

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ

INSTYTUT MECHANIKI STOSOWANEJ

ZAKŁAD WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW I KONSTRUKCJI



ANALIZA OBLICZENIOWA UKŁADÓW
MECHANICZNYCH

LABORATORIUM

**BADANIE ROZCHODZENIA CIEPŁA W RADIATORZE Z
ZASTOSOWANIEM METODY METODY ELEMENTÓW
SKOŃCZONYCH**

ARKADIUSZ DUKOWICZ 140392

ARKADIUSZ.DUKOWICZ@STUDENT.PUT.POZNAN.PL

PROWADZĄCY:

DR HAB. TOMASZ STREK

TOMASZ.STREK@PUT.POZNAN.PL

19 CZERWCA 2022

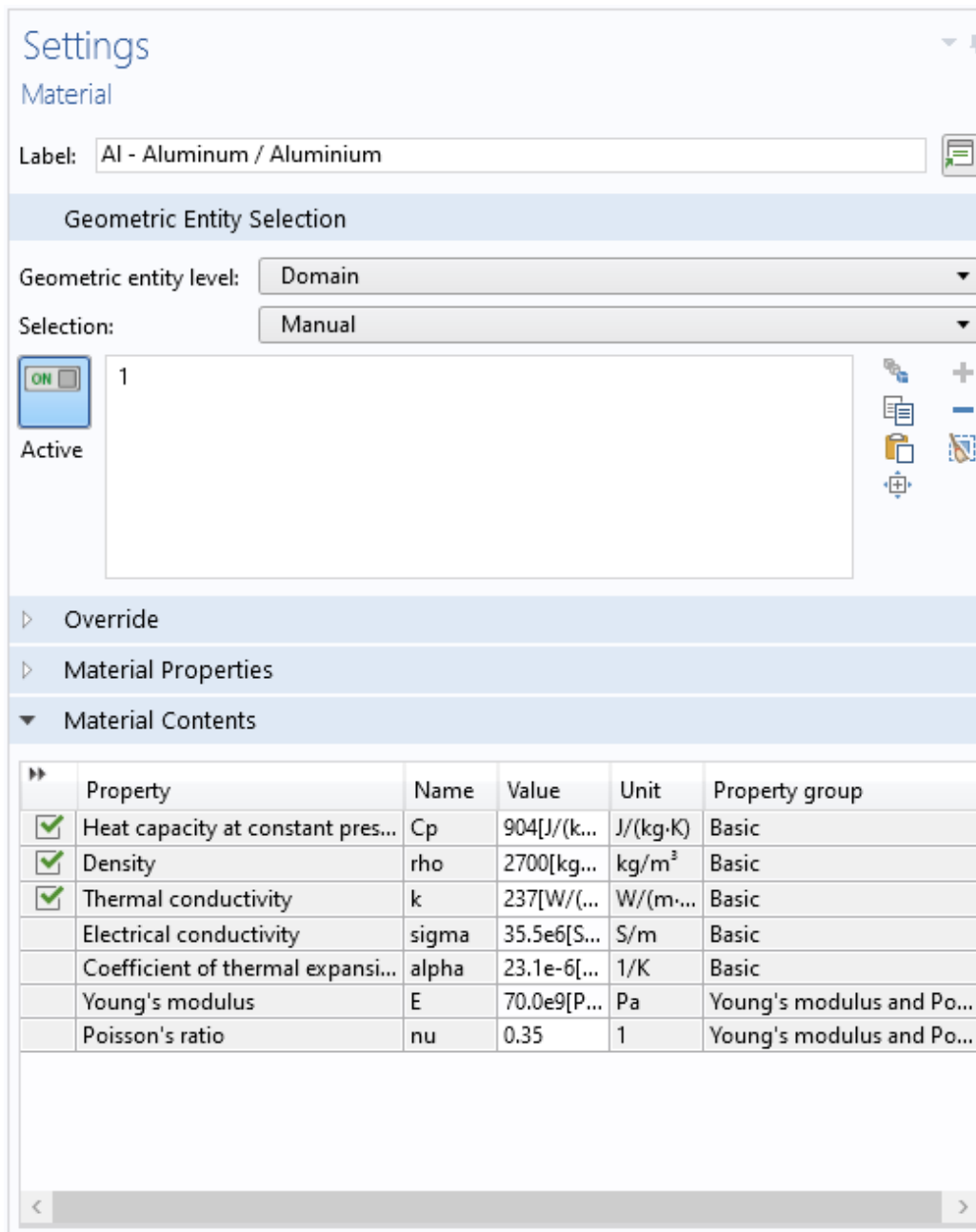


WSTĘP

Główna idea MES polega na tym, że dowolną ciągłą wartość można zamienić na model dyskretny. Model ten jest oparty na ograniczonej ilości węzłów, które tworzą ograniczoną ilość elementów skończonych. Zrealizowana praca ma na celu zaprezentować jak za pomocą tej metody można badać rozprzestrzenianie się ciepła w radiatorze stworzonym na rzecz badania, w programie Fusion360.

1.1 RADIATOR - MODEL MES

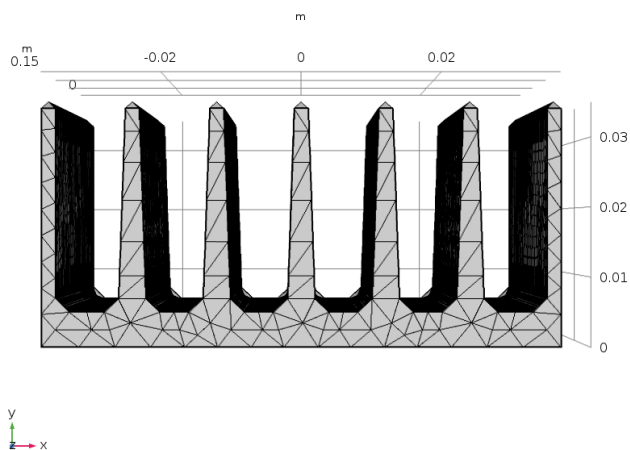
W przeprowadzonym badaniu zostało przyjęte, że radiator wykonany jest z aluminium. Należało więc wyszukać materiał w puli dostępnych, w programie COMSOL i przypisać go do modelu. Kolejnym krokiem było podzielenie modelu na elementy skończone.



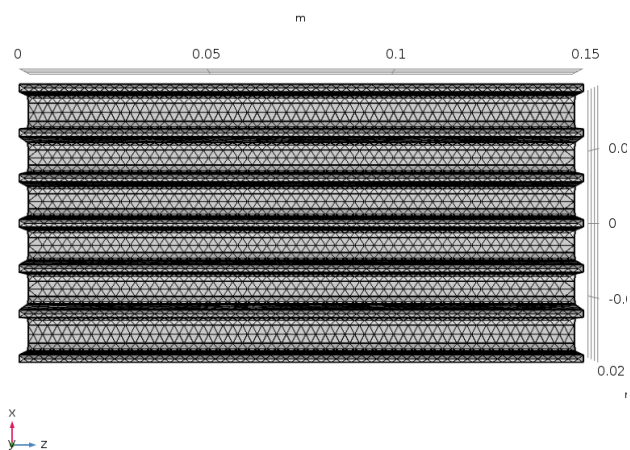
The screenshot shows the 'Settings' window for a material in COMSOL. The material is identified as 'Al - Aluminum / Aluminium'. The 'Geometric Entity Selection' section is set to 'Domain' level with 'Manual' selection. The material is active. Below, the 'Material Contents' section displays a table of properties:

Property	Name	Value	Unit	Property group
<input checked="" type="checkbox"/> Heat capacity at constant pres...	Cp	904[J/(k...	J/(kg·K)	Basic
<input checked="" type="checkbox"/> Density	rho	2700[kg...	kg/m ³	Basic
<input checked="" type="checkbox"/> Thermal conductivity	k	237[W/(...	W/(m·...	Basic
Electrical conductivity	sigma	35.5e6[S...	S/m	Basic
Coefficient of thermal expansi...	alpha	23.1e-6[...	1/K	Basic
Young's modulus	E	70.0e9[P...	Pa	Young's modulus and Po...
Poisson's ratio	nu	0.35	1	Young's modulus and Po...

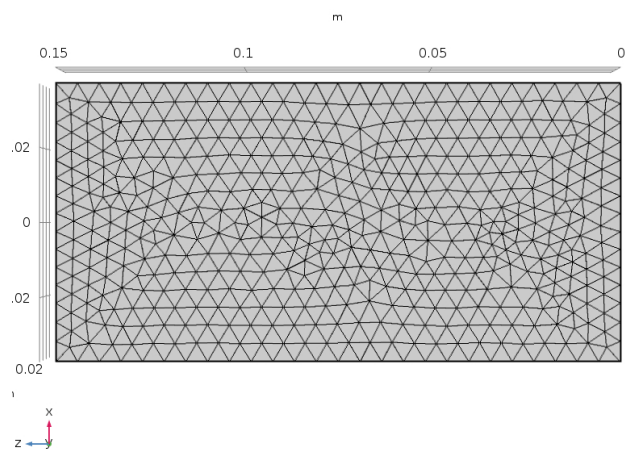
Rys. 1. Parametry materiału



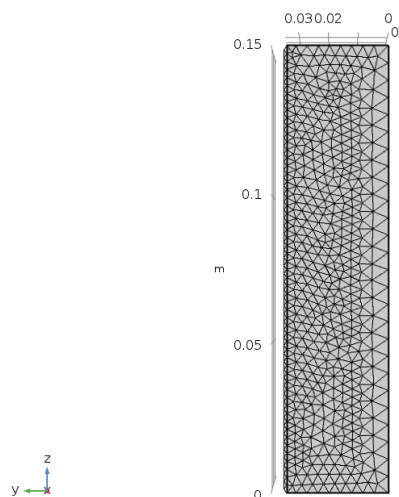
Rys. 2. Rzut przedni



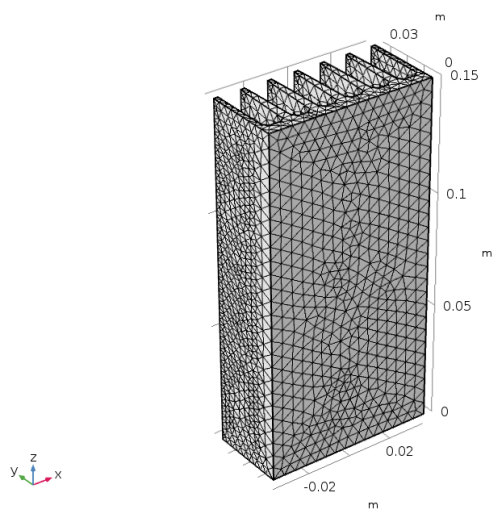
Rys. 3. Rzut z góry



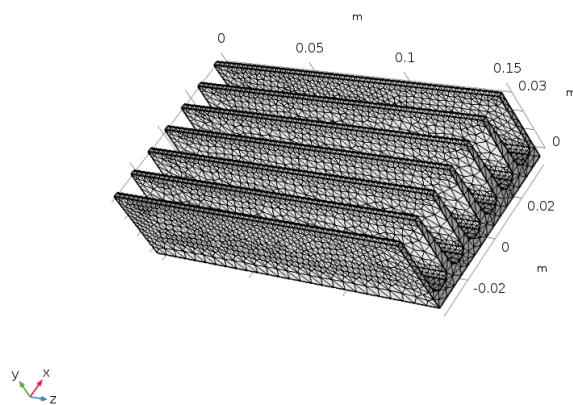
Rys. 4. Rzut podstawy



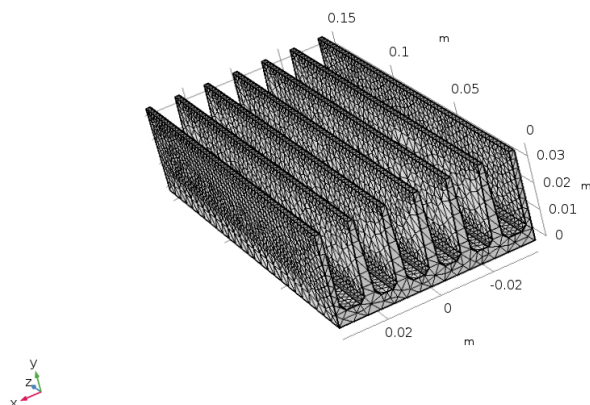
Rys. 5. Rzut boczny



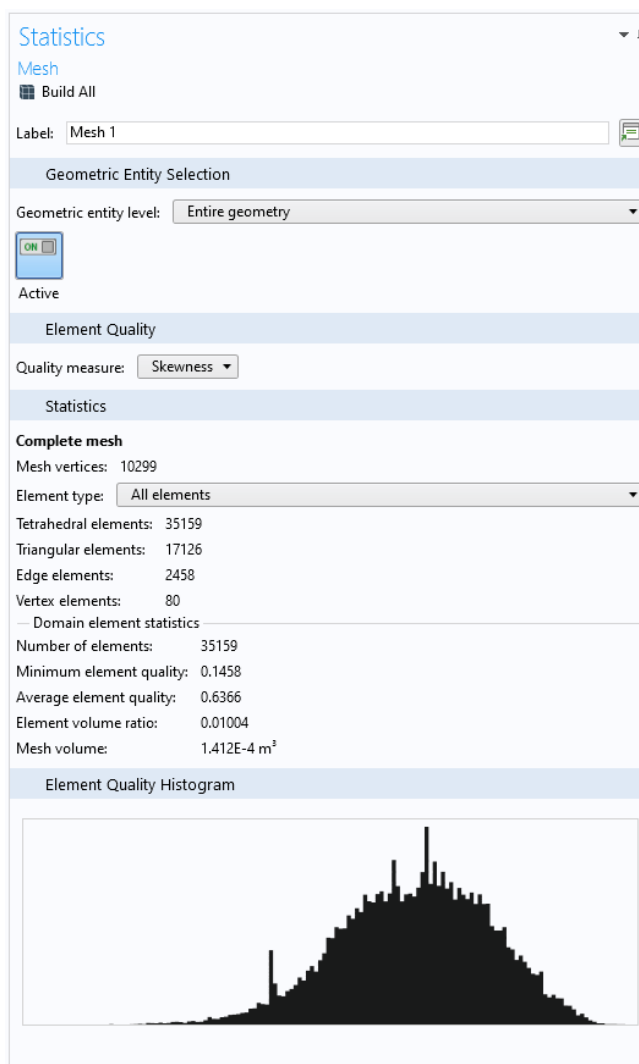
Rys. 6. Rzut skośny - 1



Rys. 7. Rzut skośny - 2



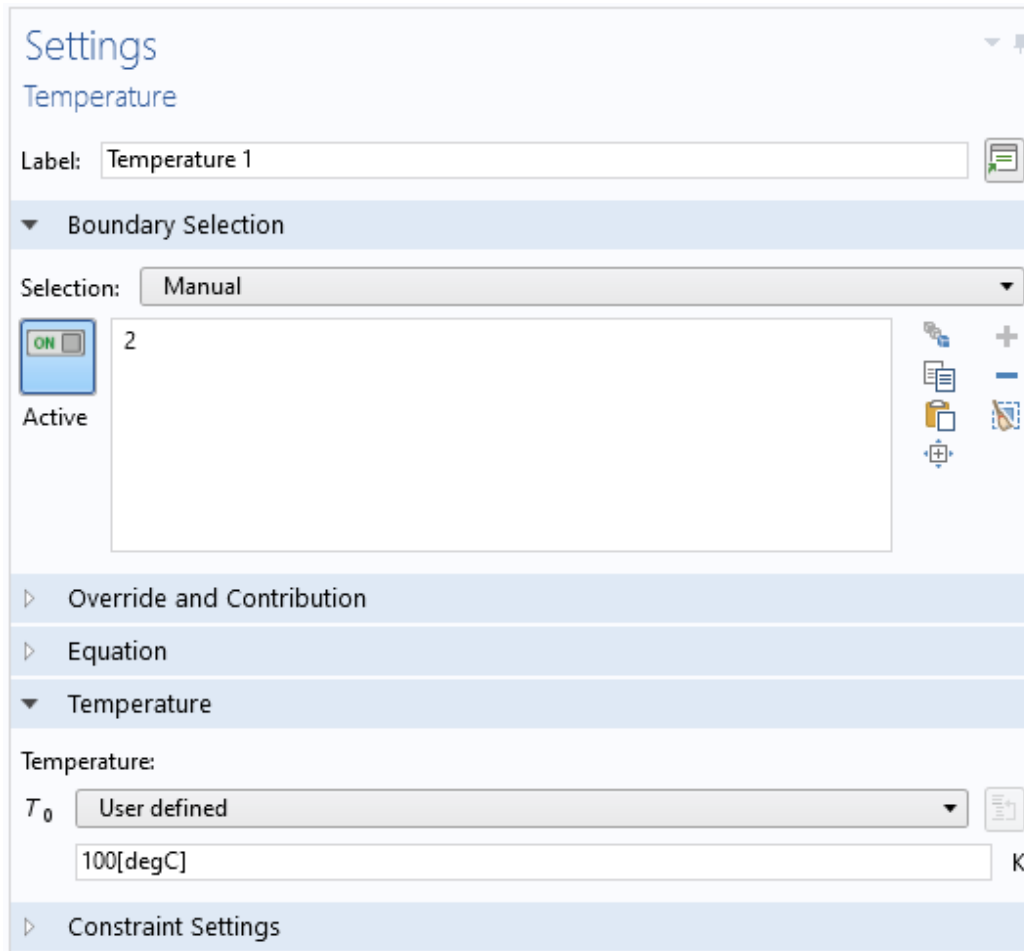
Rys. 8. Rzut skośny - 3



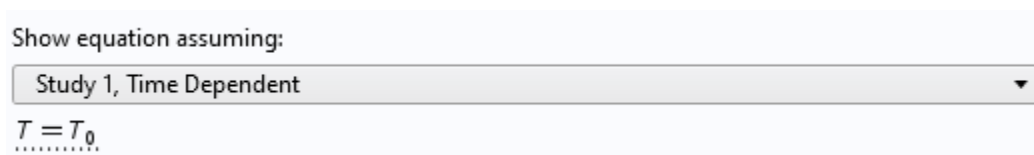
Rys. 9. Parametry MES

1.2 NASTAWY PARAMETRÓW

Kolejnym etapem było zadanie wartości temperatury grzania oraz określenie z którą płaszczyzną radiatora będzie ona miała kontakt. Dobrane zostały również konkretne warunki brzegowe.



Rys. 10. Zadana wartość temperatury



Rys. 11. Równanie dla temperatury

Settings

Heat Transfer in Solids

Label:

Name:

▼ Domain Selection

Selection:

1
Active

▶ Equation

▼ Physical Model

- Surface-to-surface radiation
- Radiation in participating media
- Heat transfer in biological tissue
- Isothermal domain
- Heat transfer in porous media

▼ Ambient Settings

Ambient data:

Ambient temperature:
 T_{amb} K

Ambient absolute pressure:
 p_{amb} Pa

Ambient relative humidity:
 ϕ_{amb} 1

Wind velocity:
 v_{amb} m/s

Clear sky noon beam normal irradiance:
 $I_{sn,amb}$ W/m²

Clear sky noon diffuse horizontal irradiance:
 $I_{sh,amb}$ W/m²

Rys. 12. Przenikalność cieplna

Equation form:

Study controlled

Show equation assuming:

Study 1, Time Dependent

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = Q + Q_{\text{ted}}$$
$$\mathbf{q} = -k \nabla T$$

Rys. 13. Równanie dla przenikalności cieplnej

Settings

Heat Flux

Label: Heat Flux 1

Boundary Selection

Selection: Manual

ON

Active

- 1
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

Override and Contribution

Equation

Heat Flux

General inward heat flux

Convective heat flux

$$q_0 = h \cdot (T_{\text{ext}} - T)$$

Heat transfer coefficient:

User defined

Heat transfer coefficient:

h 40 W/(m²·K)

External temperature:

T_{ext} User defined

293.15[K] K

Heat rate

$$q_0 = \frac{P_0}{A}$$

Rys. 14. Przepływ ciepła

Show equation assuming:

Study 1, Time Dependent

$$-\mathbf{n} \cdot \mathbf{q} = q_0$$
$$q_0 = h(T_{\text{ext}} - T)$$

Rys. 15. Równanie dla przepływu ciepła

Show equation assuming:

Study 1, Time Dependent

$$-\mathbf{n} \cdot \mathbf{q} = 0$$

Rys. 16. Równanie dla izolacji cieplnej

Settings

Time Dependent

Compute Update Solution

Label: Time Dependent

Study Settings

Time unit: s

Times: range(0,0.01,30) s

Tolerance: Physics controlled

Results While Solving

Physics and Variables Selection

Modify physics tree and variables for study step

Physics interface	Solve for	Discretization
Heat Transfer in Solids (ht)	<input checked="" type="checkbox"/>	Physics settings

Values of Dependent Variables

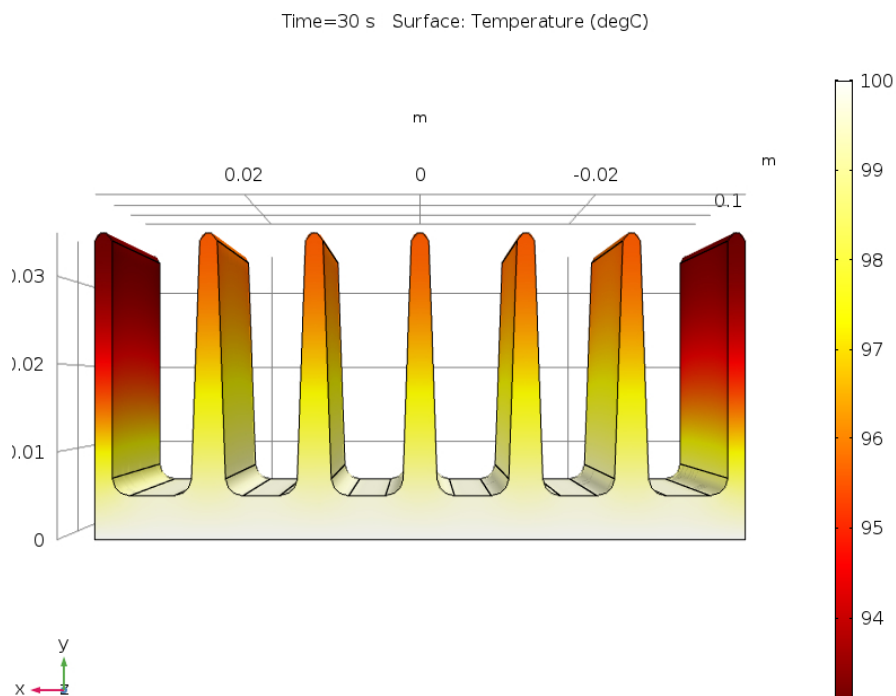
Mesh Selection

Study Extensions

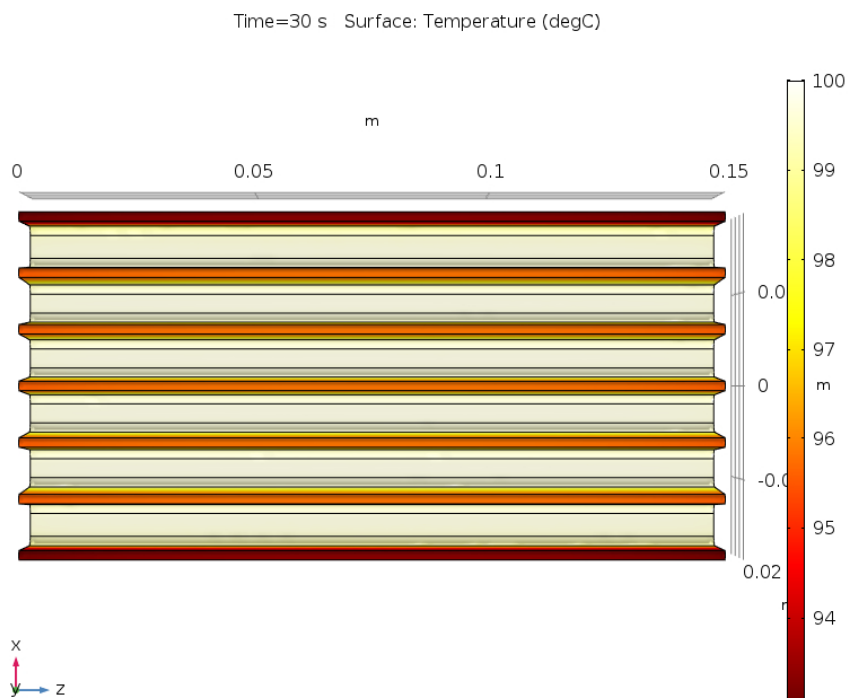
Rys. 17. Nastawy dla przeprowadzonej analizy

1.3 ROZPRZESTRZENIANIE CIEPLNE

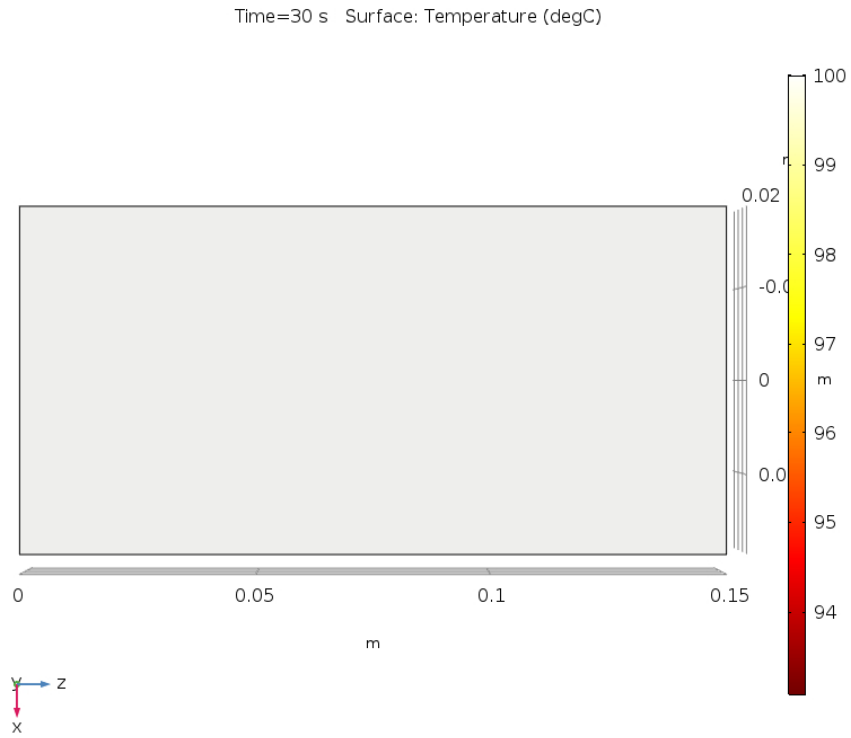
Poniżej zaprezentowany jest efekt rozchodzenia się ciepła po radiatorze.



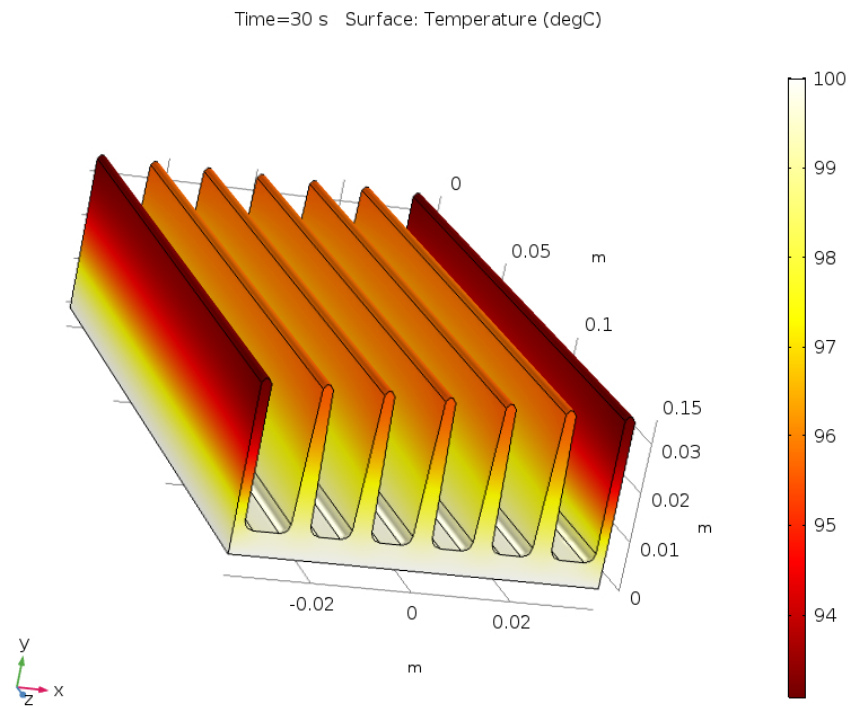
Rys. 18. Rzut przedni



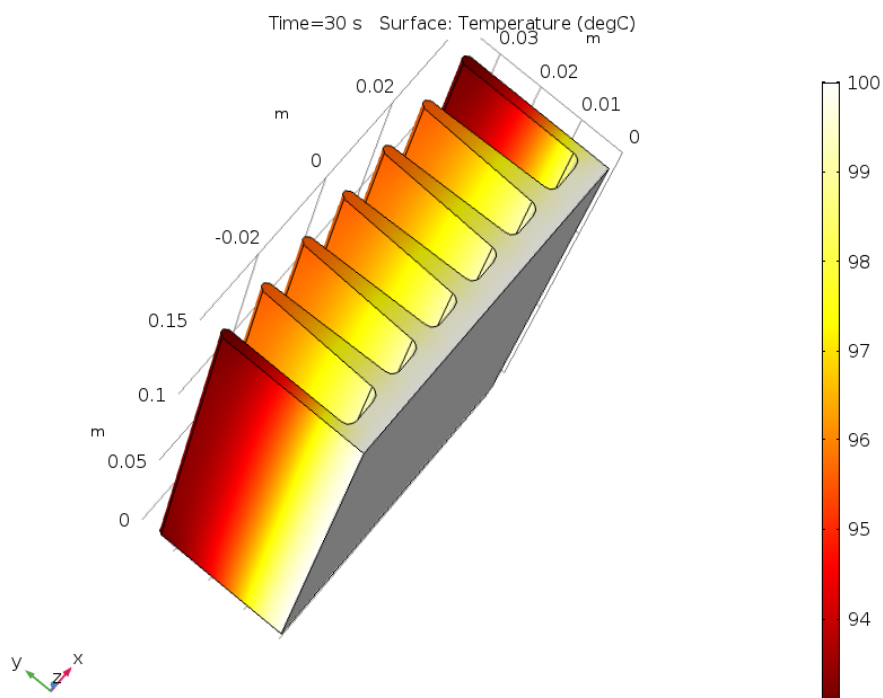
Rys. 19. Rzut z góry



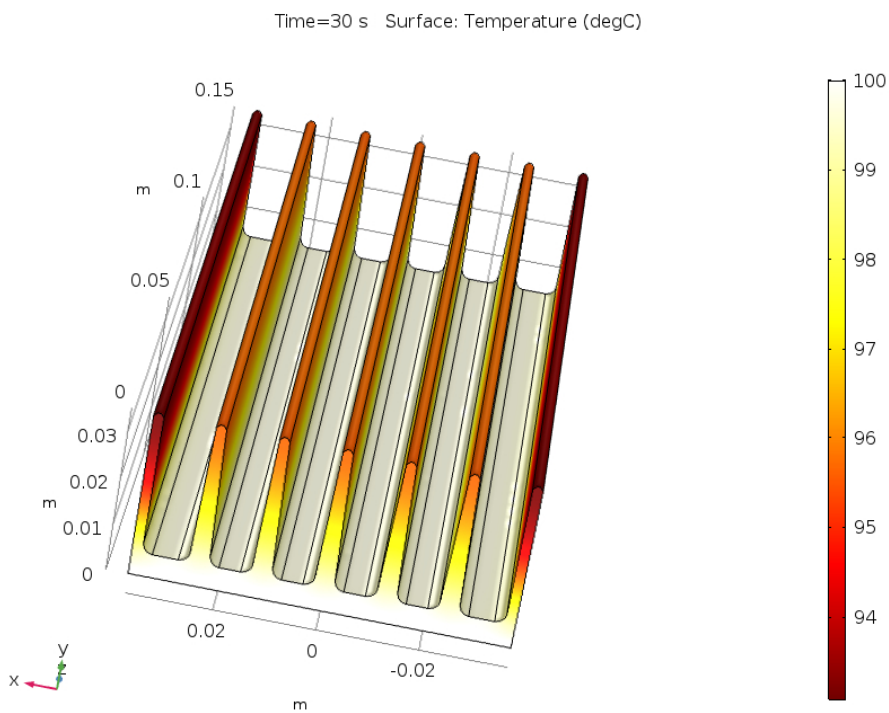
Rys. 20. Rzut podstawy



Rys. 21. Rzut skośny - 1



Rys. 22. Rzut skośny - 2

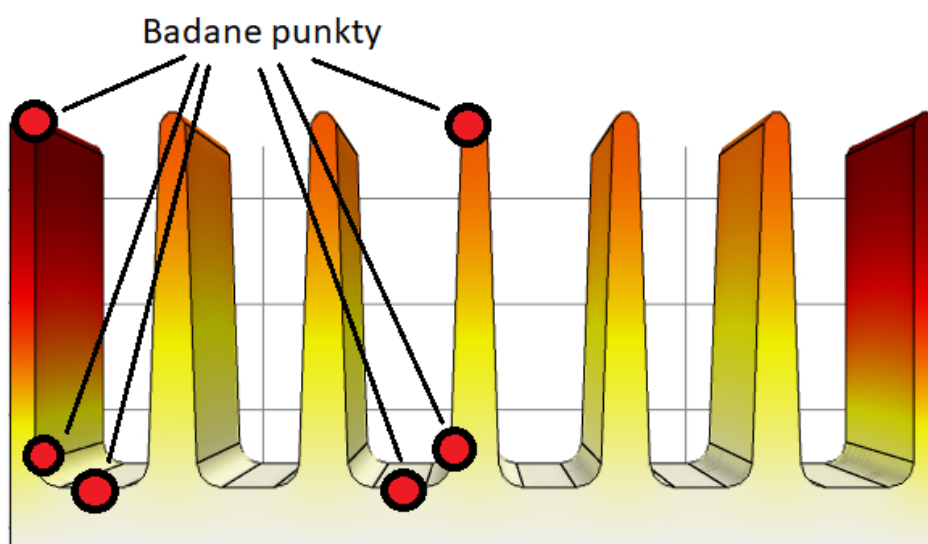


Rys. 23. Rzut skośny - 3

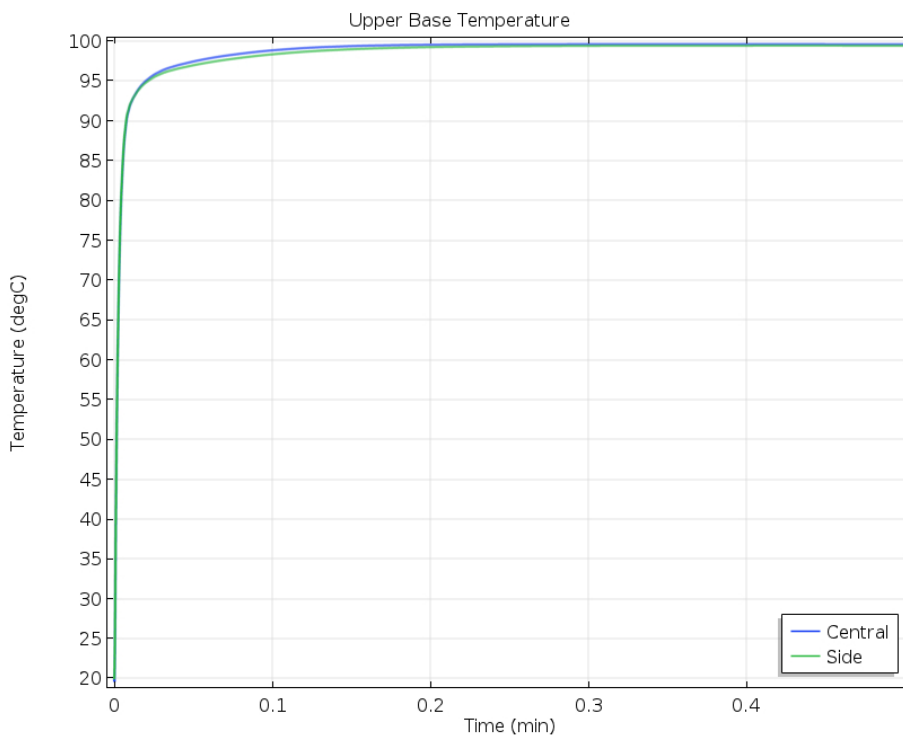
1.4 ANALIZA ROZPŁYWU CIEPŁA

Do analizy zostały przyjęte 3 charakterystyczne dla radiatora punkty:

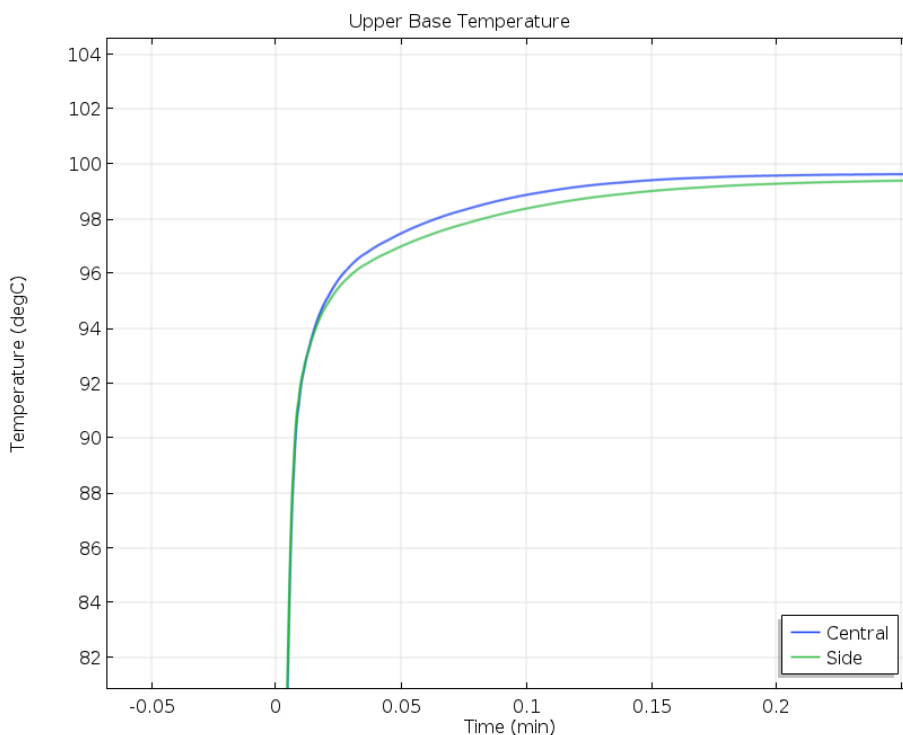
- Górna część podstawy - położenie centralne i skrajne
- Żebro przy podstawie - położenie centralne i skrajne
- Szczyt żebra - położenie centralne i skrajne



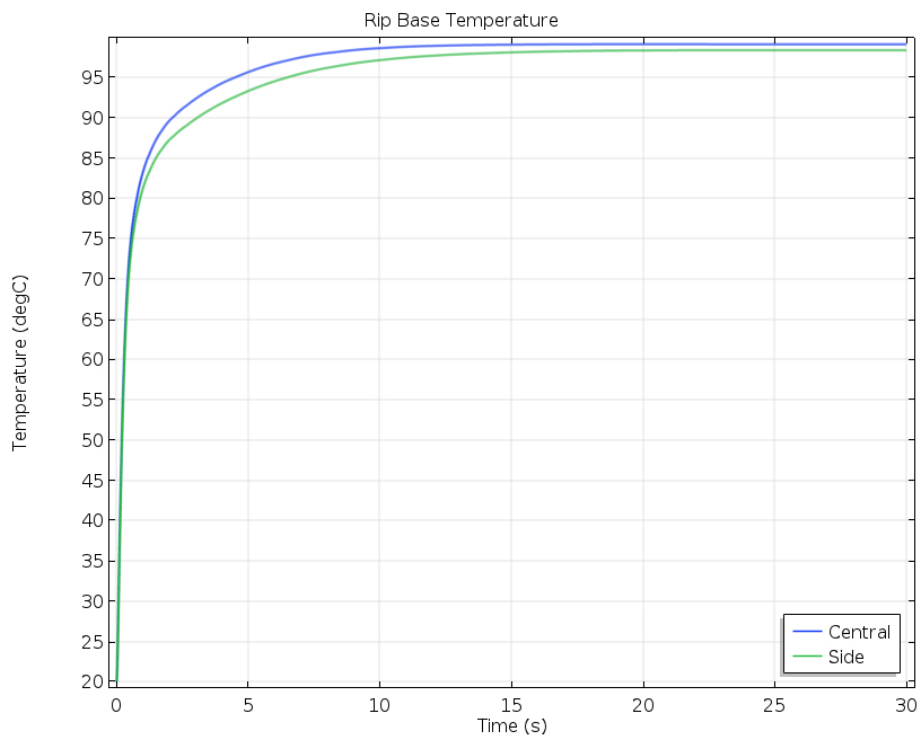
Rys. 24. Badane punkty



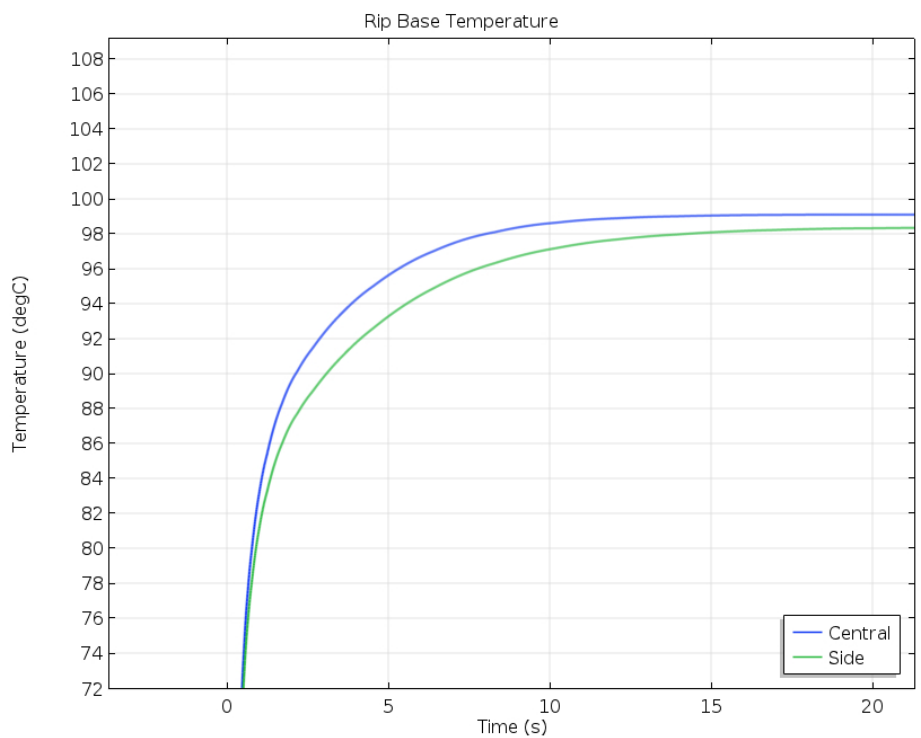
Rys. 25. Górna część podstawy



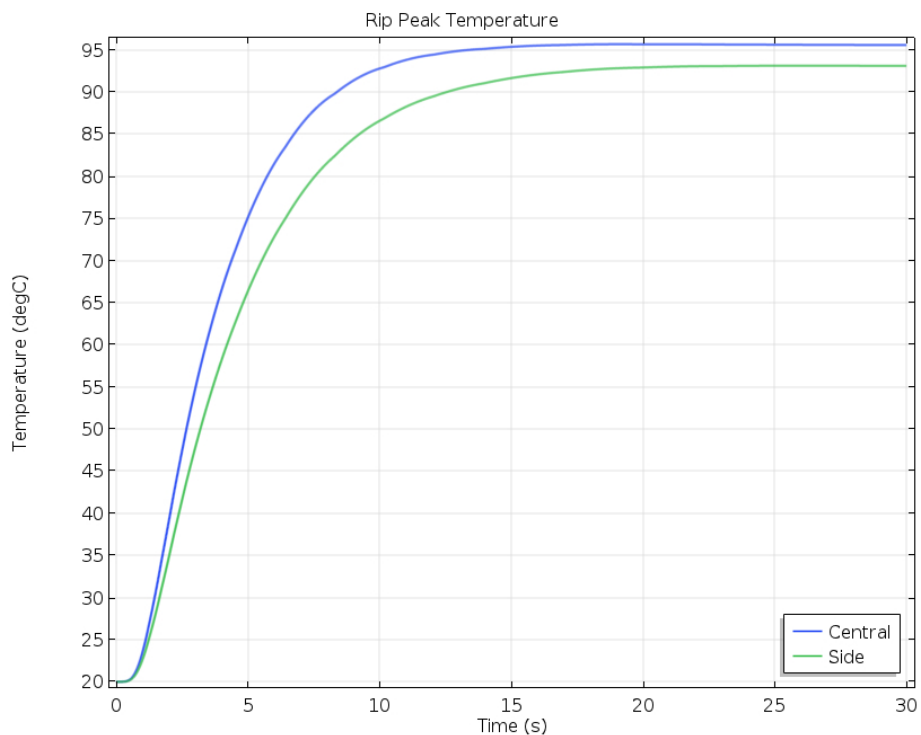
Rys. 26. Przybliżenie



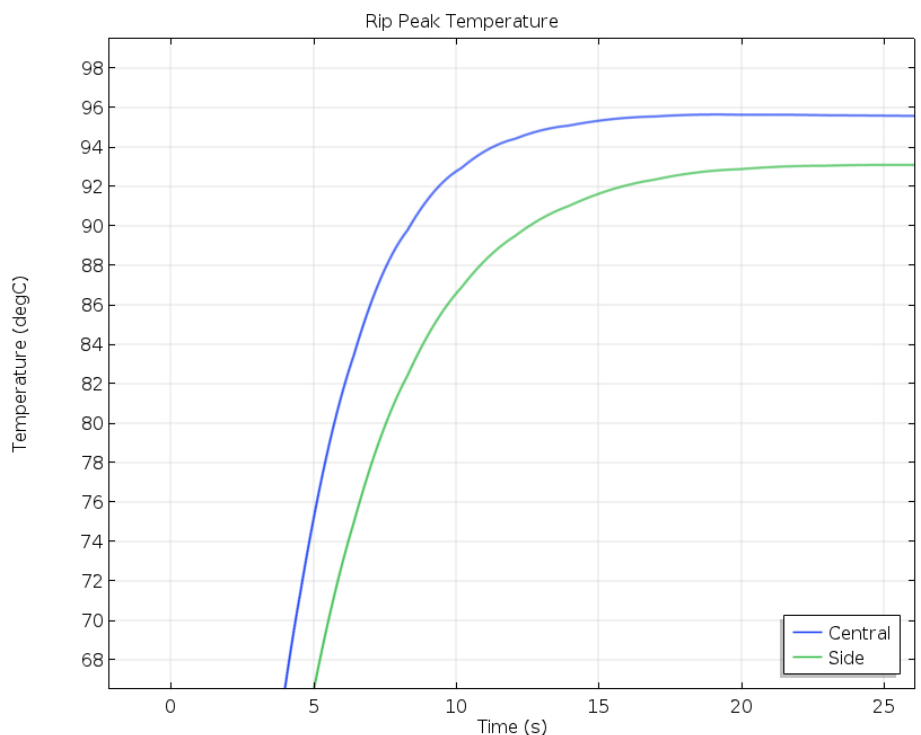
Rys. 27. Żebro przy podstawie



Rys. 28. Przybliżenie



Rys. 29. Szczyt żebra



Rys. 30. Przybliżenie



PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badanie w przejrzysty sposób przedstawia, jak rozchodzi się ciepło po aluminiowym radiatorze. Uzyskane wykresy jasno obrazują, że w każdym z 3 dobranych przypadków, szybciej nagrzewają się centralne, niż skrajne punkty radiatora. Widać również, że tak jak można było zakładać, ciepło które rozchodzi się od podstawy w górę, powoduje szybsze uzyskanie zadanej temperatury przy punktach zlokalizowanych bliżej podstawy, a dużo wolniej przy punktach zlokalizowanych w szczycie żeber.