



AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE



WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI

Pakiety informatyczne w mechanice i budowie maszyn

SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA PROJEKTOWEGO

Prowadzący:

**Grzegorz Czerwiński,
mgr inż.**

Grupa projektowa nr: **03**

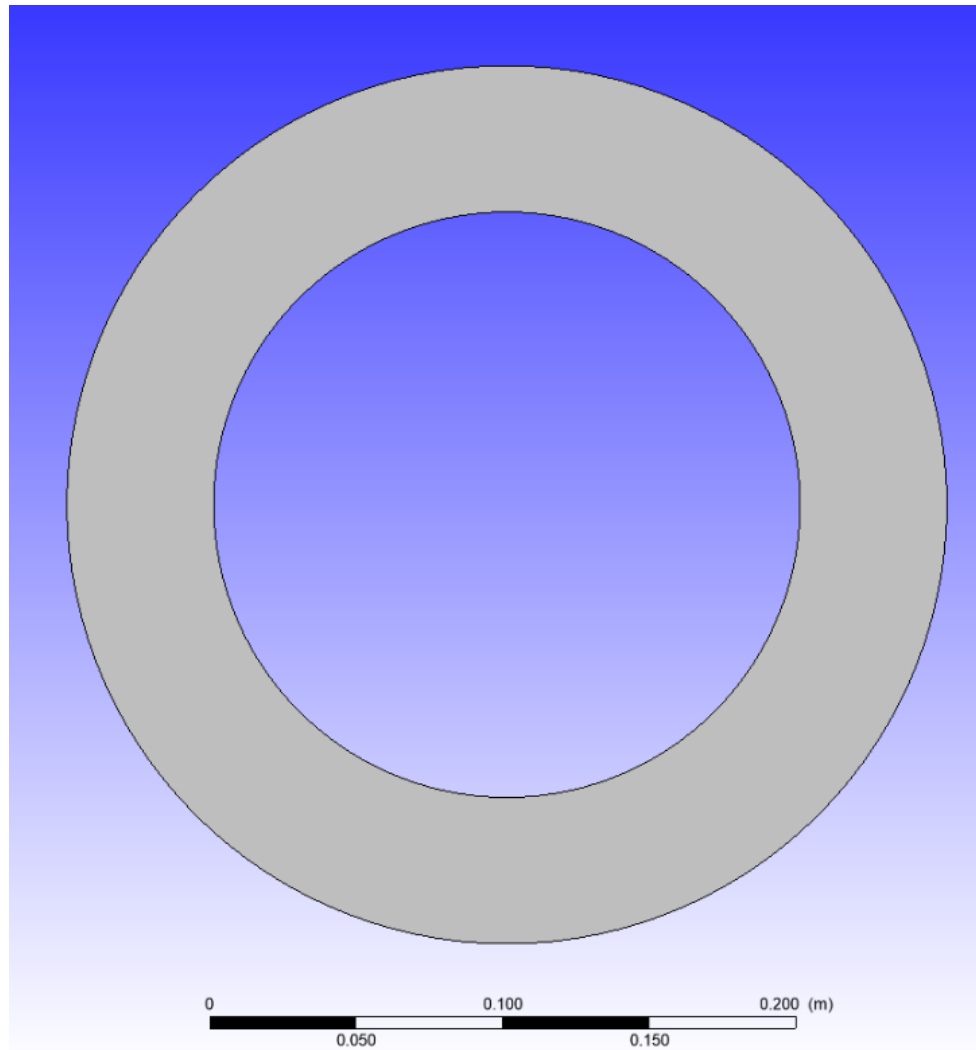
Data wykonania sprawozdania: 10.06.2021

Wykonawca: Paweł Bryzek

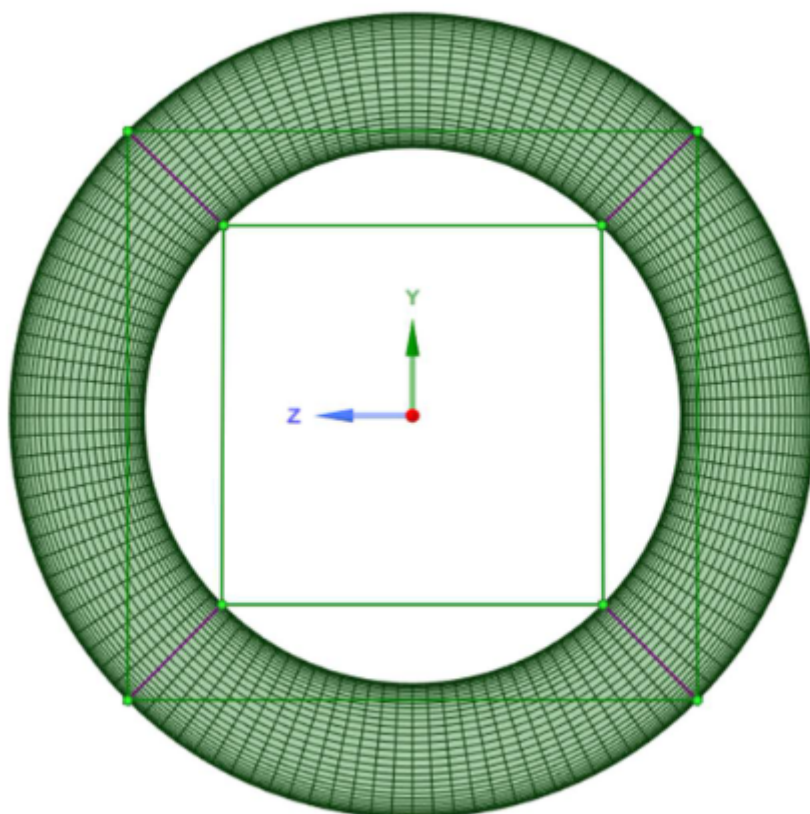
1. Opisz krótko cel ćwiczenia:

Porównanie w programie ANSYS CFX modelu przepływu ciepła wykonanego analitycznie z symulacją.

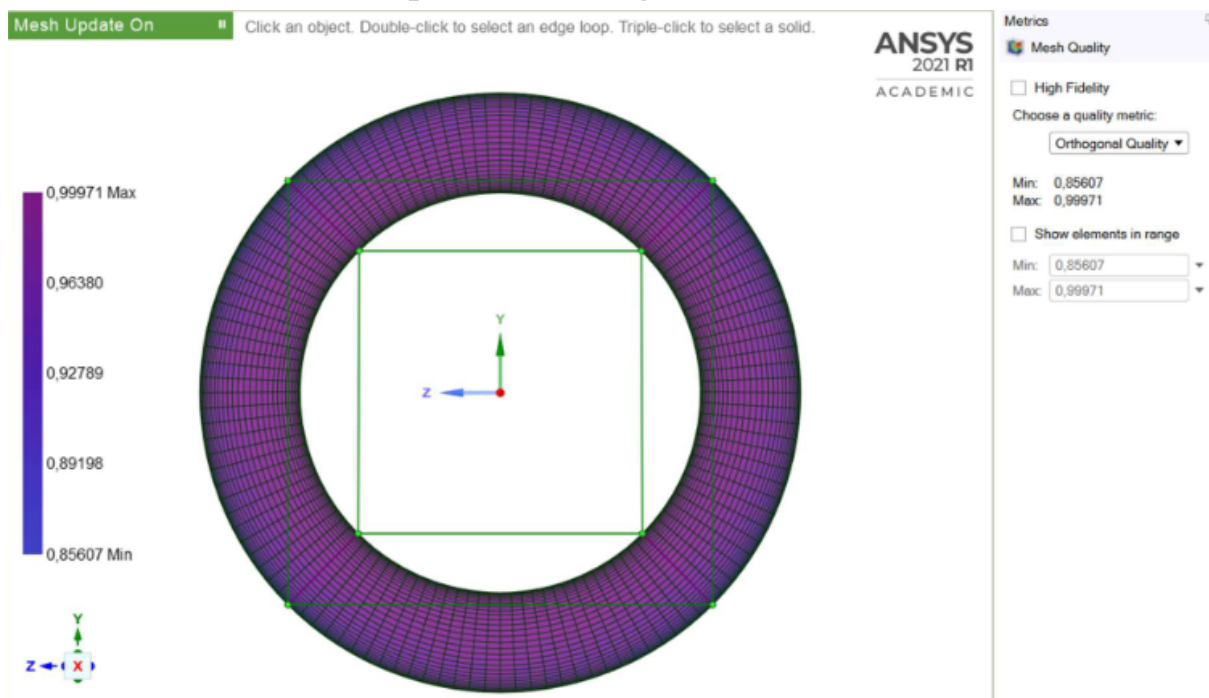
2. Model geometryczny:



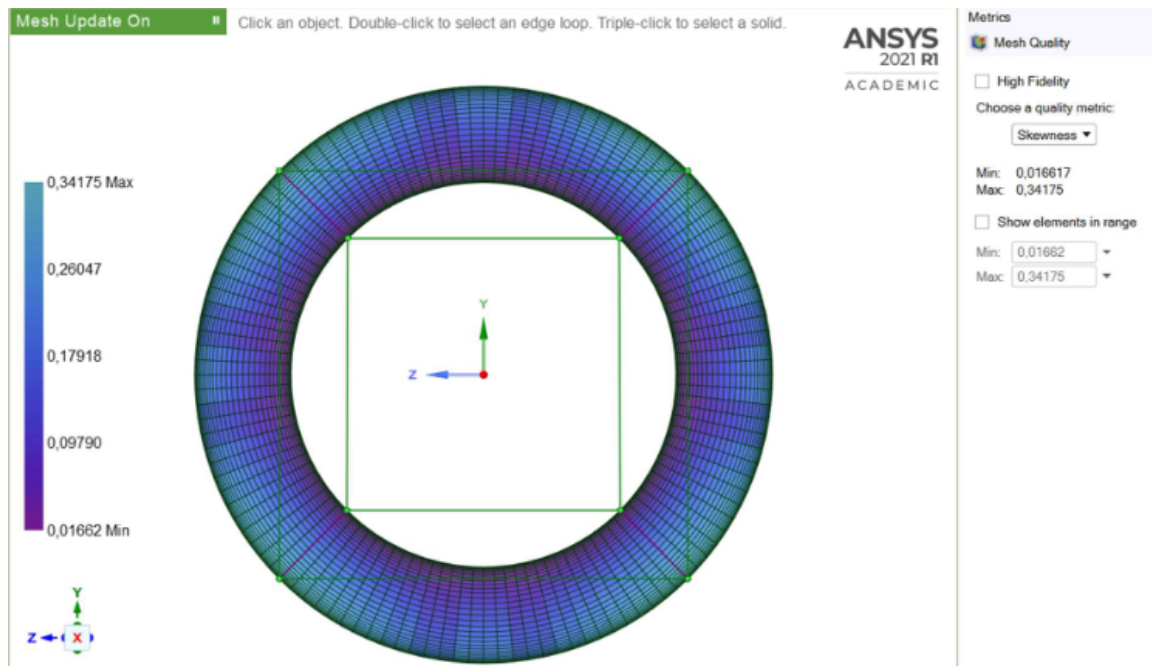
3. Siatka numeryczna oraz wskazania jakości siatki w oparciu o parametr ortogonalności oraz skośności:



parametr ortogonalności



parametr skośności



4. Zdefiniowana domena oraz warunki brzegowe:

Domena:

Domena wykorzystana “Ideal Gas”

Gęstość w temperaturze odniesienia:

$$\rho_o = \frac{p_o M}{RT_o} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 28,966 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}} = 1,1767 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Location and Type

Location: SOLID

Domain Type: Fluid Domain

Coordinate Frame: Coord 0

Fluid and Particle Definitions...

Fluid 1

Option: Material Library

Material: Air Ideal Gas

Morphology

Option: Continuous Fluid

☐ Minimum Volume Fraction

Domain Models

Pressure

Reference Pressure: 1 [atm]

Buoyancy Model

Option: Buoyant

Gravity X Dirn.: 0 [m s⁻²]

Gravity Y Dirn.: -9.81 [m s⁻²]

Gravity Z Dirn.: 0 [m s⁻²]

Buoy. Ref. Density: 1.1767 [kg m⁻³]

Ref. Location

Option: Automatic

Domain Motion

Option: Stationary

Mesh Deformation

Option: None

Basic Settings Fluid Models Initialization Solv

Heat Transfer

Option: Thermal Energy

☐ Ind. Viscous Dissipation

Turbulence

Option: None (Laminar)

Combustion

Option: None

Thermal Radiation

Option: None

☐ Electromagnetic Model

Warunki brzegowe:

Symetrii:

Boundary Type	Symmetry
Location	front, back

Temperatury zewnętrznej $T_o = 280$ K

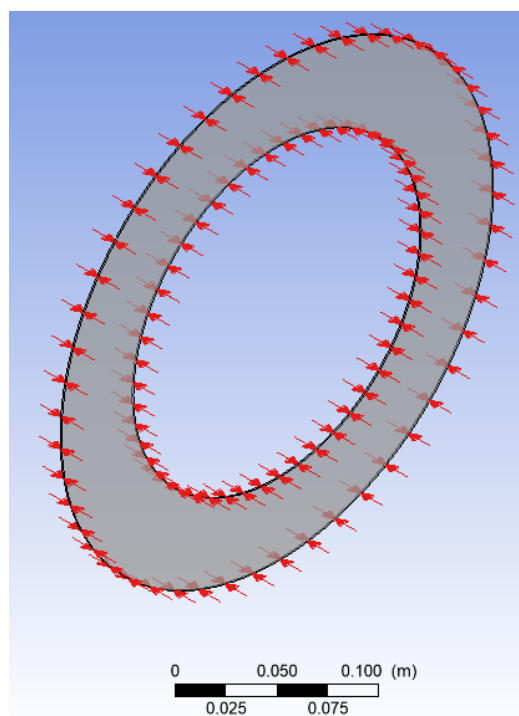
Basic Settings	Boundary Details	Sources	Plot
Boundary Type	Wall		
Location	outside		
<input type="checkbox"/> Coordinate Frame			

Basic Settings	Boundary Details	Sources	Plot
Mass And Momentum			
Option	No Slip Wall		
<input type="checkbox"/> Wall Velocity			
Heat Transfer			
Option	Temperature		
Fixed Temperature	280 [K]		

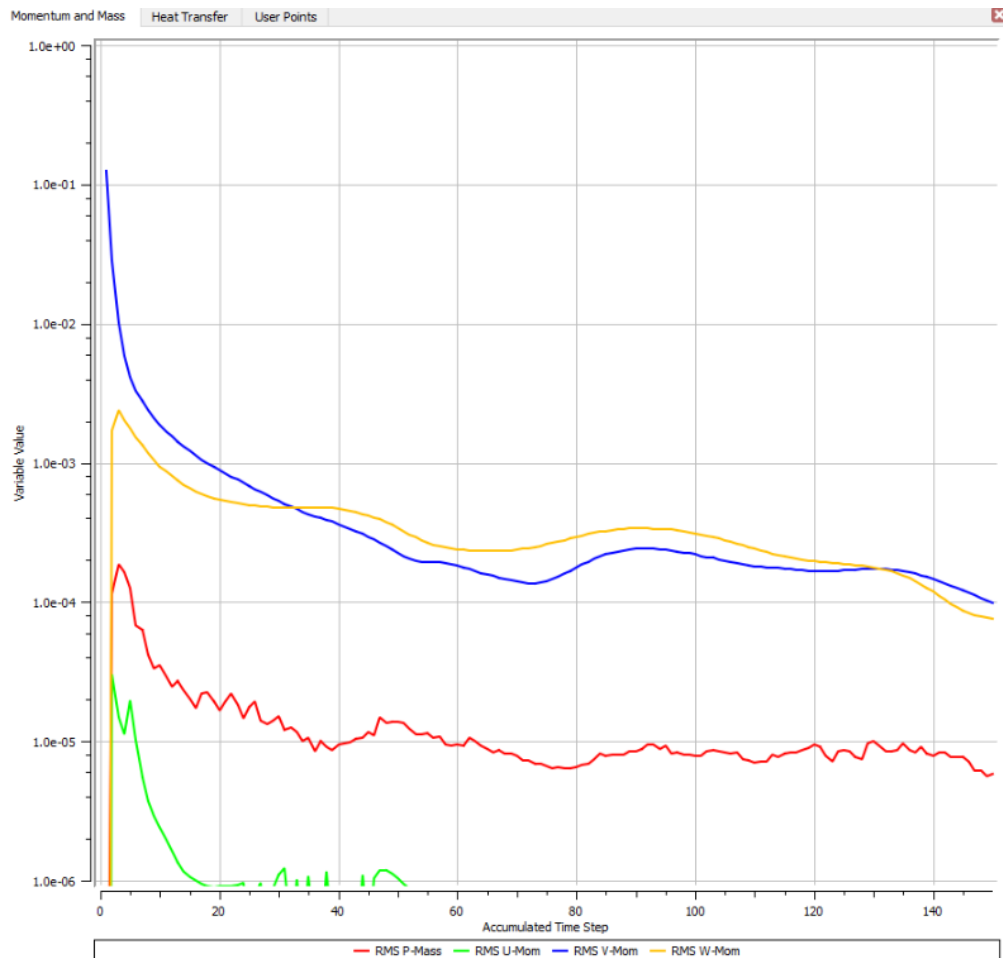
Temperatury wewnętrznej $T_i = 320$ K

Basic Settings	Boundary Details	Sources	Plot
Boundary Type	Wall		
Location	inside		
<input type="checkbox"/> Coordinate Frame			

Basic Settings	Boundary Details	Sources	Plot
Mass And Momentum			
Option	No Slip Wall		
<input type="checkbox"/> Wall Velocity			
Heat Transfer			
Option	Temperature		
Fixed Temperature	320 [K]		

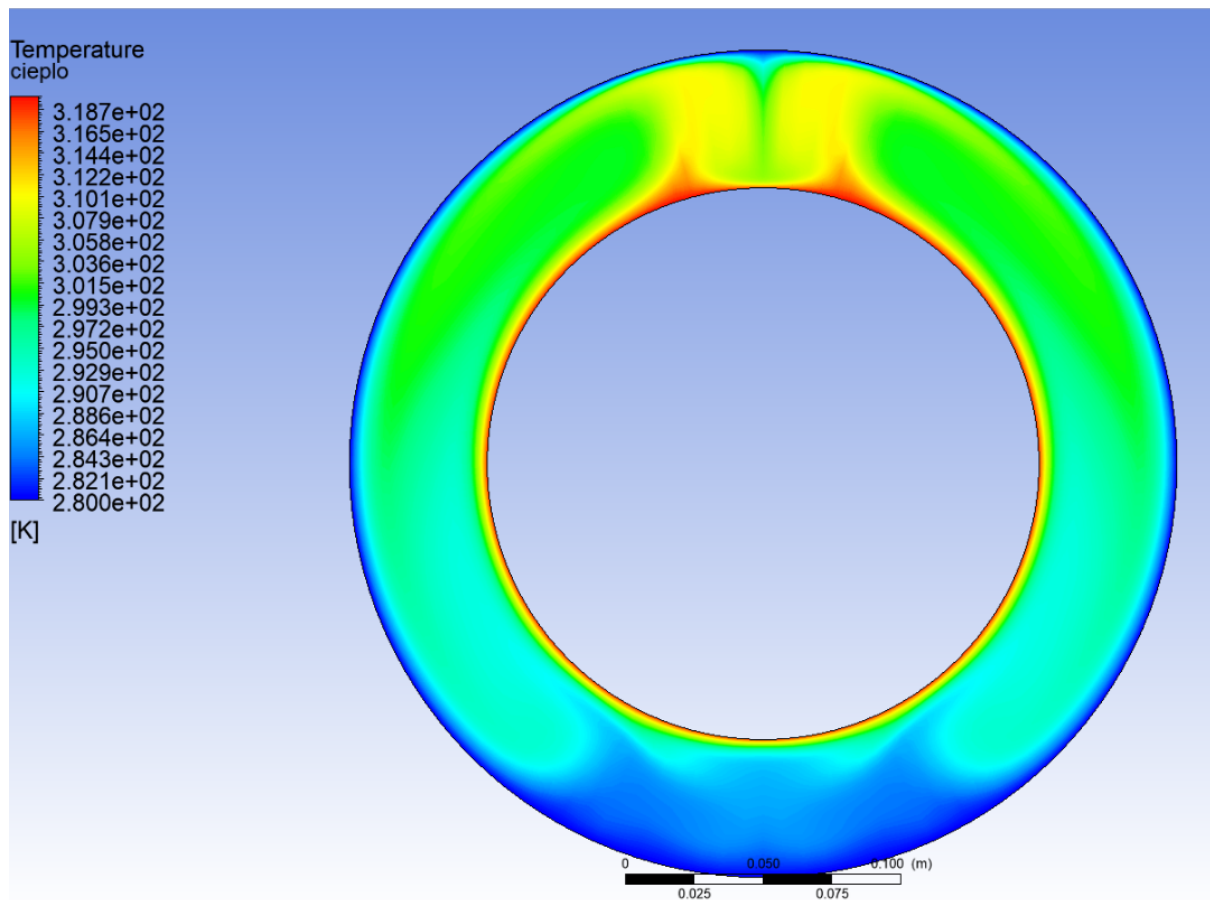


5. Wykresy rezyduów:

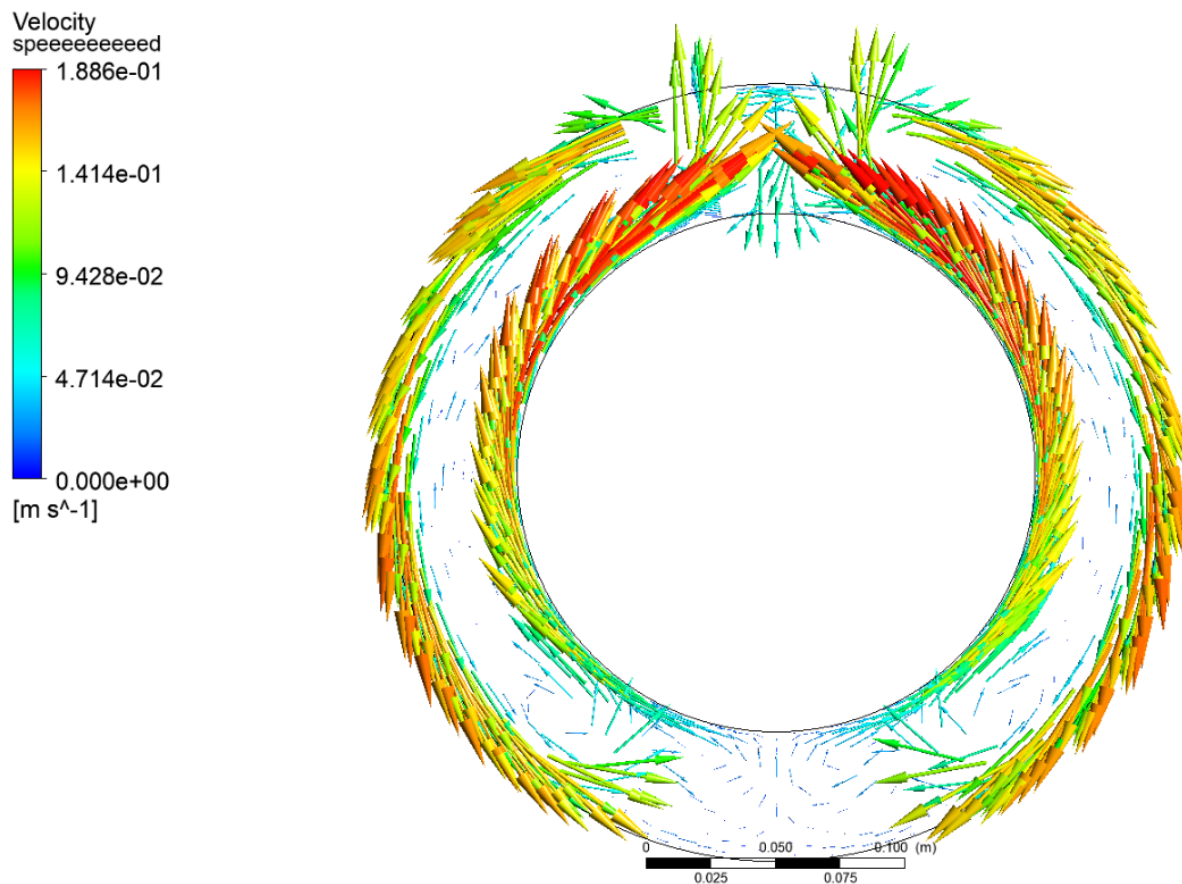


U-Mom		
Boundary	: symetry	5.8208E-11
Boundary	: temp 280	1.3659E-12
Boundary	: temp 320	8.4884E-13
Domain Imbalance :		6.0422E-11
V-Mom		
Boundary	: temp 280	1.3048E-05
Boundary	: temp 320	-6.9492E-06
Domain Src (Neg)	: air	-8.7684E-06
Domain Src (Pos)	: air	2.6715E-06
Domain Imbalance :		1.8947E-09
W-Mom		
Boundary	: temp 280	-5.3110E-10
Boundary	: temp 320	3.8256E-10
Domain Imbalance :		-1.4854E-10
P-Mass		
H-Energy		
Boundary	: temp 280	-7.5886E-02
Boundary	: temp 320	7.0102E-02
Domain Imbalance :		-5.7839E-03

6. Wyniki w postaci rozkładu temperatury i wektorowego pola prędkości:



Jak widać transport ciepła zachodzi w konwekcji naturalnej dzięki przyjętym parametrom ciśnienia, temperatury oraz gęstości w temperaturze. Ciepłe powietrze dzięki uwzględnieniu grawitacji schodzi się do góry modelu.



Wewnątrz modelu dolne powietrze podgrzewa się i wędruje do góry. Na zewnątrz modelu powietrze górne jest schładzane i opada w dół.

7. Obliczenia wartości całkowitego strumienia ciepła na ścianie wewnętrznej oraz zewnętrznej:

Obliczenia dla ściany wewnętrznej:

Dane:

$$k := 0,0272 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$P_r := 0,698$$

$$R_a := 9,52 \cdot 10^5$$

$$T_i := 320 \text{ K}$$

$$T_o := 280 \text{ K}$$

$$\mu := 19,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N s}}{\text{m}^2}$$

$$\rho := 1,093 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\beta := \frac{1}{300} \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$g := 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$D_i := 200 \text{ mm}$$

$$D_o := 300 \text{ mm}$$

$$L_c := \frac{(D_o - D_i)}{2} = 50 \text{ mm}$$

Geometric factor for concentric cylinders:

$$F_{cyl} := \frac{\left(\ln \left(\frac{D_o}{D_i} \right) \right)^4}{L_c^3 \cdot \left(D_i \left(-\frac{3}{5} \right) + D_o \left(-\frac{3}{5} \right) \right)^5} = 0,0957$$

$$R_a := \frac{g \cdot \beta \cdot (T_i - T_o) \cdot L_c^3}{\left(\frac{\mu}{\rho} \right)^2} \cdot P_r = 3,549 \cdot 10^5$$

$$k_{eff} := 0,386 \cdot \left(\frac{P_r}{0,861 + P_r} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot (F_{cyl} \cdot R_a)^{\frac{1}{4}} \cdot k = 0,1166 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$Q := \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{eff}}{\ln \left(\frac{D_o}{D_i} \right)} \cdot (T_i - T_o) = 72,2702 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

$$Q \cdot 1 \text{ mm} = 0,0723 \text{ W}$$

Obliczenia dla ściany zewnętrznej:

Dane:

$$\begin{array}{lll} k := 0,0244 \frac{\text{W}}{\text{m K}} & T_i := 320 \text{ K} & D_i := 200 \text{ mm} \\ P_{r2} := 0,705 & & D_o := 300 \text{ mm} \\ R_{a2} := 9,52 \cdot 10^5 & T_o := 280 \text{ K} & L_c := \frac{(D_o - D_i)}{2} = 50 \text{ mm} \end{array}$$

$$F_{cy2} := \frac{\left(\ln \left(\frac{D_o}{D_i} \right) \right)^4}{L_c^3 \cdot \left(D_i \left(-\frac{3}{5} \right) + D_o \left(-\frac{3}{5} \right) \right)^5} = 0,0957$$

$$k_{eff} := 0,386 \cdot \left(\frac{P_{r2}}{0,861 + P_{r2}} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot (F_{cy2} \cdot R_{a2})^{\frac{1}{4}} \cdot k = 0,134 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$Q := \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{eff}}{\ln \left(\frac{D_o}{D_i} \right)} \cdot (T_i - T_o) = 83,0828 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

$$Q \cdot 1 \text{ mm} = 0,0831 \text{ W}$$

Porównanie analitycznych obliczeń oraz wyników w ANSYS:

	Wewnętrzna ściana [W]	Zewnętrzna ściana [W]
ANSYS	0.0916	0.0454
Analitycznie	0.0723	0.0831