



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

Mechanika i Budowa Maszyn



# METODA ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

## PROJEKT

### Prowadzący:

Dr hab. Tomasz Stręć

### Wykonali:

Radosław Kozłowski

Jarosław Kóska

Grupa:

Rok akademicki: 2011/2012

Semestr: VII

## Spis treści:

1. Analiza ugięcia krzesła.....	3
- stalowe.....	6
- drewniane.....	7
2. Analiza przepływu ciepła przez żelazko.....	8
- stalowe.....	12
- żeliwne.....	12
3. Analiza przepływu powietrza przez bobslej oraz klasyczne saneczki.....	13
- bobslej.....	16
- saneczki.....	17

## 1. Analiza ugięcia krzesła wykonanego z różnych materiałów.

### Wstęp:

W tym rozdziale zostanie przeprowadzona symulacja, dzięki której możliwe będzie wyznaczenie ugięć i naprężeń w krześle poddanemu naciskom dwóosiowym. Analiza ma charakter porównawczy, obrazujący parametry wytrzymałościowe elementu wykonanego z drewna i stopu metalu.



**Rys. 1.1.** Ilustracja krzesła drewnianego i metalowego

### Dane wejściowe:

- krzesło nr 1 –drewniane:
  - Rodzaj: zwykły
  - Materiał: drewno
  - Długość:  $l = 500 \text{ mm}$ ,
  - Wysokość:  $h = 1000 \text{ mm}$
  - Szerokość podstawy:  $s = 500 \text{ mm}$

- Moduł Younga:  $E = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$
  - Współczynnik Poissona:  $\nu = 0,5$
  - Gęstość:  $\rho = 470 \text{ kg/m}^3$
- krzesło nr 2 – stalowe:
    - Rodzaj: zwykły
    - Materiał: stal
    - Długość:  $l = 500 \text{ mm}$ ,
    - Wysokość:  $h = 1000 \text{ mm}$
    - Szerokość podstawy:  $s = 500 \text{ mm}$
    - Moduł Younga:  $E = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$
    - Współczynnik Poissona:  $\nu = 0,33$
    - Gęstość:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

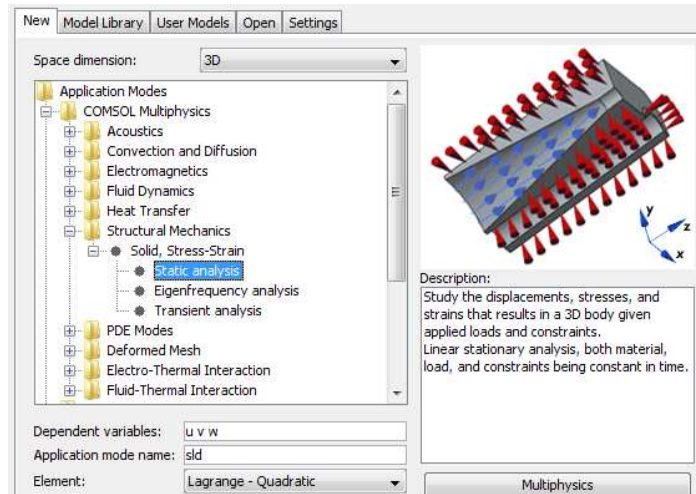


**Rys. 1.2.** Model krzesła wykonany w programie SolidWorks 2011 Professional

Krzesło obciążono siłą w miejscu siedziska w kierunku osi Y (1000N) ze znakiem minus, ponieważ siła działa ku dołowi. Dodatkowo krzesło obciążono siłą w kierunku osi z (300N) skierowaną na oparcie by jeszcze bardziej odwzorować warunki panujące podczas testu.

## Przebieg symulacji:

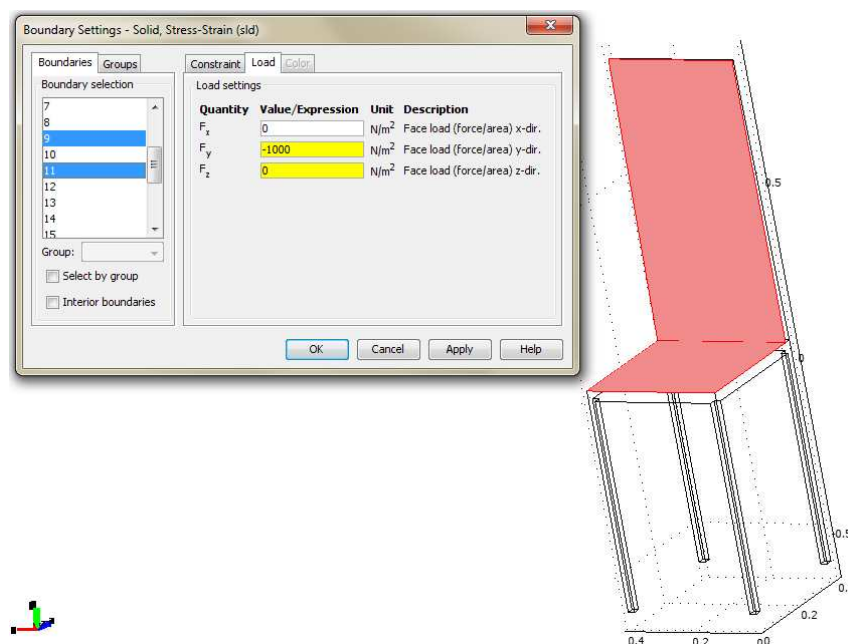
Symulacja dla obu rodzajów elementów została przeprowadzona w programie COMSOL Multiphysics, w module „Structural Mechanics”, pod module „Solid, Stress-Strain” dla analizy statycznej „Static analysis”. Analiza ma charakter trójwymiarowy 3D.



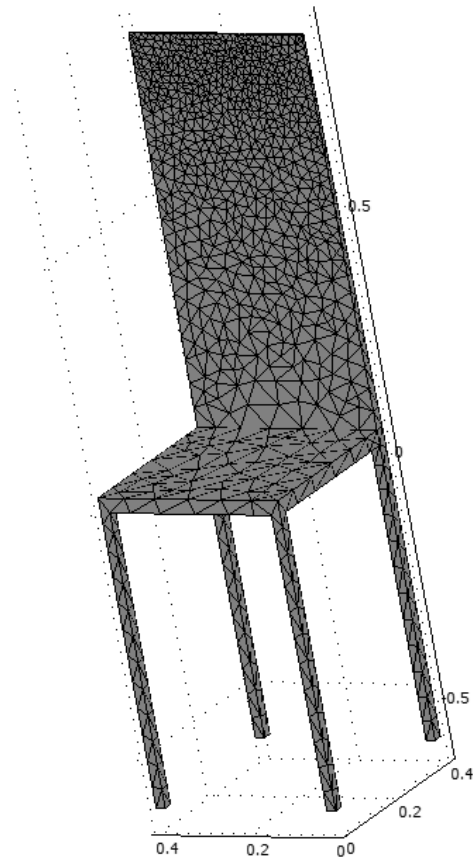
Rys. 1.3. Wykorzystywany moduł programu COMSOL Multiphysics

## Krzeseł drewniane:

Analizowane krzesło nr 1 obciążono w osi Y siłą  $N = -1000 \text{ N/m}^2$  (waga przeciętnego człowieka). Siła zwrócona jest w dół, dlatego w programie oznacza się jej wartość z minusem. Siła działa na całej powierzchni górnej płaszczyzny krzesła, zaprezentowanej na rysunku 1.3.

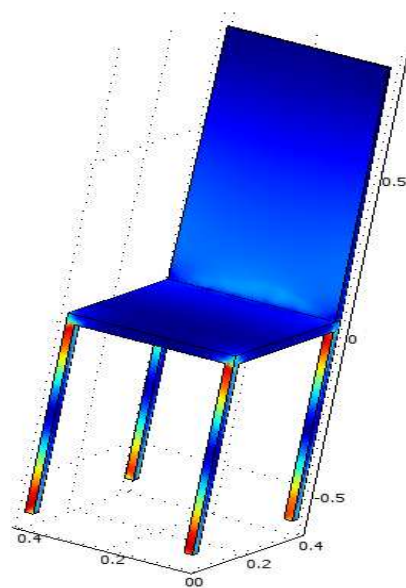


Rys. 1.4. Obciążona płaszczyzna krzesła



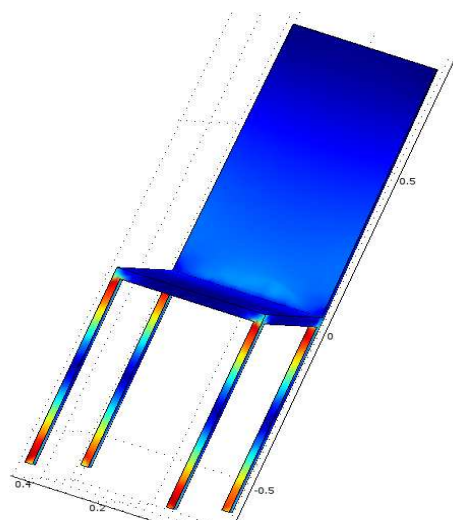
**Rys. 1.5.** Siatka elementów skończonych

Poniżej znajduje się zobrazowane przemieszczenie po obciążeniu krzesła nr 1 w utwierdzeniu na końcach nóg.



**Rys. 1.6.** Przemieszczenia w krześle nr 1

Poniżej znajduje się zobrazowane przemieszczenie po obciążeniu krzesła nr 2 w utwierdzeniu na końcach nóg.



**Rys. 1.7.** Przemieszczenia w krześle nr 2

### **Wnioski:**

Po przeprowadzonej analizie ugięcia krzesel wykonanych z drewna i stopów metali można stwierdzić iż przemieszczenia w obu wyrobach nie różniły się znacznie. Minimalnie bardziej ugięło się krzesło wykonane z drewna. Jednak na korzyść naturalnego produktu może przemawiać to iż jest o wiele lżejsze od klasycznego stalowego produktu.

## 2. Przepływ ciepła w żelazku w zależności od materiału z którego wykonane jest żelazko.

### Wstęp:

Zostanie przeprowadzona symulacja przedstawiająca przepływ ciepła w podgrzewanym żelazku. Analiza ma charakter porównawczy – informacją zwrotną będzie nie tylko sposób przepływu ciepła w żelazku, ale również zależność przepływu od materiału. Popularne żelazka stosowane są do wyprostowania zagięć powstałych podczas prania odzieży.



Rys. 2.1. Ilustracja żelazka

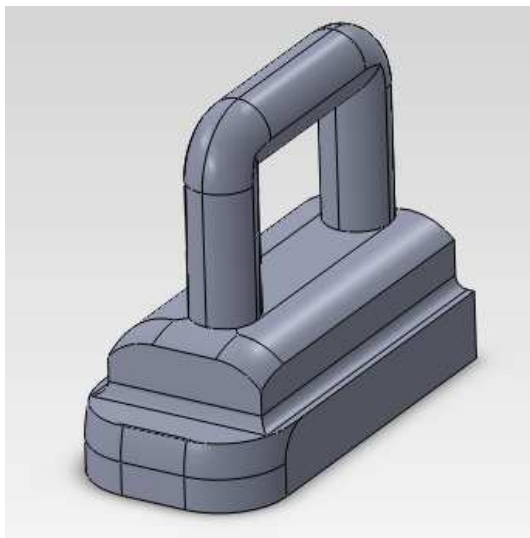
### Dane wejściowe:

Analizowane są 2 rodzaje żelazek wykonanych z różnych materiałów .

- żelazko nr 1 – aluminiowe:
  - Materiał: aluminium
  - Przeznaczenie: pralnie
  - Szerokość:  $s = 150$  mm,
  - Wysokość:  $h = 200$  mm
  - Waga:  $m = 1,5$ kg



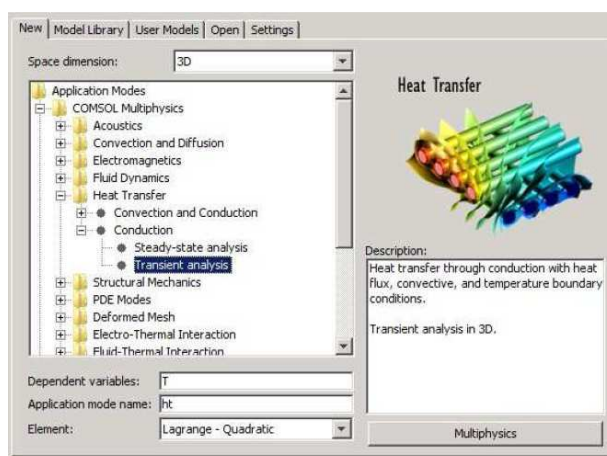
- żelazko nr 2 – stalowe:
  - Materiał: stal
  - Przeznaczenie: pralnie
  - Szerokość:  $s = 150$  mm,
  - Wysokość:  $h = 200$  mm
  - Waga:  $m = 1,5$ kg



Rys. 2.2. Model żelazka nr 1 i 2, wykonany w programie SolidWorks 2011 Professional

### Przebieg symulacji:

Symulacja dla obu rodzajów elementów została przeprowadzona w programie COMSOL Multiphysics, w module „Heat Transfer”, pod module „Conduction” dla analizy krótkotrwałej „Transient analysis”. Analiza ma charakter trójwymiarowy 3D.



Rys. 2.3. Wykorzystywany moduł programu COMSOL Multiphysics

Problem zostanie rozwiązany na podstawie równania odnoszącego się do przewodnictwa cieplnego, podanego poniżej:

$$\delta_{ts} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

gdzie:

$\delta_{ts}$  – współczynnik skalowania w czasie,

$\rho$  – gęstość [kg/m<sup>3</sup>],

$C_p$  – pojemność cieplna [J/(kg · K)],

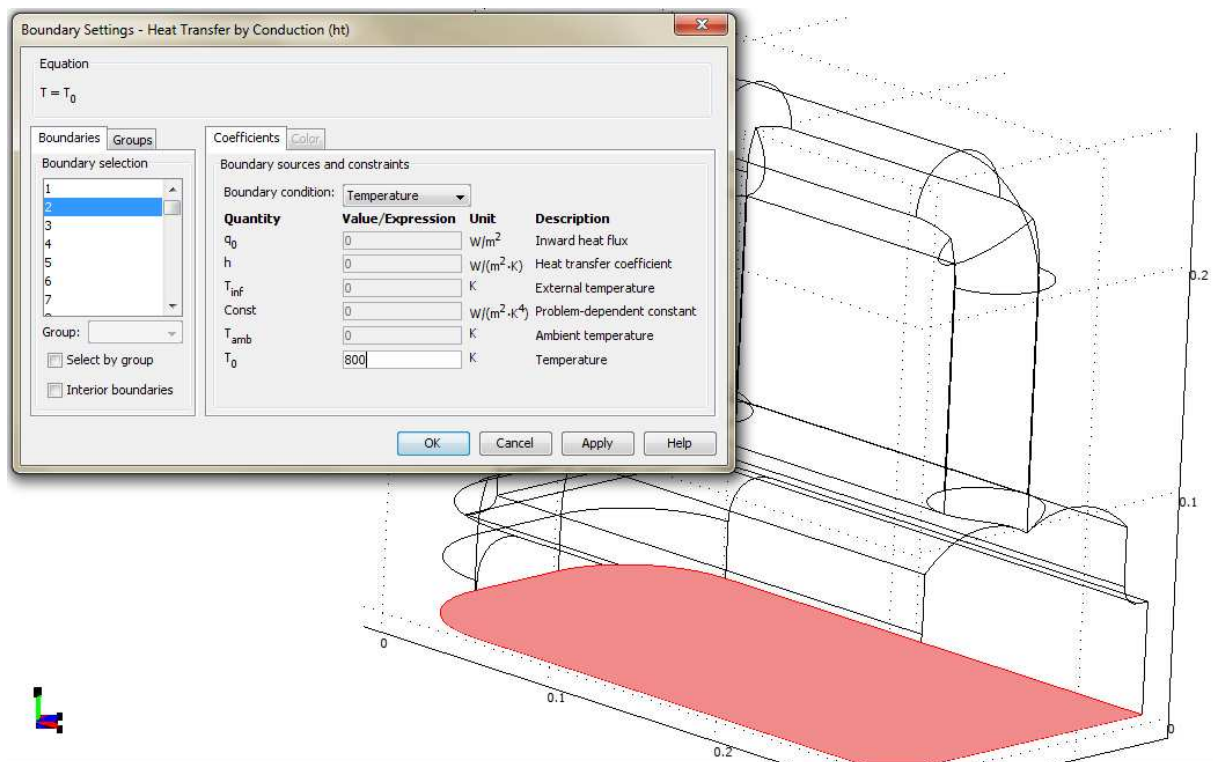
$T$  – temperatura [K],

$t$  – czas [s],

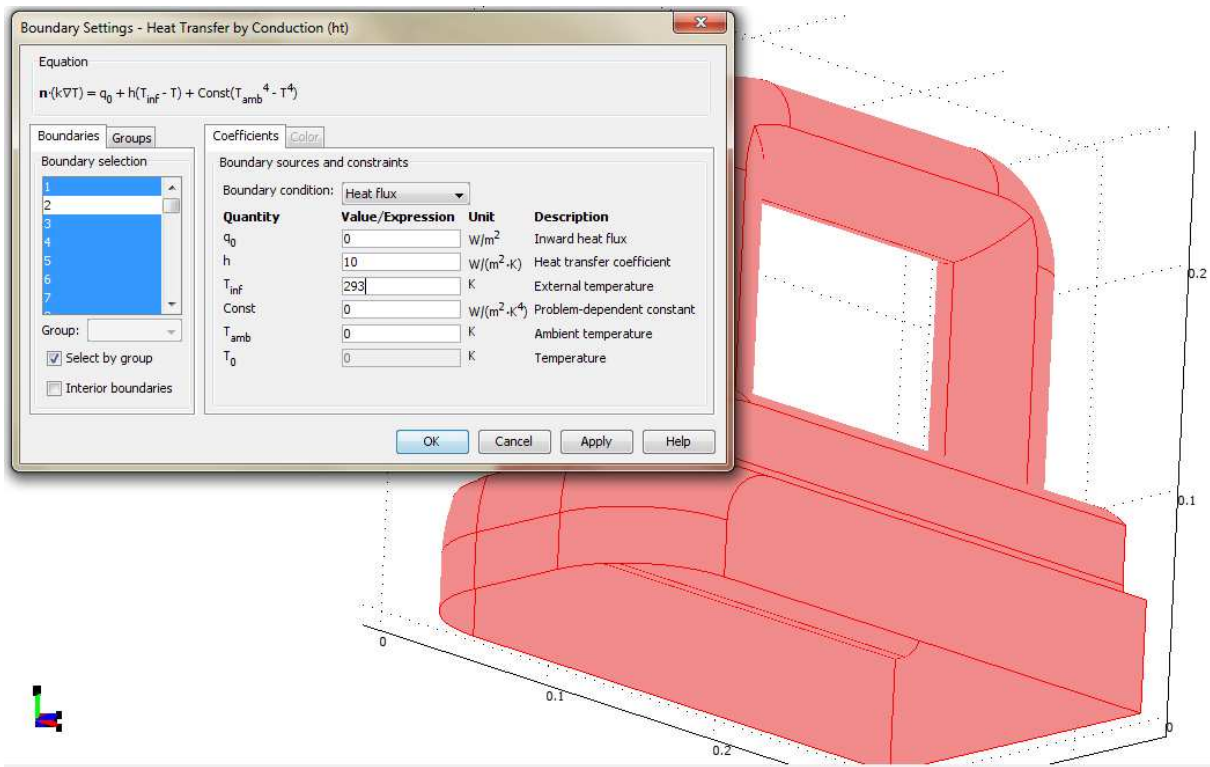
$k$  – tensor przewodności cieplnej [W/(m · K)],

$Q$  – źródło ciepła [W/m<sup>3</sup>].

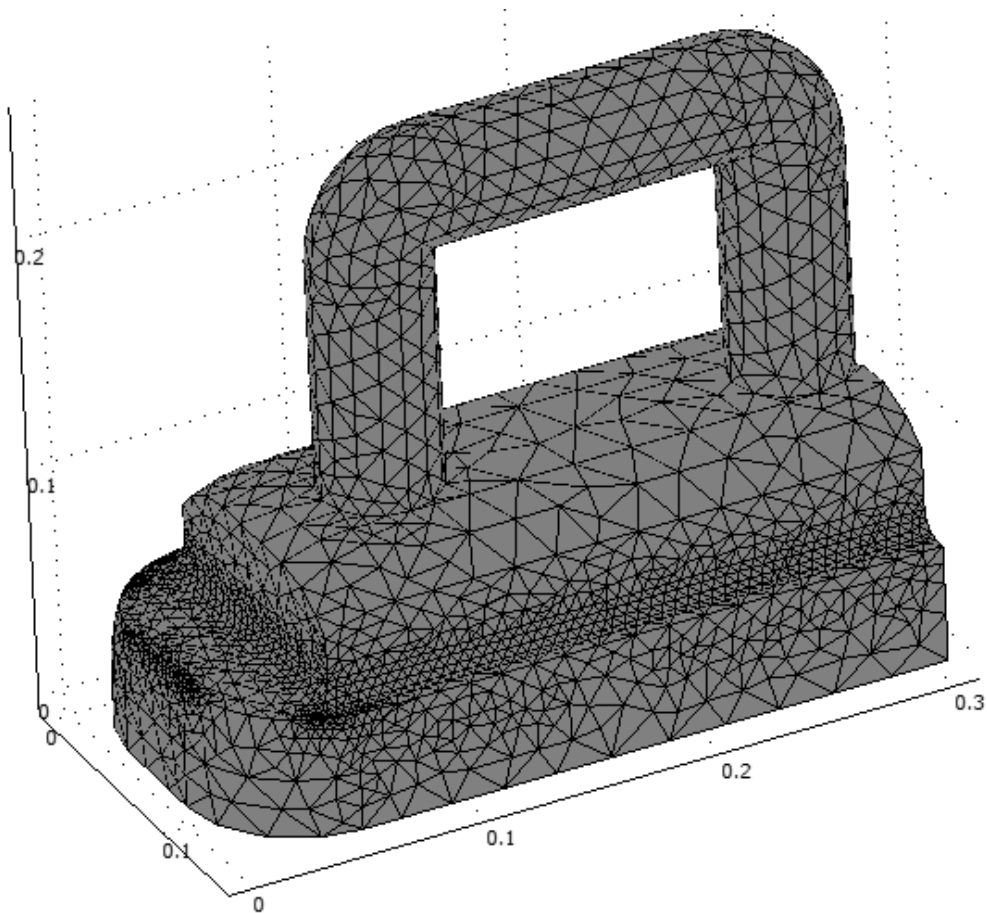
Poniżej zaprezentowano warunki brzegowe dla powierzchni do której doprowadzane jest ciepło – rysunek 2.4., oraz dla pozostałych powierzchni – rysunek 2.5.



Rys. 2.4. Warunki brzegowe dla powierzchni nagrzewanej żelazka nr 1 i 2

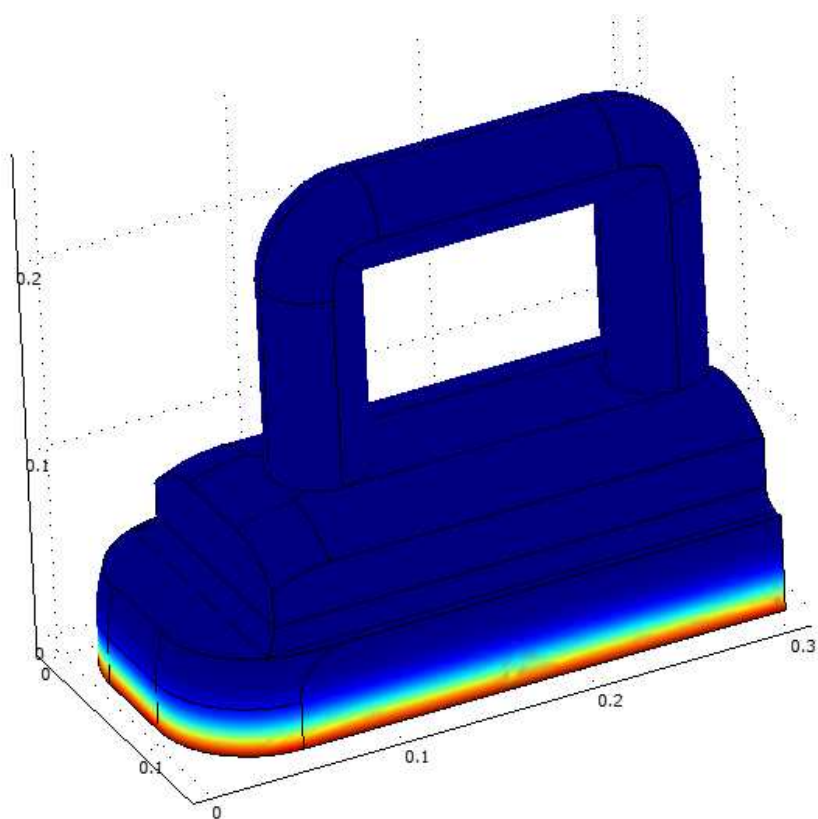


Rys. 2.5. Warunki brzegowe dla pozostałej powierzchni żelazka nr 1 i 2

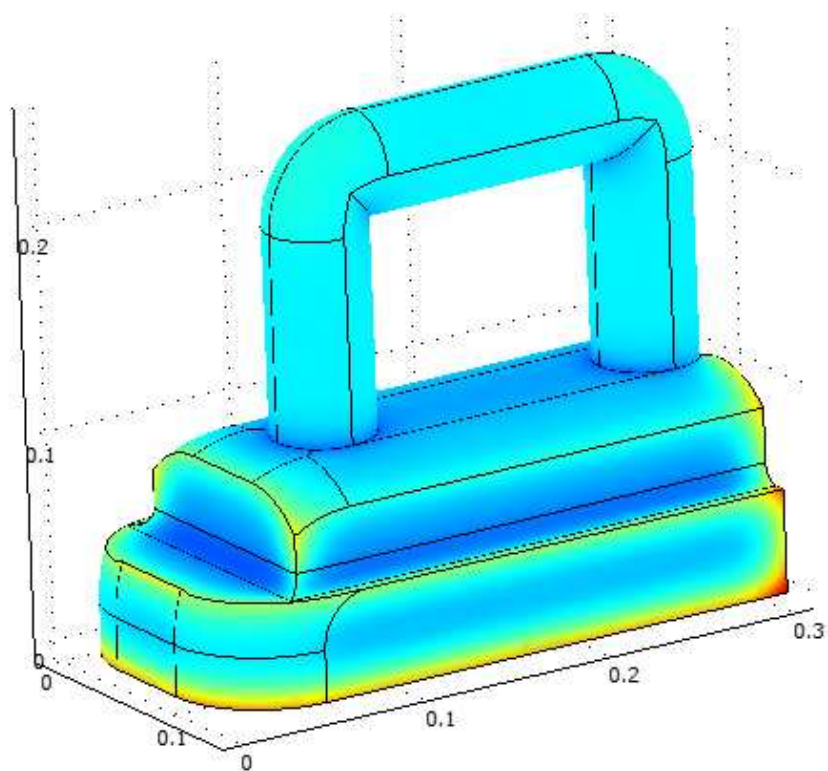


Rys. 2.6. Siatka elementów skończonych

Analiza porównawcza przepływu ciepła przez żelazko o części grzejącej wykonanej z różnych materiałów.



**Rys. 2.7.** Przewodzenie ciepła przez żelazko nr 1



**Rys. 2.8.** Przewodzenie ciepła przez żelazko nr 2

**Wnioski:**

Po przeprowadzonej analizie porównawczej możemy stwierdzić iż żelazko wykonane z aluminium lepiej odprowadza ciepło. Udało się nawet wyizolować rączkę aby uniknąć oparzeń. Nie znaczy to że żelazko stalowe jest dużo gorsze. Na korzyść aluminiowego produktu przemawia jego dużo mniejsza masa.

### 3. Analiza aerodynamiczności bobsleja i klasycznych saneczek.

#### Wstęp:

Dokonyamy analizy przepływu powietrza przez bobslej oraz przez klasyczne saneczki zjazdowe.



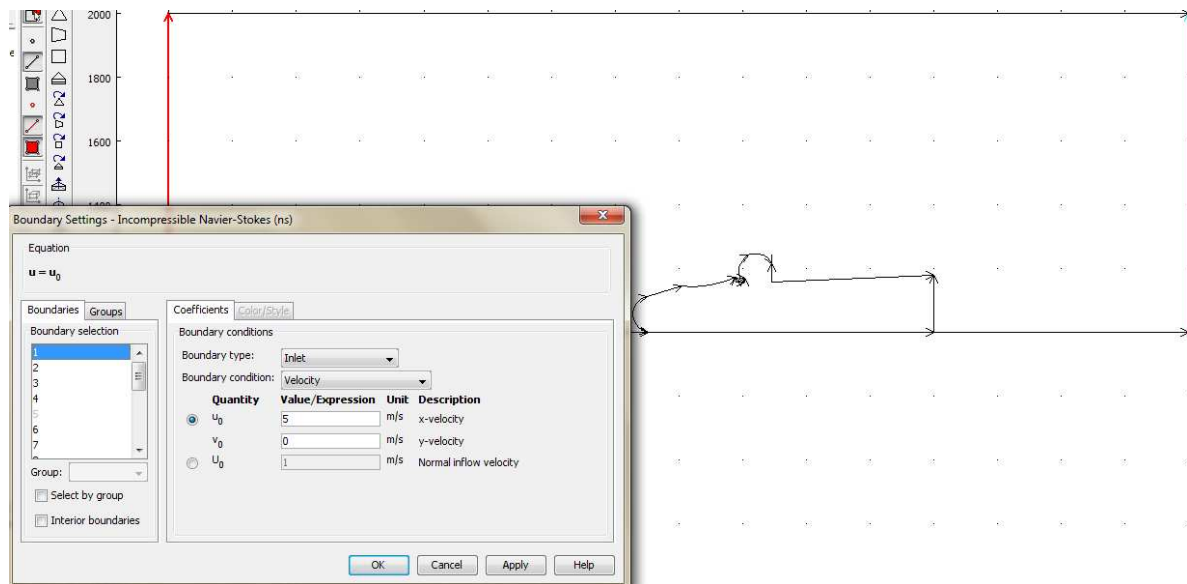
Rys.3.1. Ilustracja bobsleja



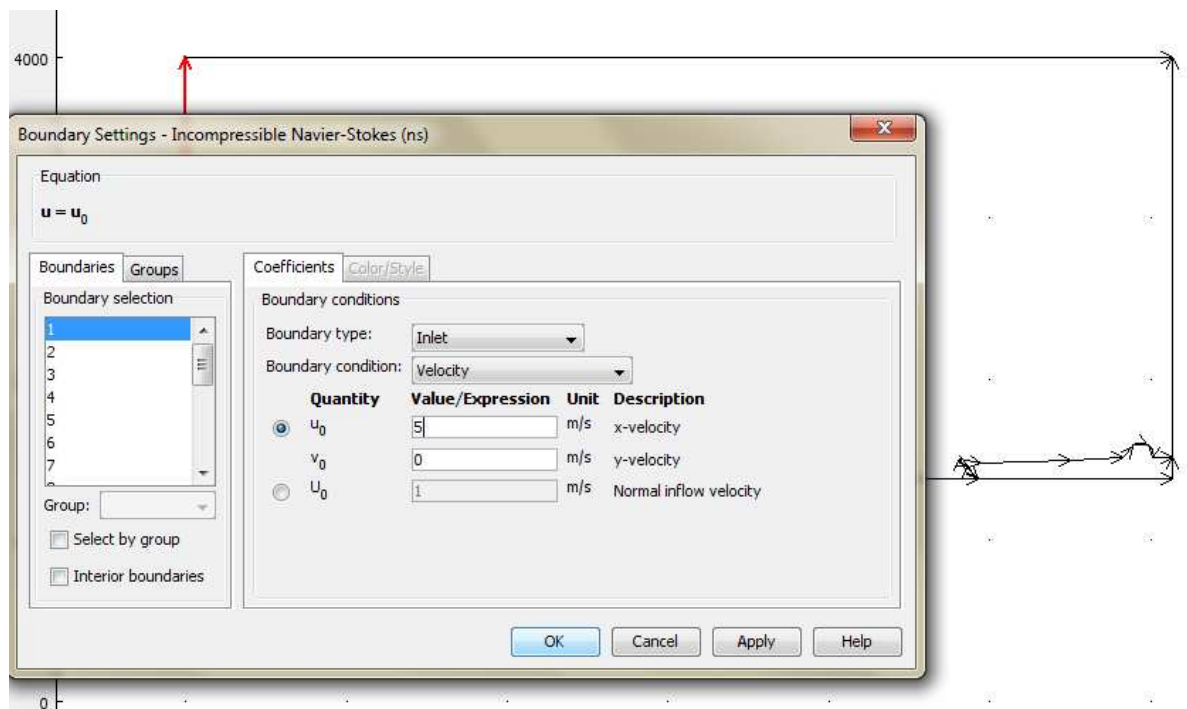
Rys.3.2. Ilustracja klasycznych saneczek

## Dane wejściowe:

- bobslej
  - wysokość 400mm
- klasyczne saneczki
  - wysokość 300mm

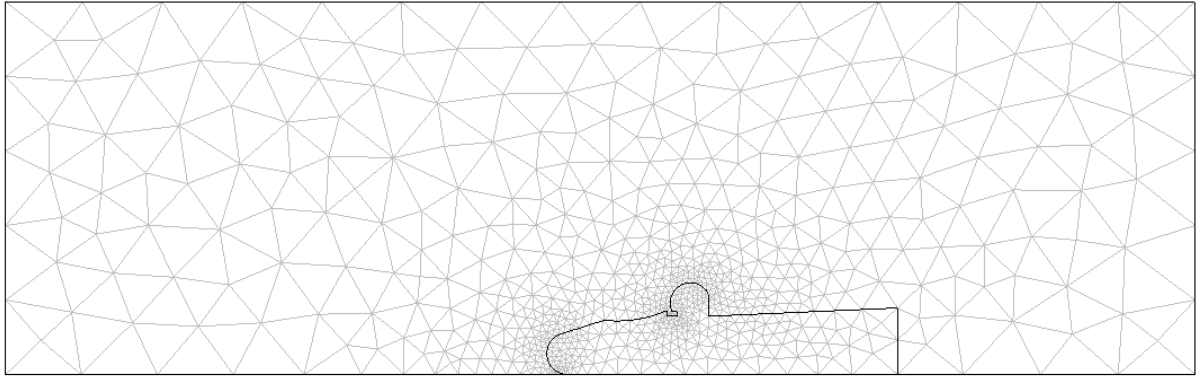


Rys.3.3. Warunki brzegowe bobsleja

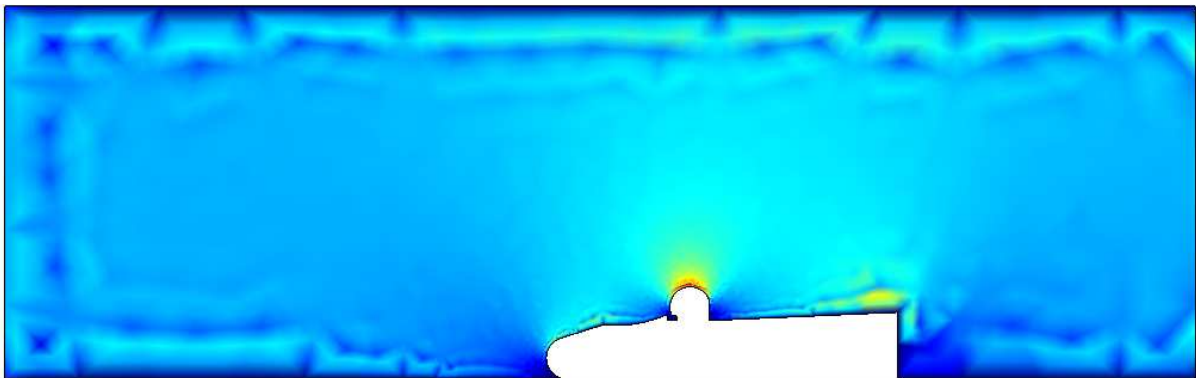


Rys.3.4. Warunki brzegowe klasyczne saneczki

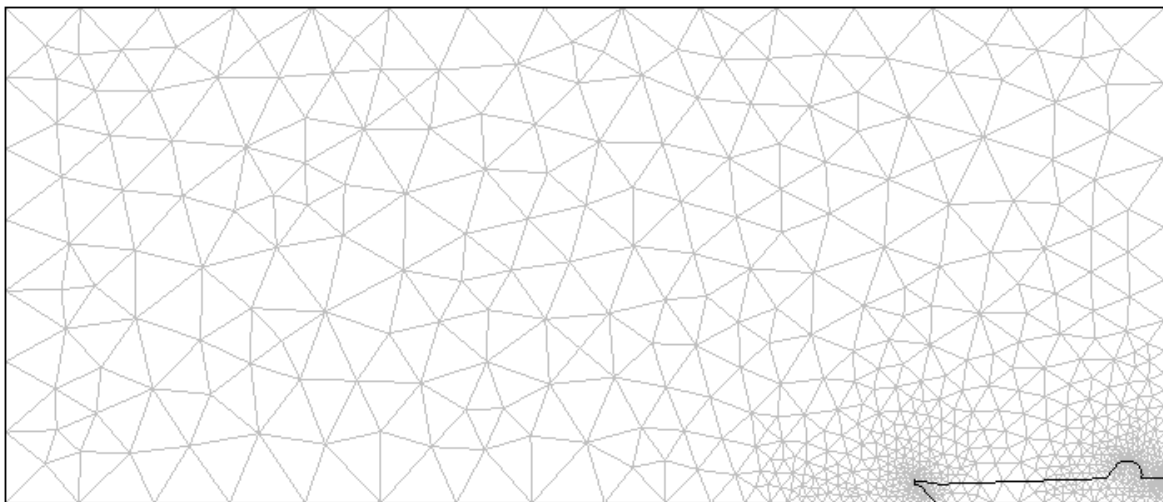
**Przebieg symulacji:**



**Rys. 3.5.** Siatka stworzona na zaimportowanej geometrii bobsleja



**Rys. 3.6.** Przepływ powietrza wokół bobsleja



**Rys. 3.7.** Siatka stworzona na zaimportowanej geometrii klasyczne saneczki





**Rys. 3.8.** Przepływ powietrza wokół klasycznych saneczek

**Wnioski:**

Przeprowadzone porównania pokazuje iż na przepływ powietrza przez spojler jest dużo mniej zakłócony niż w klasycznych saneczkach zjazdowych. Obudowa boba wykonana z carbonu lub innych tworzyw jest doskonale gładka i wyprofilowana przez co zmniejsza współczynnik oporu powietrza do minimum. Niestety saneczki bardzo ustępują takim rozwiązaniom ze względu na to iż nie posiadają one żadnego okrycia kierowcy. Jedynym czynnikiem obniżającym opór powietrza jest kombinezon zjazdowca.