ściany konstrukcyjnej
- c) **Montaż 3** – stolarka okienna zamontowana jest w warstwie izolacyjnej montowanej na zewnątrz ściany konstrukcyjnej

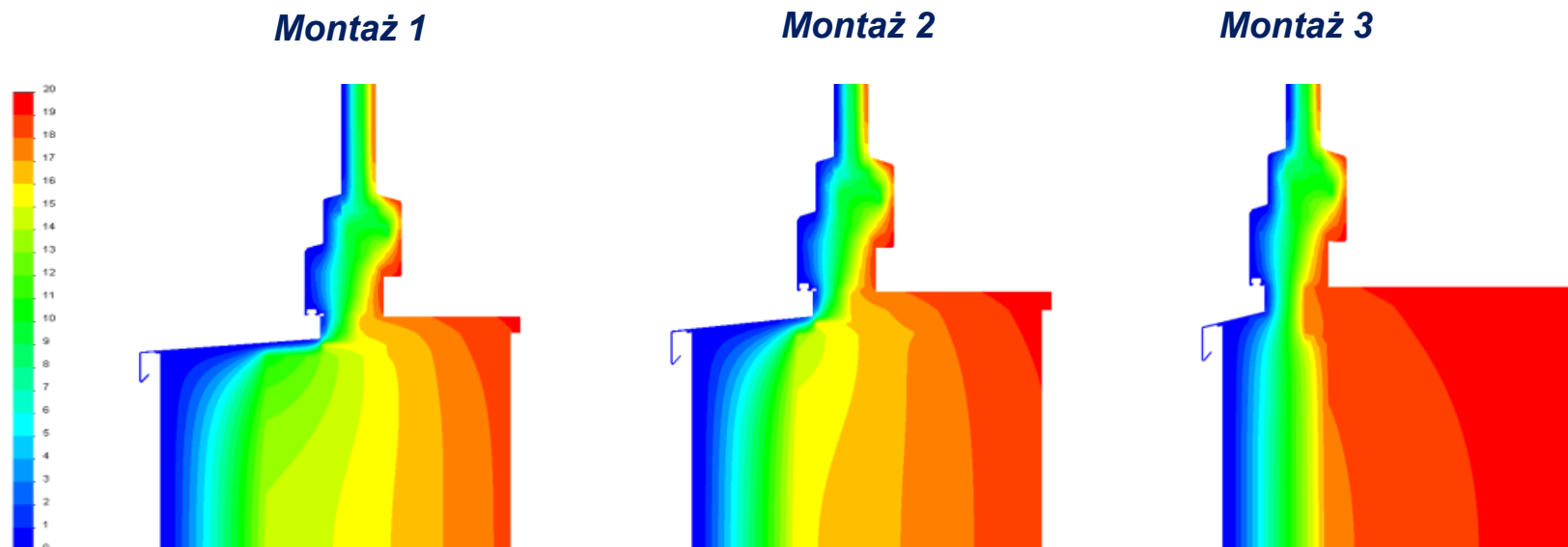
3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Wyniki badań symulacyjnych



3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

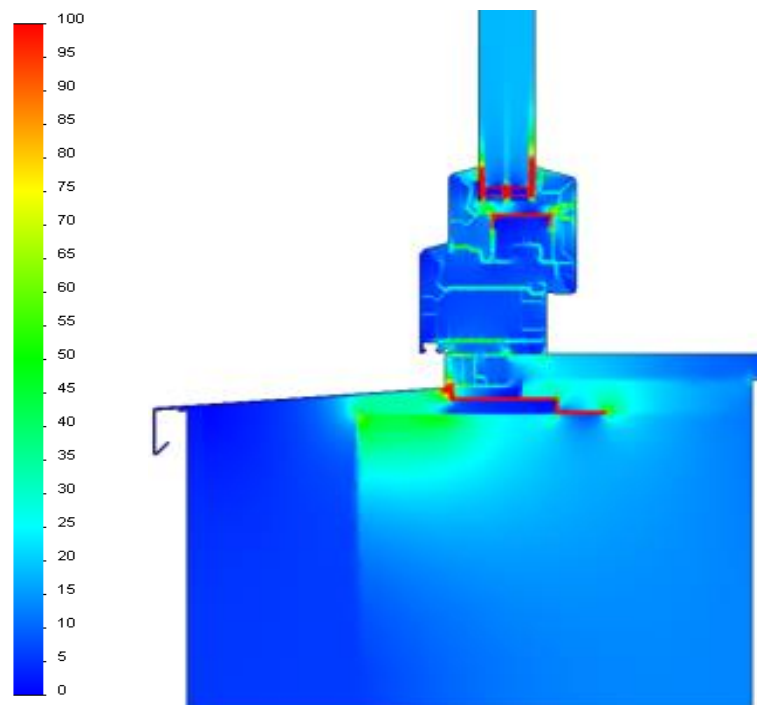
Wyniki badań symulacyjnych



Dyskretny rozkład temperatury na przekroju pionowym dla badanych sposobów montażu stolarki okiennej

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

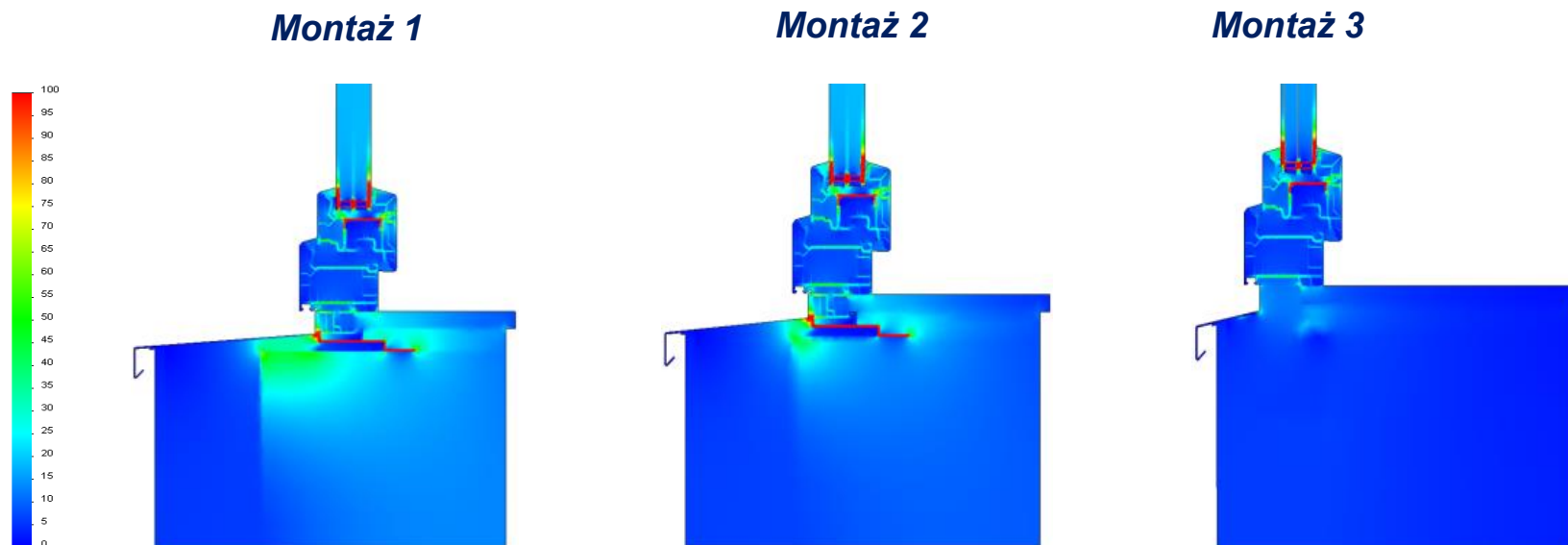
Wyniki badań symulacyjnych



Rozkład gęstości strumienia ciepła w przekroju pionowym

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

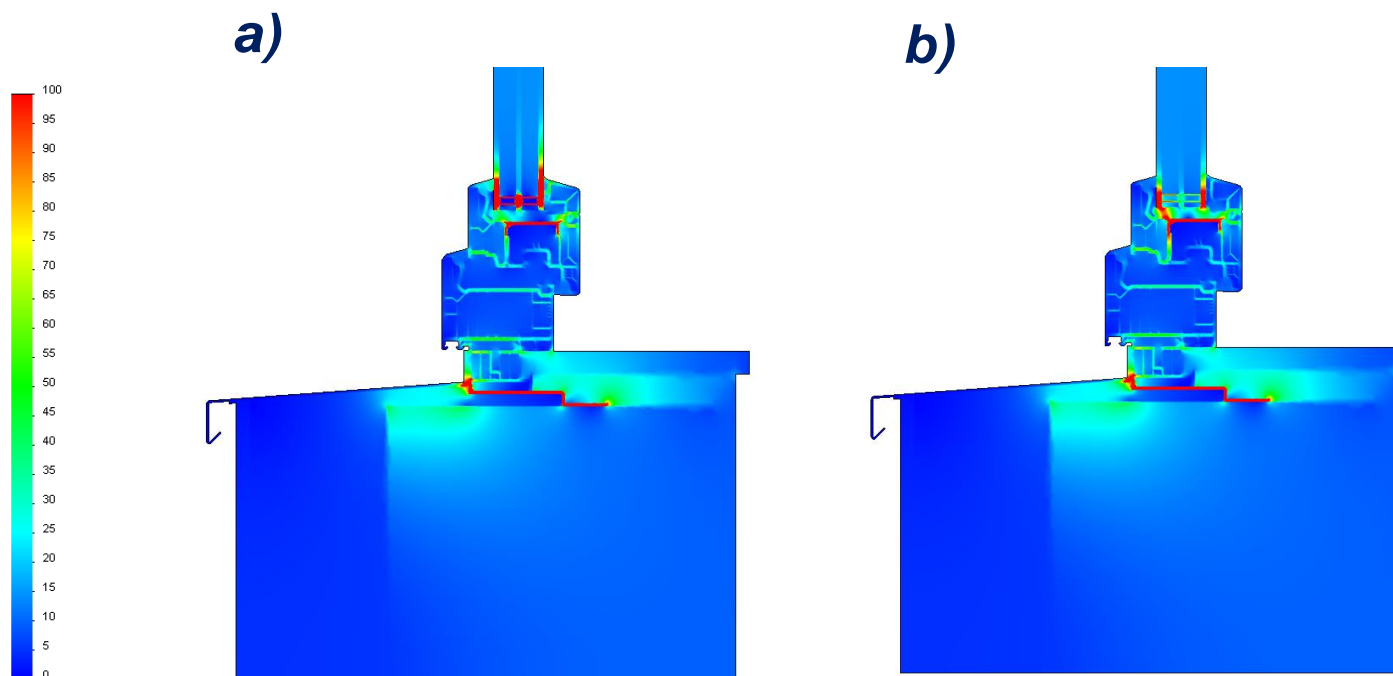
Wyniki badań symulacyjnych



Rozkład gęstości strumienia ciepła w przekroju pionowym dla badanych sposobów montażu stolarki okiennej

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

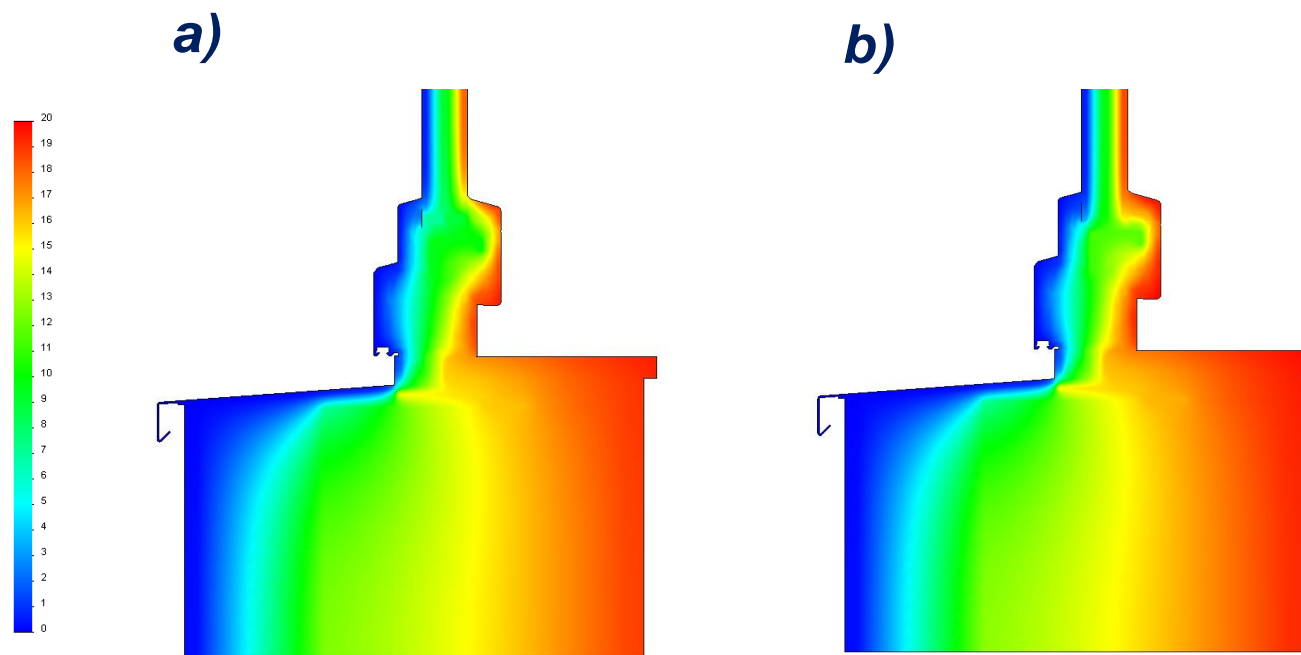
Wyniki badań symulacyjnych



***Porównanie rozkładów gęstości strumienia
a) ramka aluminiowa b) ciepła ramka TGI***

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Wyniki badań symulacyjnych



*Porównanie rozkładów temperatury
a) ramka aluminiowa b) ciepła ramka TGI*

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

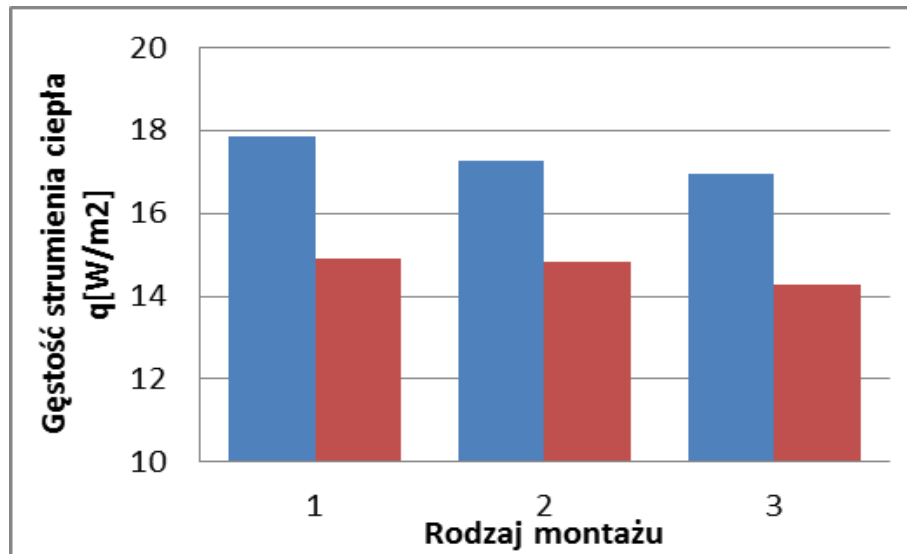
Wyniki obliczeń

q [W/m ²]		Montaż 1		Montaż 2		Montaż 3	
		Porotherm		Porotherm		Porotherm	
Profil okienny		Aluminium	TGI	Aluminium	TGI	Aluminium	TGI
S82	Całość	17,87	14,92	17,29	14,82	16,97	14,27

Gęstość strumienia ciepła dla trzech sposobów montażu stolarki okiennej z ramką dystansową aluminiową i TGI

3. MODELOWANIE STRAT CIEPŁA- WYNIKI BADAŃ P.3

Wyniki obliczeń



Gęstość strumienia ciepła dla trzech sposobów montażu stolarki okiennej z ramką dystansową aluminiową i TGI

4. WNIOSKI

Przypadek P1

- Strumienie ciepła tracone, wynikające z obliczonej temperatury belki podporowej wynoszą $Q_1=448\text{W}$, gdy nie zamontuje się podkładki i $Q_2=391\text{W}$ jeśli jest zamontowana podkładka izolacyjna. Wartości temperatury belek podpór różnią się o ok. 20°C , co przekłada się na ograniczenie strat ciepła przez podporę o ok $\Delta Q=57\text{W}$.

Przypadek P2

- Z przeprowadzonych obliczeń numerycznych wynika, że średnia temperatura obejmmy wynosi ponad 320°C . Tak wysoka temperatura generuje straty ciepła podpory na poziomie 823W (rys.10). Zaizolowanie podpory że średnia temperatura nie przekroczy wówczas 52°C . Obliczeniowy strumień ciepły tracony w tym przypadku wynosi 136 W .

5. PODSUMOWANIE

- Przedstawione przykłady wykorzystania metod numerycznych **dowodzą przydatność ich stosowania w analizowaniu strat ciepła elementów instalacji przemysłowych** o nieregularnym kształcie lub jej fragmentów charakteryzujących się nieciągłością lub niejednorodnością izolacji.
- **Raz opracowany model umożliwia prowadzenie wielowariantowych analiz cieplno-przepływowych**, badając na przykład wpływ zastosowania różnych rodzajów materiałów izolacyjnych, czy badając również zachowanie układu termoizolacyjnego w różnych warunkach pracy instalacji (zmiana temperatur, prędkości, itp.).
- Wyznaczone tą drogą **efekty energetyczne** można łatwo przeliczyć na **efekty ekonomiczne**, a wtedy jest już bardzo łatwo uzasadnić ekonomicznie zasadność podjęcia racjonalnej **decyzji w zakresie sposobu izolowania nietypowych elementów instalacji** lub całych obiektów.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Materiał pochodzi z Konferencji Naukowo-Technicznej

Heat Not Lost organizowanej przez <https://hnl.pl/>