



Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Studia stacjonarne

Wybrane zagadnienia procesów ciepłno-przepływowych

Ćwiczenie nr 4

Modelowanie procesu skraplania

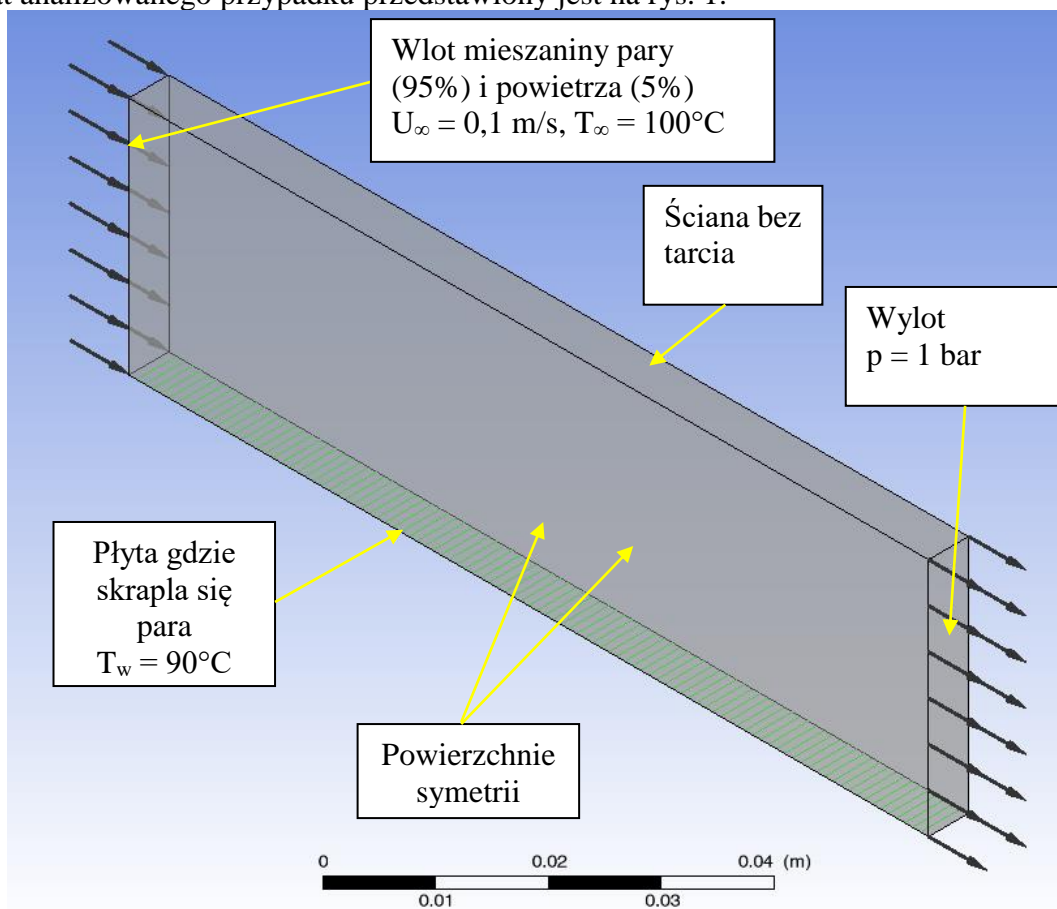
Wrocław 2020

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	2
2. Dwuwymiarowe skraplanie na płaskiej płycie.....	3
2.1. Przygotowanie geometrii	3
2.2. Przygotowania siatki numerycznej	9
2.3. Przygotowanie modelu numerycznego	26
2.4. Obliczenia	48
2.5. Opracowanie wyników	52
3. Literatura	65

1. WPROWADZENIE

W ćwiczeniu zostanie zaprezentowany sposób modelowania skraplania się pary na płaskiej poziomej płycie. Modelowanie zjawisk zmiany fazy (skraplanie, parowanie) jest bardzo trudne. W tym ćwiczeniu zostanie zaprezentowany jeden z modeli skraplania o nazwie *Wall Condensation Model* [1]. Płyta o temperaturze 90°C omywana jest mieszaniną pary nasyconej i powietrza (gazu niekondensującego) z prędkością 0,1 m/s. Temperatura mieszaniny wynosi 100°C, a udział masowy pary wynosi 95%. W celu skrócenia czasu obliczeń przypadek zostanie zamodelowany jako dwuwymiarowy. Schemat analizowanego przypadku przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1. Schemat zagadnienia skraplania się pary na płaskiej płycie

2. DWUWYMIAROWE SKRAPLANIE NA PŁASKIEJ PŁYTCIE

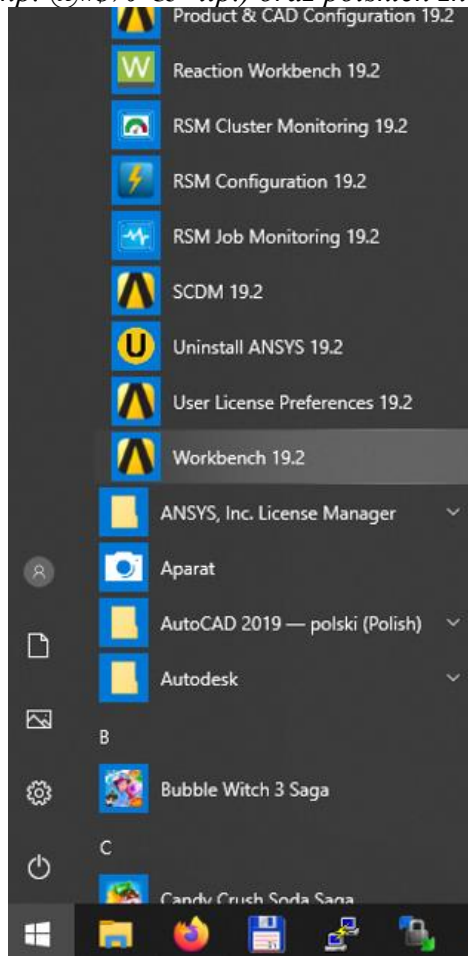
2.1. PRZYGOTOWANIE GEOMETRII

Wykonaj następujące zadania:

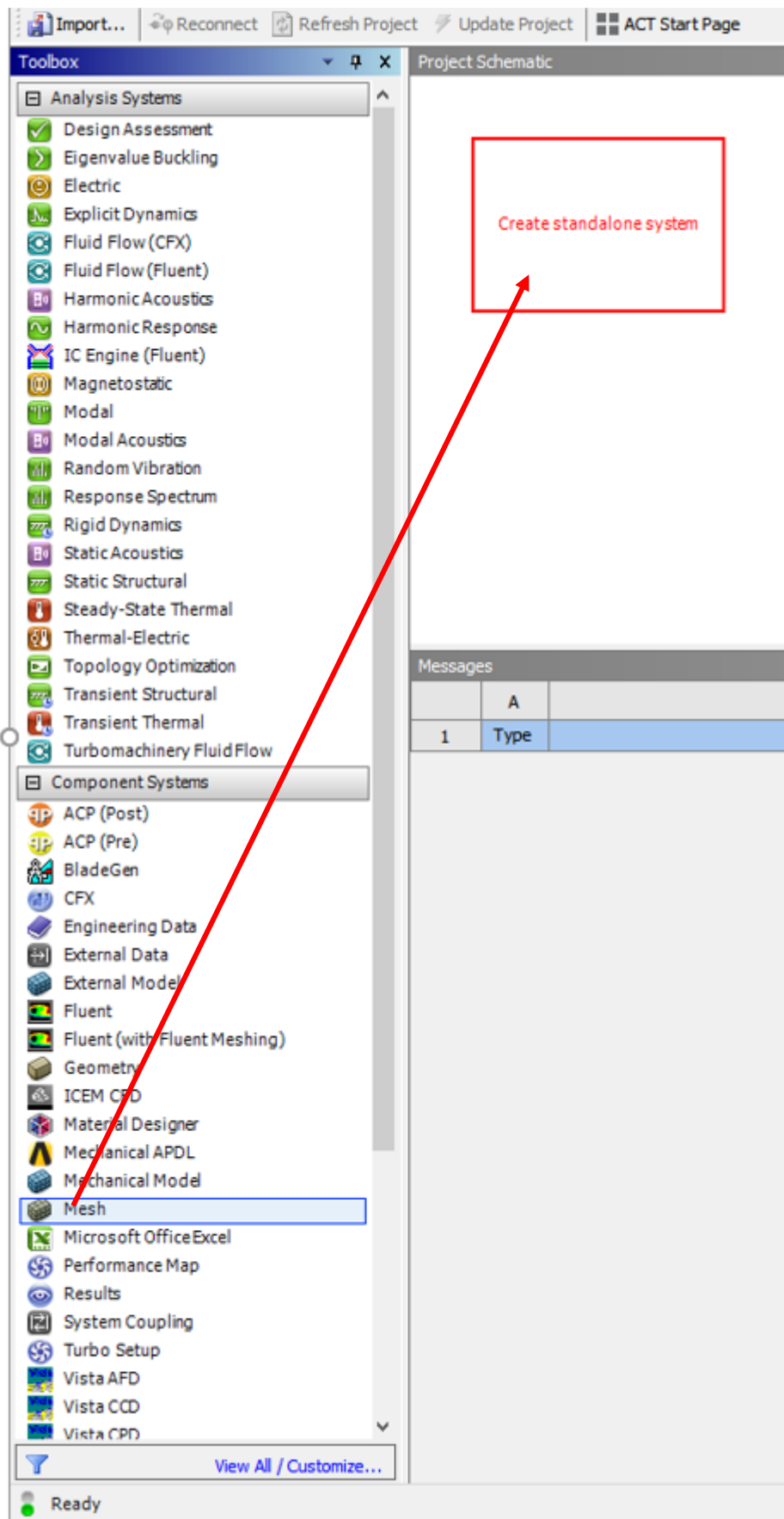
- 1) Otwórz program Ansys Workbench i zapisz projekt o nazwie Cw4 w katalogu o nazwie Cw4 (*File->Save As*).

ZASADA PRAKTYCZNA NR 1: *Dla każdego projektu tworzymy osobny katalog*

ZASADA PRAKTYCZNA NR 2: *W nazwach katalogów nie stosujemy: spacji, znaków specjalnych (np. @#\$%^&* itp.) oraz polskich znaków*



- 2) Wybierz moduł *Mesh* i otwórz program *Spaceclaim*. W tym celu chwyć lewym przyciskiem myszy (LPM) moduł *Mesh* i przeciągnij go do pola *Project Schematic*. Następnie kliknij dwukrotnie LPM na *Geometry* w celu uruchomienia programu *Spaceclaim*, w którym zostanie utworzona geometria. Zwróć uwagę, że w lewym dolnym rogu ekranu pojawia się napis informujący jaki program jest uruchamiany.



Import...ReconnectRefresh ProjectUpdate ProjectACT Start P

Toolbox

Analysis Systems

Design Assessment

Eigenvalue Buckling

Electric

Explicit Dynamics

Fluid Flow (CFX)

Fluid Flow (Fluent)

Harmonic Acoustics

Harmonic Response

IC Engine (Fluent)

Magnetostatic

Modal

Modal Acoustics

Random Vibration

Response Spectrum

Rigid Dynamics

Static Acoustics

Static Structural

Steady-State Thermal

Thermal-Electric

Topology Optimization

Transient Structural

Transient Thermal

Turbomachinery Fluid Flow

Component Systems

ACP (Post)

ACP (Pre)

BladeGen

CFX

Engineering Data

External Data

External Model

Fluent

Fluent (with Fluent Meshing)

Geometry

ICEM CFD

Material Designer

Mechanical APDL

Mechanical Model

Mesh

Microsoft Office Excel

Performance Map

Results

System Coupling

Turbo Setup

Vista AFD

Vista CCD

Vista CPD

View All / Customize...

Starting SpaceClaim...

Project Schematic

A

1 Mesh

2 Geometry ?

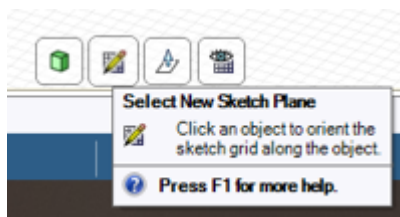
3 Mesh ?

Mesh

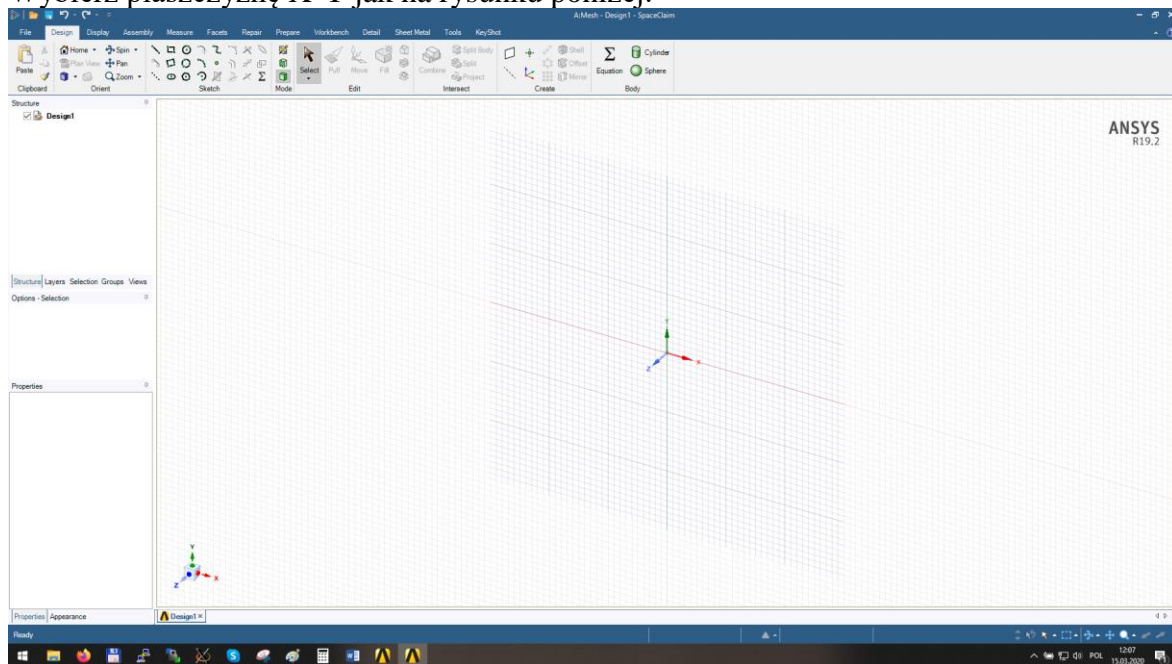
Messages


	A	
1	Type	

- 3) Kliknij LPM ikonę *Select New Sketch*  w celu wybrania płaszczyzny rysowania.




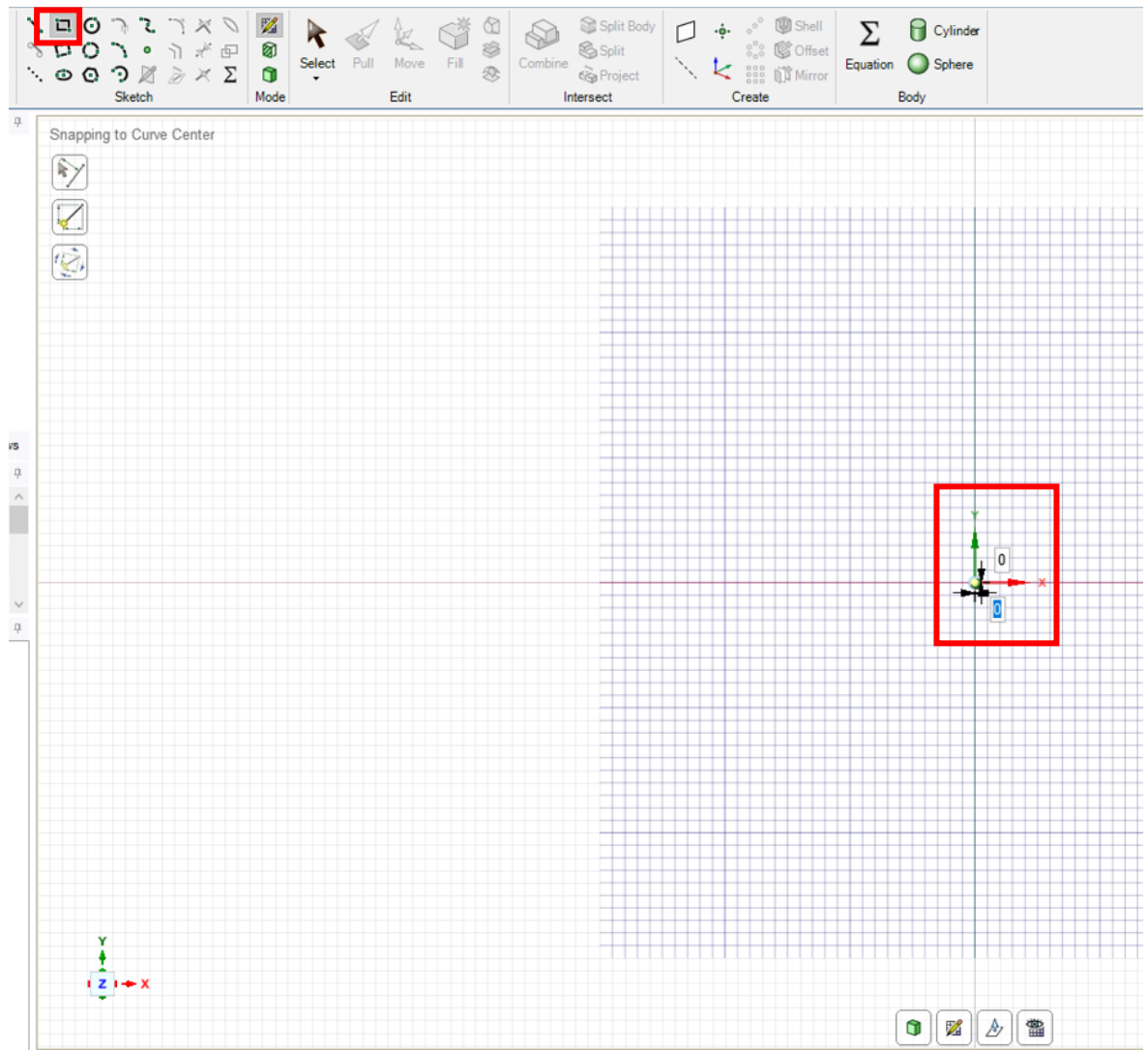
Wybierz płaszczyznę X-Y jak na rysunku poniżej.



- 4) Kliknij ikonę *Plan View*  w celu obrócenia płaszczyzny rysowania równolegle do ekranu (możesz też to zrobić wciskając *Shift + v*).




- 5) W panelu u góry ekranu wybierz ikonę rysowania prostokąta  i zbliż kursor do środka układu współrzędnych po czym naciśnij klawisz LPM.

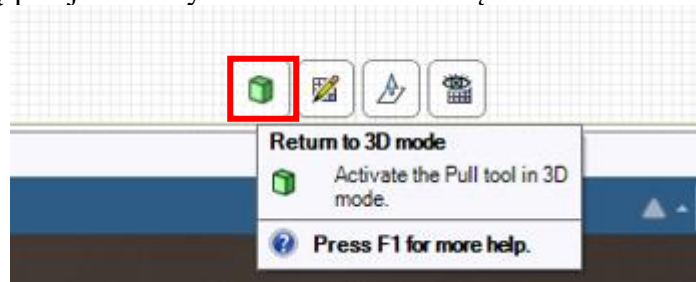


Pomiędzy polami edycji wymiaru można się przełączać klawiszem *Tab*. Ustaw wymiar poziomy na 100 natomiast pionowy na 30 mm i naciśnij klawisz *Enter*.

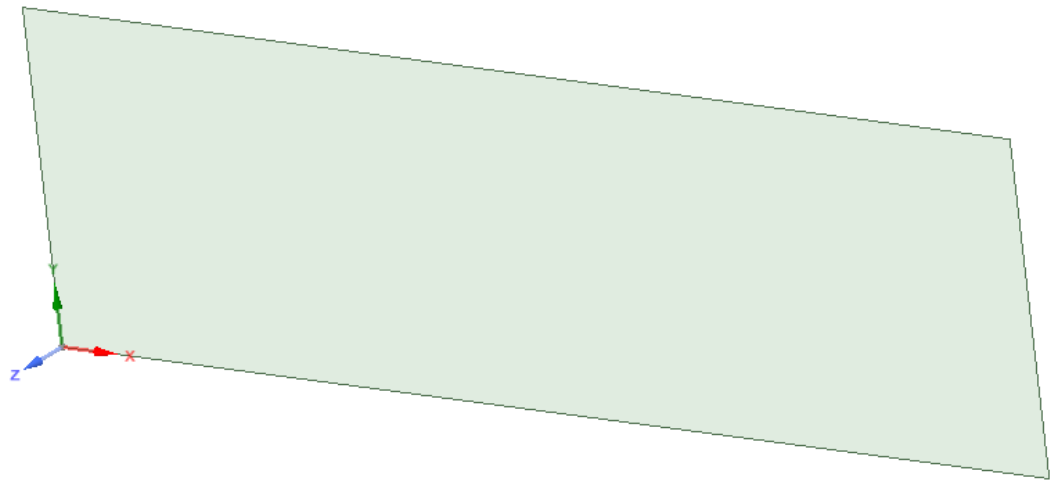


Pamiętaj, że w razie niepowodzenia w każdym momencie możesz kliknąć ikonę cofnięcia  (znajduje się w lewym górnym rogu ekranu) lub *Ctrl* + *Z*.

- 6) W celu wyjścia z polecenia rysowania prostokąta naciśnij klawisz *Esc* i LPM kliknij ikonę przejścia do rysowania 3D widoczną u dołu ekranu.



- 7) Obróć widok za pomocą przytrzymania przycisku myszy *Scroll* i jego przesunięcia tak, aby uzyskać widok izometryczny podobny do tego poniżej.

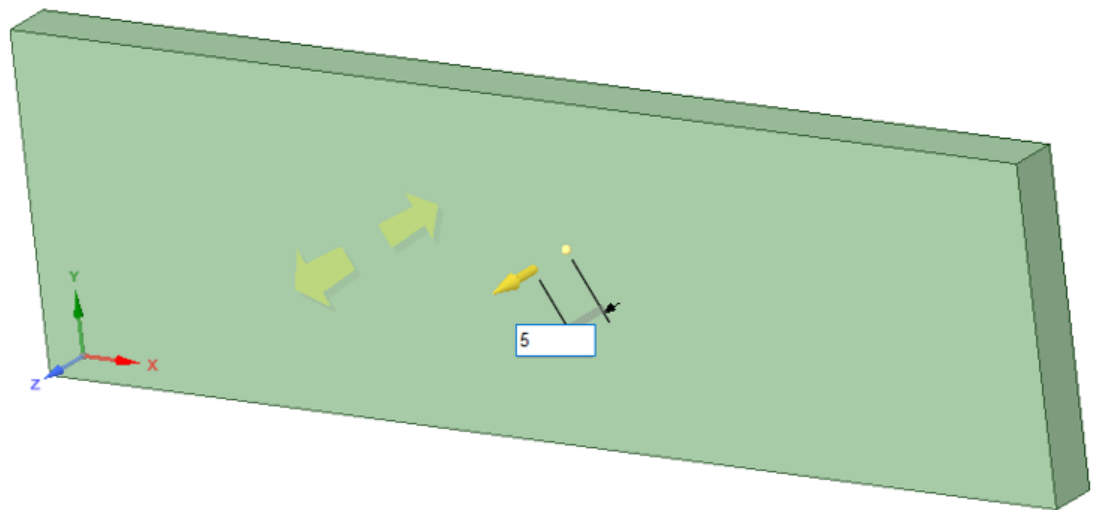


- 8) Wybierz polecenia *Pull*



Następnie ustaw kursor tak jak pokazano na rysunku poniżej

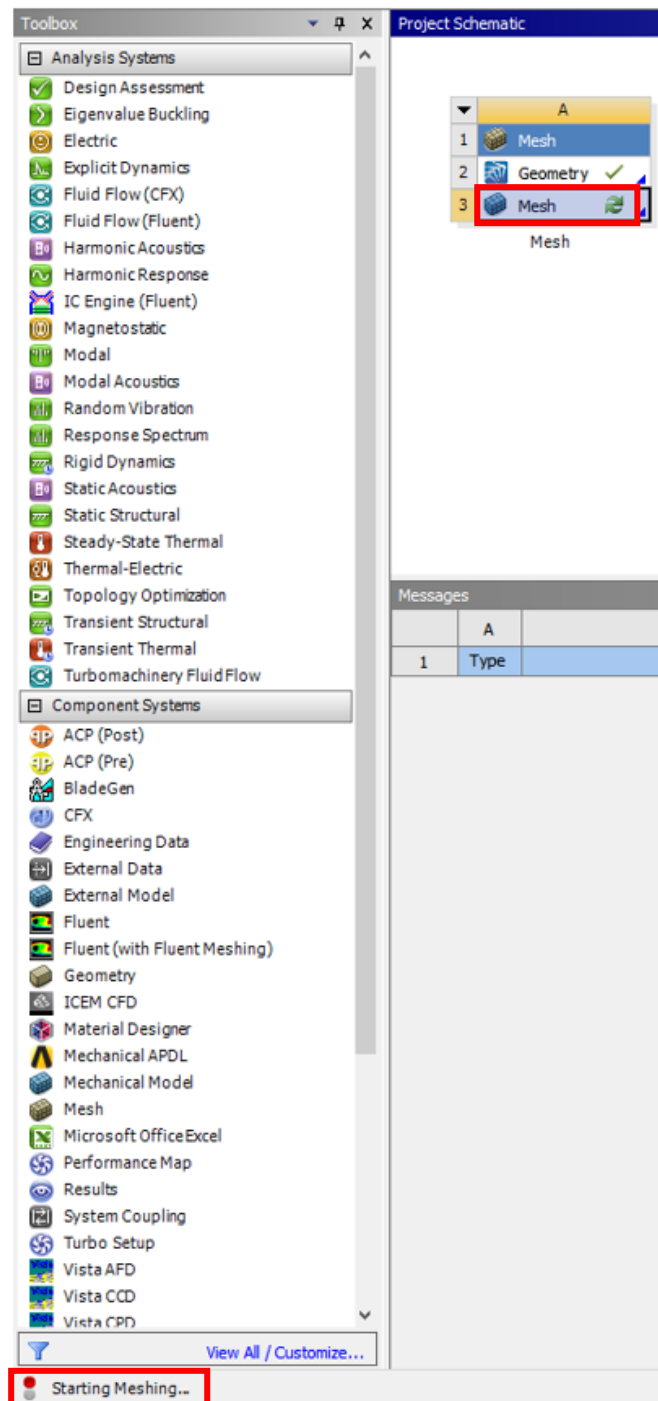
Przesuwając kursor przy wciśniętym LPM zauważysz zmieniający się wymiar długości rury. Wpisz 5 mm i zatwierdź *Enter* (możliwe, że będziesz musiał to zrobić przy wciśniętym LPM).



9) Zamknij program *Spaceclaim* i zapisz projekt w *Workbench* za pomocą *Ctrl + s*

2.2. PRZYGOTOWANIA SIATKI NUMERYCZNEJ

- 1) W tym celu otwórz program *Ansys Meshing* przez dwukrotne kliknięcie LPM *Mesh*



- 2) W programie *Ansys Meshing*: 1) kliknij *Mesh*, 2) Zmień pole *Physisc Preference* na *CFD*, 3) Zmień pole *Solver Preference* na *CFX*, 4) Kliknij LPM *Generate Mesh*

A : Mesh - Meshing [ANSYS Academic Research Mechanical and CFD]

File Edit View Units Tools Help | **Generate Mesh** | **4**

Show Vertices Close Vertices 1,e-004 (Auto) Wireframe

Size Location Convert Miscellaneous Tolerances

Reset Explode Factor: Assembly Center

Mesh Update Mesh Mesh Control Mesh Edit Metric G

Outline

Filter: Name

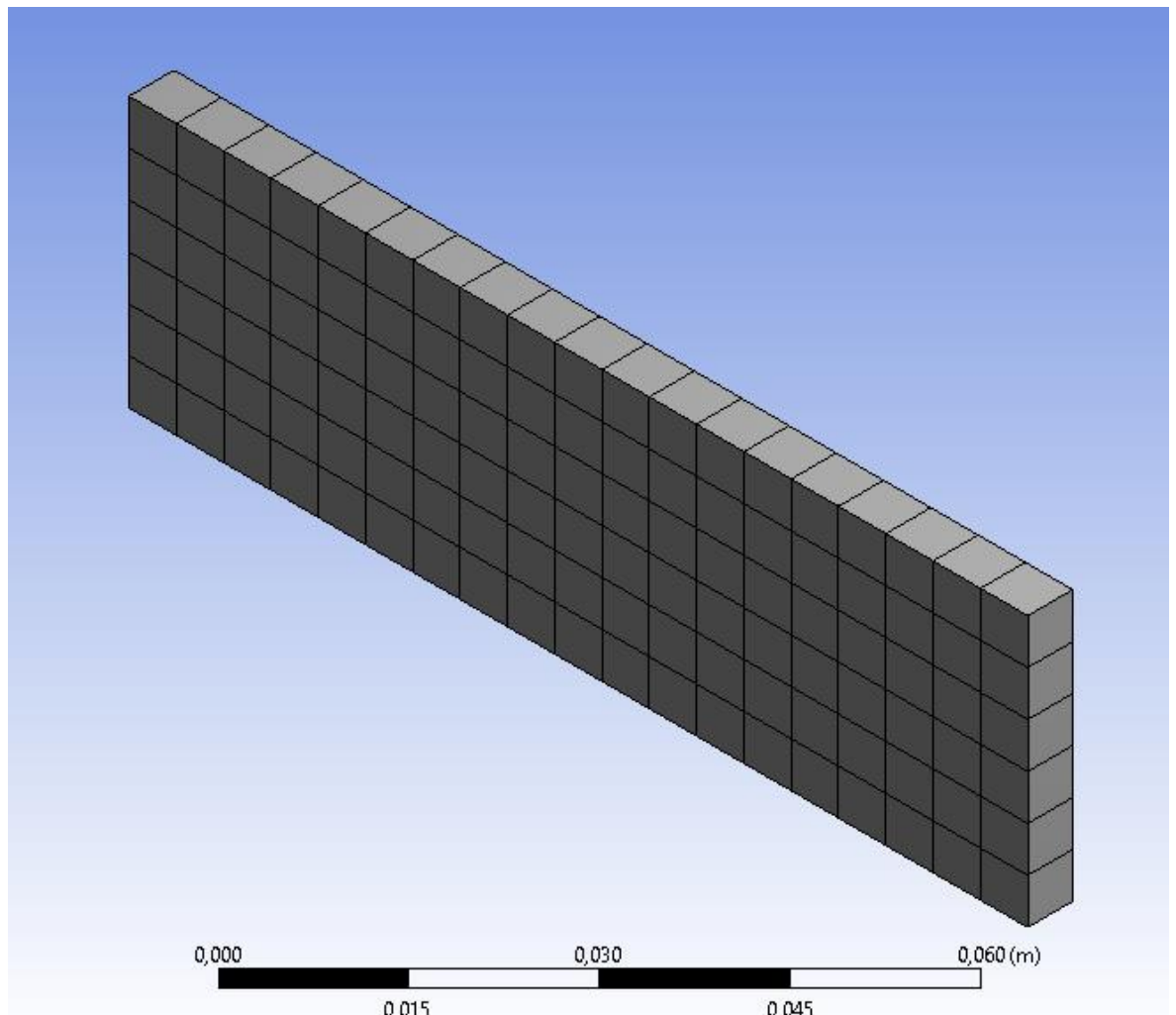
Project

- Model (A3)
 - Geometry
 - Materials
 - Coordinate Systems
 - Mesh** **1**

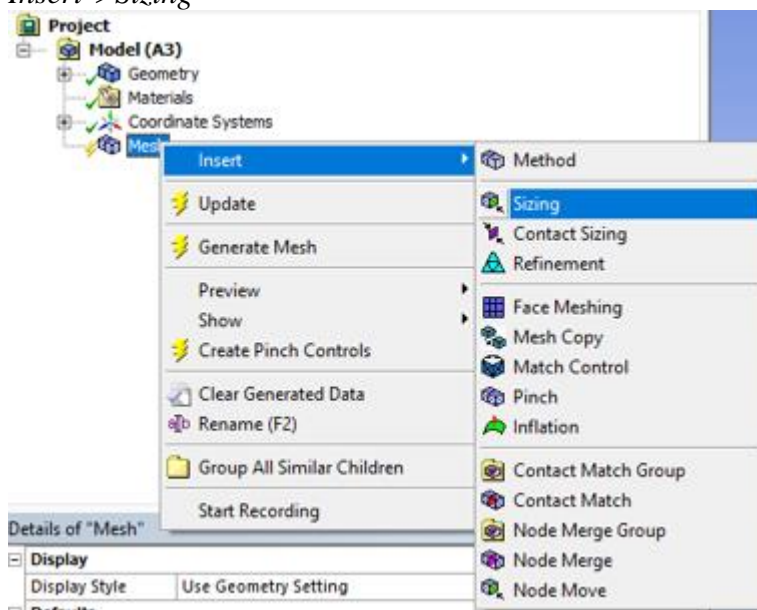
Details of "Mesh"

Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	CFD 2
Solver Preference	CFX 3
Element Order	Linear
<input type="checkbox"/> Element Size	Default (5,1264e-003 m)
Sizing	
Quality	
Inflation	
Advanced	
Statistics	

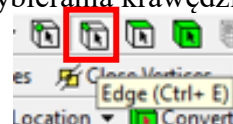
Domyślna siatka nie jest poprawna. Siatkę należy edytować.



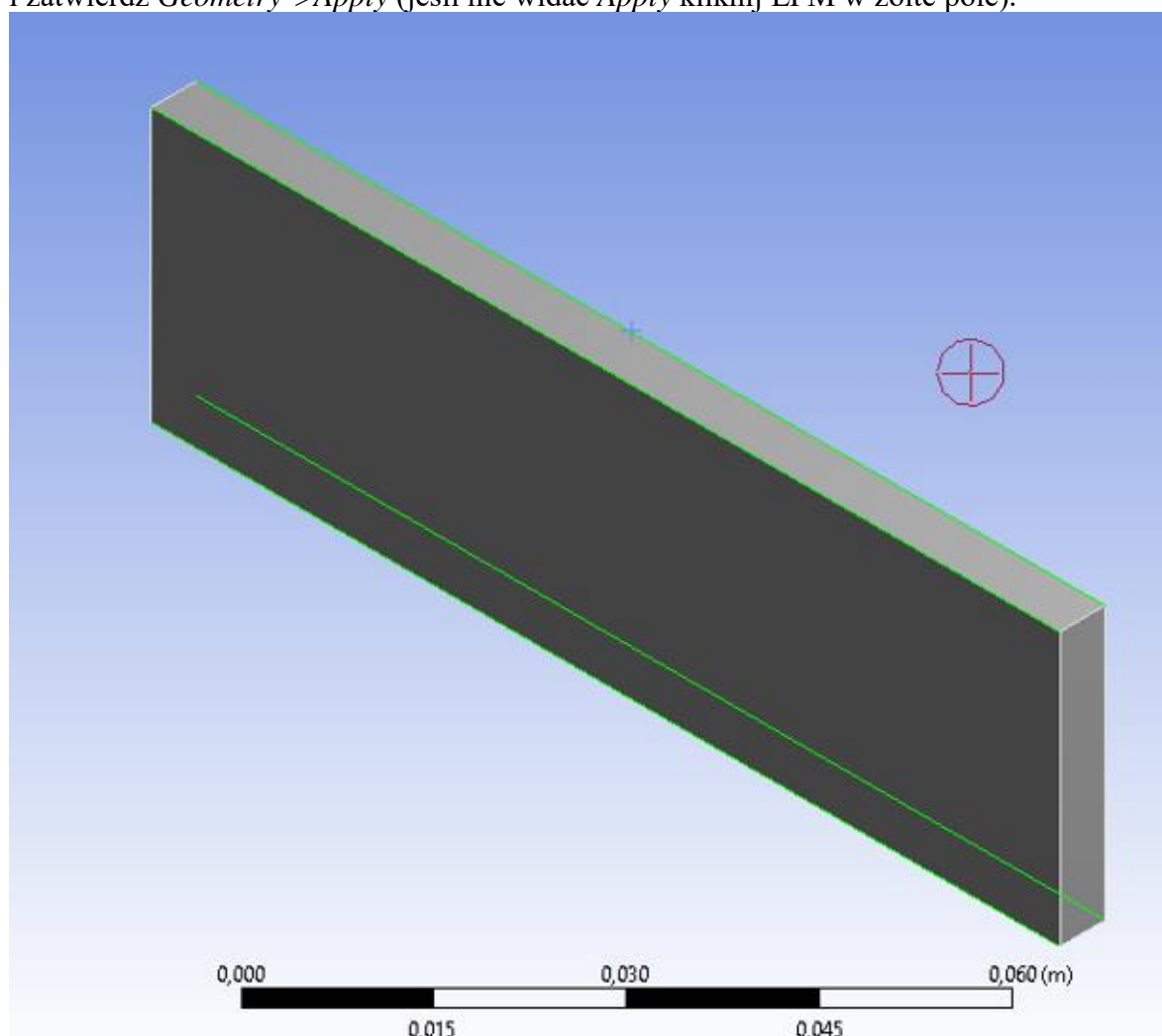
- 3) W Ansys Meshing naciśnij prawy przycisk myszy (PPM) na *Mesh* i wybierz *Insert->Sizing*



U góry ekranu wybierz filtr wybierania krawędzi *Edge*



Przy wciśniętym klawiszu *Ctrl* wybierz 4 krawędzie jak na rysunku poniżej i zatwierdź *Geometry->Apply* (jeśli nie widać *Apply* kliknij LPM w żółte pole).



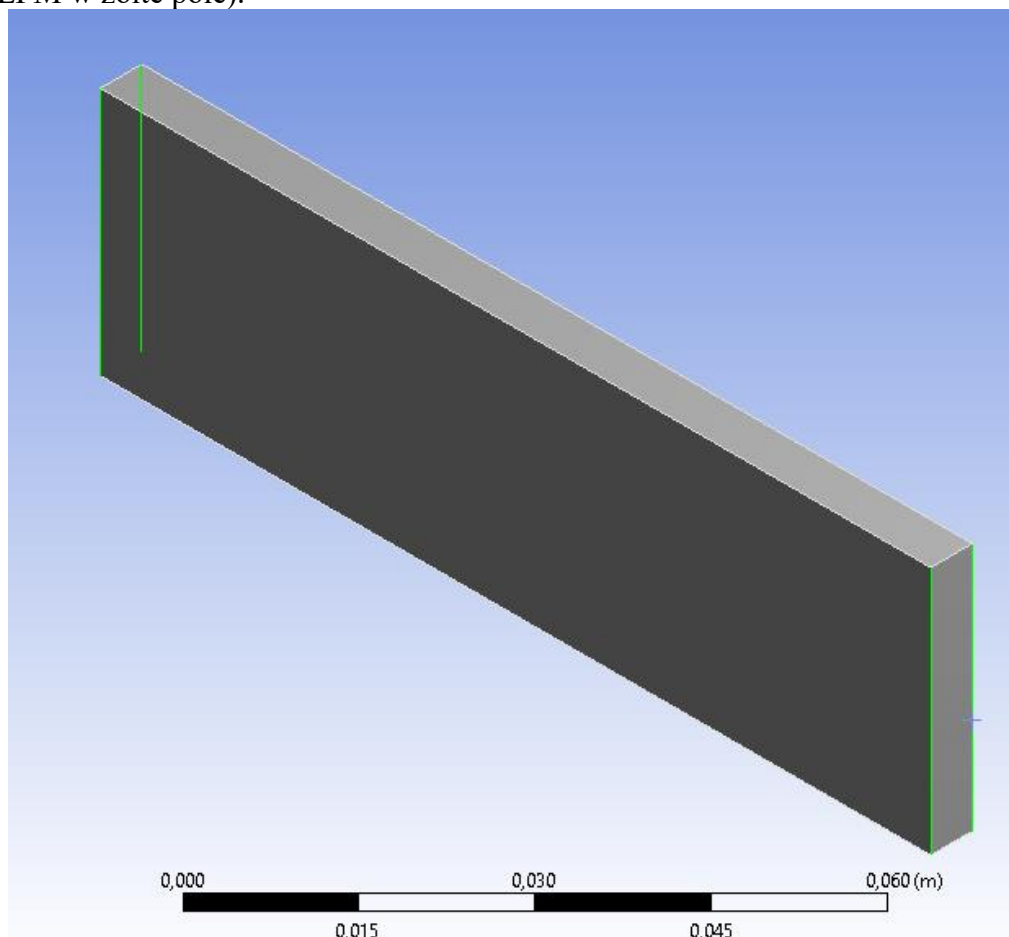
Details of "Sizing" - Sizing	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	Apply Cancel
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
<input type="checkbox"/> Element Size	Default (5,1264e-003 m)
Advanced	
<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default (2,5632e-005 m)
Behavior	Soft
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1,2)
Capture Curvature	No
Capture Proximity	No

Zmień pole *Definition* jak na rysunku poniżej

Details of "Edge Sizing" - Sizing	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Edges
[-] Definition	
Suppressed	No
Type	Number of Divisions
<input checked="" type="checkbox"/> Number of Divisions	100
[-] Advanced	
Behavior	Hard
Capture Curvature	No
Capture Proximity	No
Bias Type	No Bias

Kliknij *Generate Mesh* i sprawdź wygenerowaną siatkę (jeśli nie widać siatki kliknij LPM na *Mesh* w drzewku po lewej stronie).

- 4) W *Ansys Meshing* naciśnij prawy przycisk myszy (PPM) na *Mesh* i wybierz *Insert->Sizing*. Przy wciśniętym klawiszu *Ctrl* wybierz 4 krawędzie jak na rysunku poniżej i zatwierdź *Geometry->Apply* (jeśli nie widać *Apply* kliknij LPM w żółte pole).



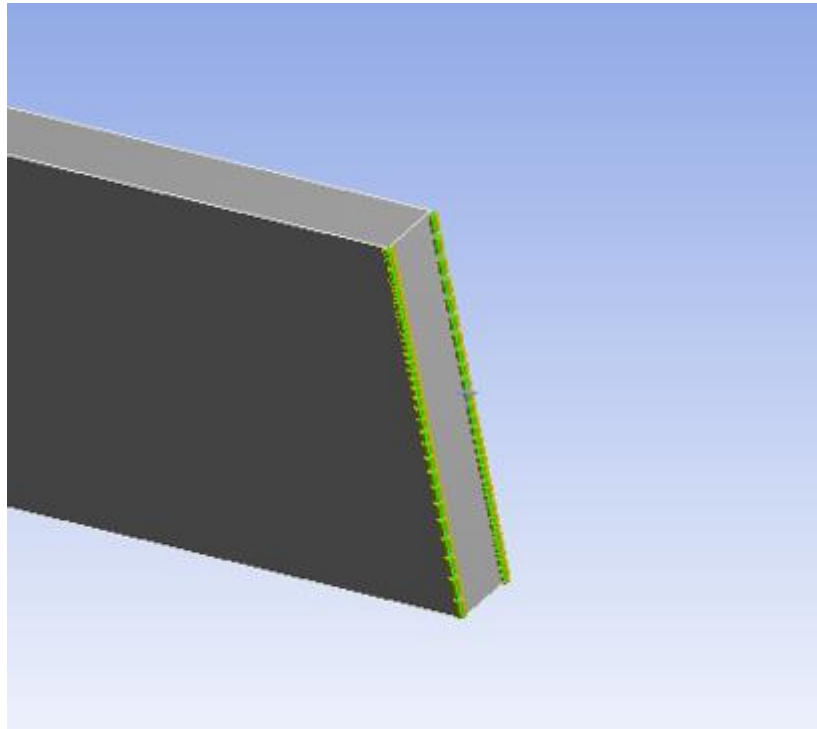
Zastosuj poniższe ustawienia

Details of "Edge Sizing 2" - Sizing	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	4 Edges
Definition	
Suppressed	No
Type	Number of Divisions
<input type="checkbox"/> Number of Divisions	50
Advanced	
Size Function	Uniform
Behavior	Hard
Bias Type	- - - - -
Bias Option	Bias Factor
<input type="checkbox"/> Bias Factor	20,0
Reverse Bias	No Selection

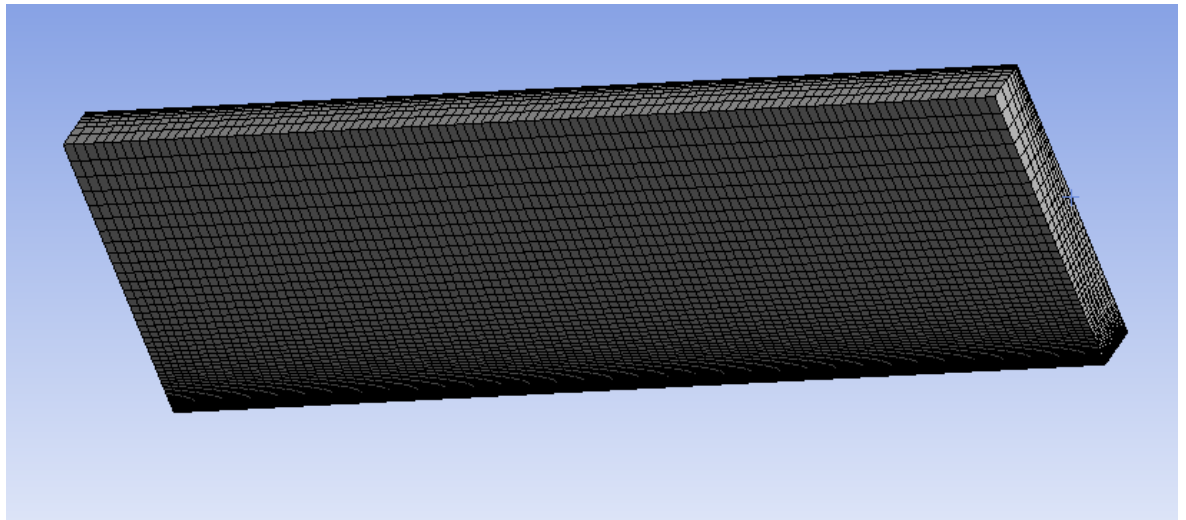
Kliknij *Generate Mesh* i sprawdź wygenerowaną siatkę (jeśli nie widać siatki kliknij LPM na *Mesh* w drzewku po lewej stronie). Siatka nie jest symetryczna. Aby to zmienić wybierz LPM opcję *Reverse Bias*

Details of "Edge Sizing 2" - Sizing	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	4 Edges
Definition	
Suppressed	No
Type	Number of Divisions
<input type="checkbox"/> Number of Divisions	50
Advanced	
Size Function	Uniform
Behavior	Hard
Bias Type	- - - - -
Bias Option	Bias Factor
<input type="checkbox"/> Bias Factor	20,0
Reverse Bias	No Selection

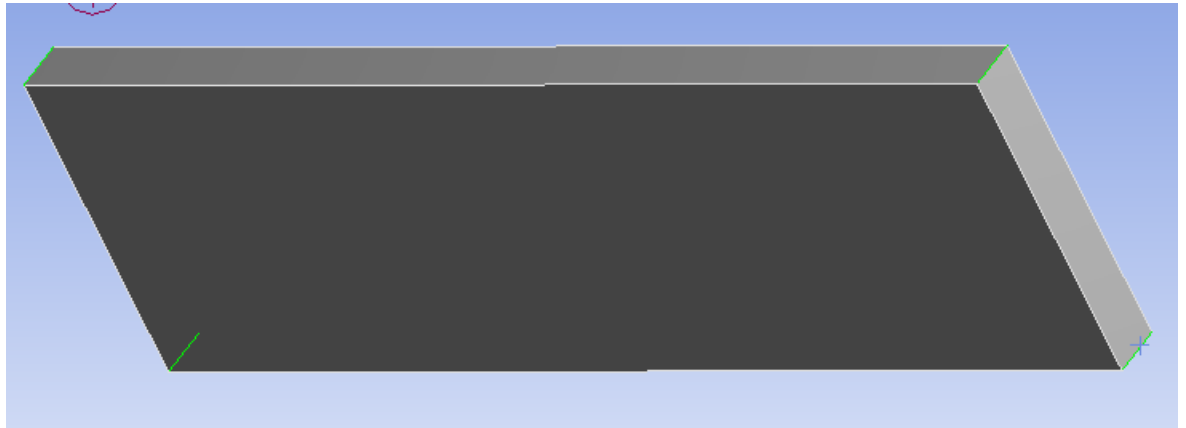
Następnie wskaż 2 krawędzie jak na rysunku poniżej i zatwierdź *Apply*.



Kliknij *Generate Mesh* i sprawdź wygenerowaną siatkę (jeśli nie widać siatki kliknij LPM na *Mesh* w drzewku po lewej stronie).



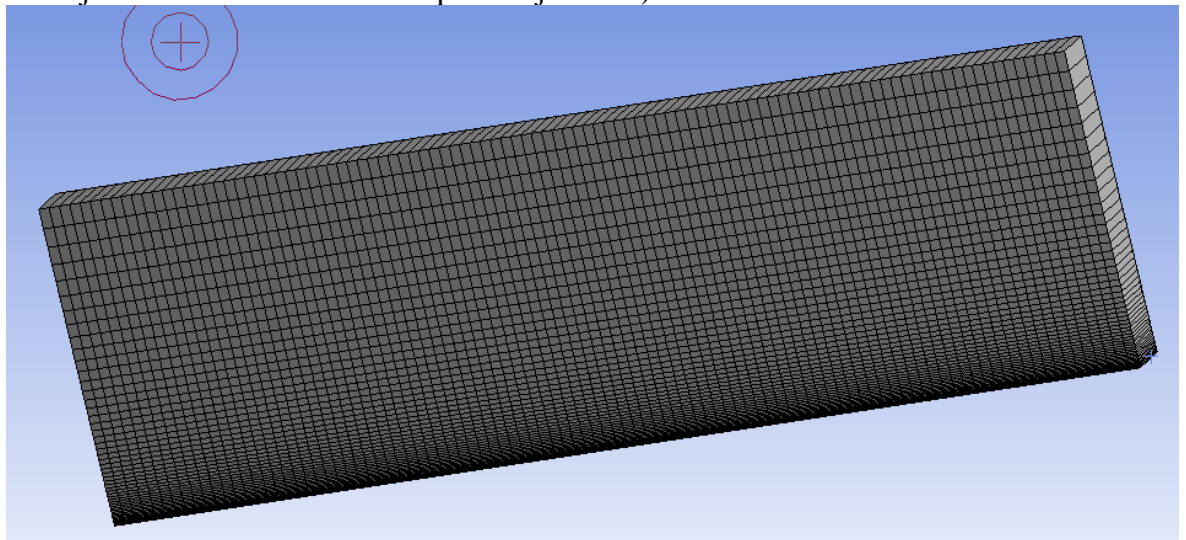
- 5) W *Ansys Meshing* naciśnij prawy przycisk myszy (PPM) na *Mesh* i wybierz *Insert->Sizing*. Przy wciśniętym klawiszu *Ctrl* wybierz 4 krawędzie jak na rysunku poniżej i zatwierdź *Geometry->Apply* (jeśli nie widać *Apply* kliknij LPM w żółte pole).



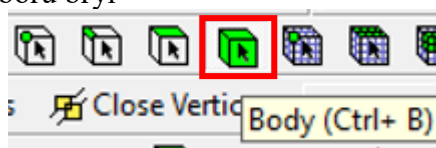
Zastosuj poniższe ustawienia

Details of "Edge Sizing 3" - Sizing	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	4 Edges
[-] Definition	
Suppressed	No
Type	Number of Divisions
<input type="checkbox"/> Number of Divisions	1
[-] Advanced	
Size Function	Uniform
Behavior	Hard
Bias Type	No Bias

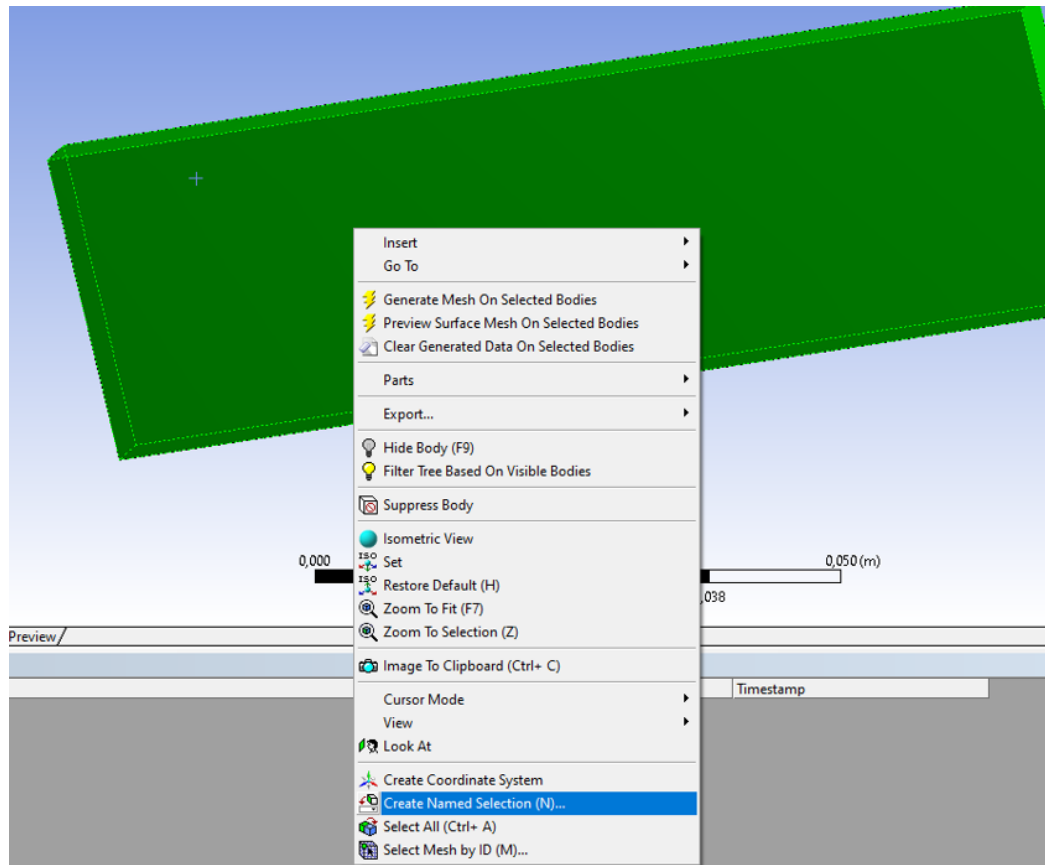
Kliknij *Generate Mesh* i sprawdź wygenerowaną siatkę (jeśli nie widać siatki kliknij LPM na *Mesh* w drzewku po lewej stronie).



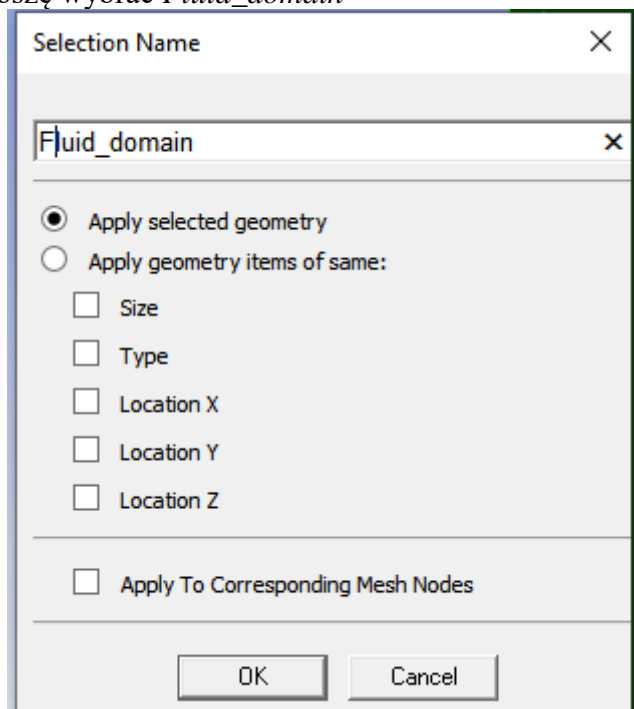
- 6) Ostatni krok to nadanie nazw objętościom i powierzchniom.
Wybierz LPM filtr wyboru brył



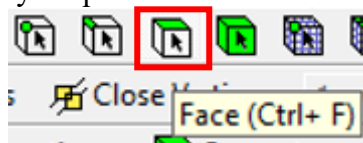
Wybierz prostopadłościan LPM, a następnie kliknij PPM i wybierz *Create Named Selection*



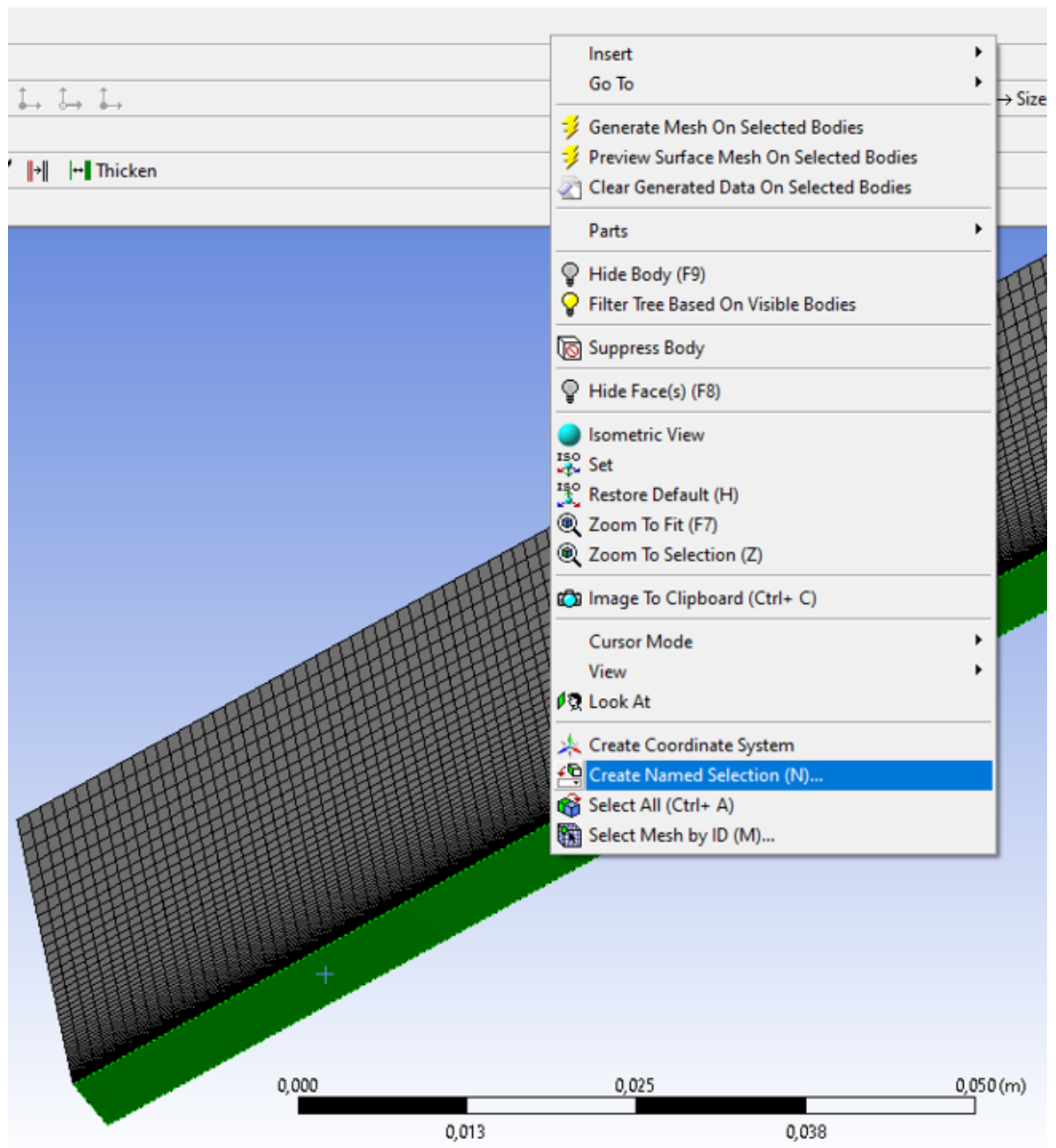
Jako nazwę proszę wybrać *Fluid_domain*



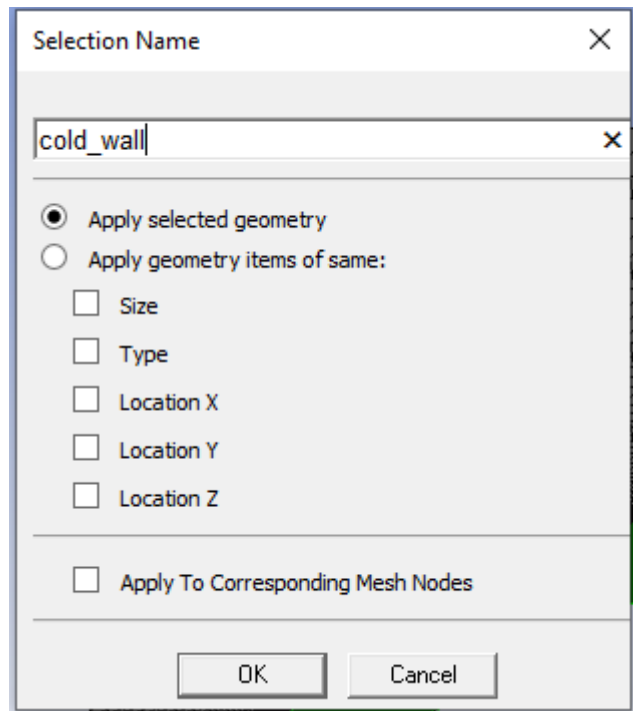
7) Następnie zmień filtr na wybór powierzchni



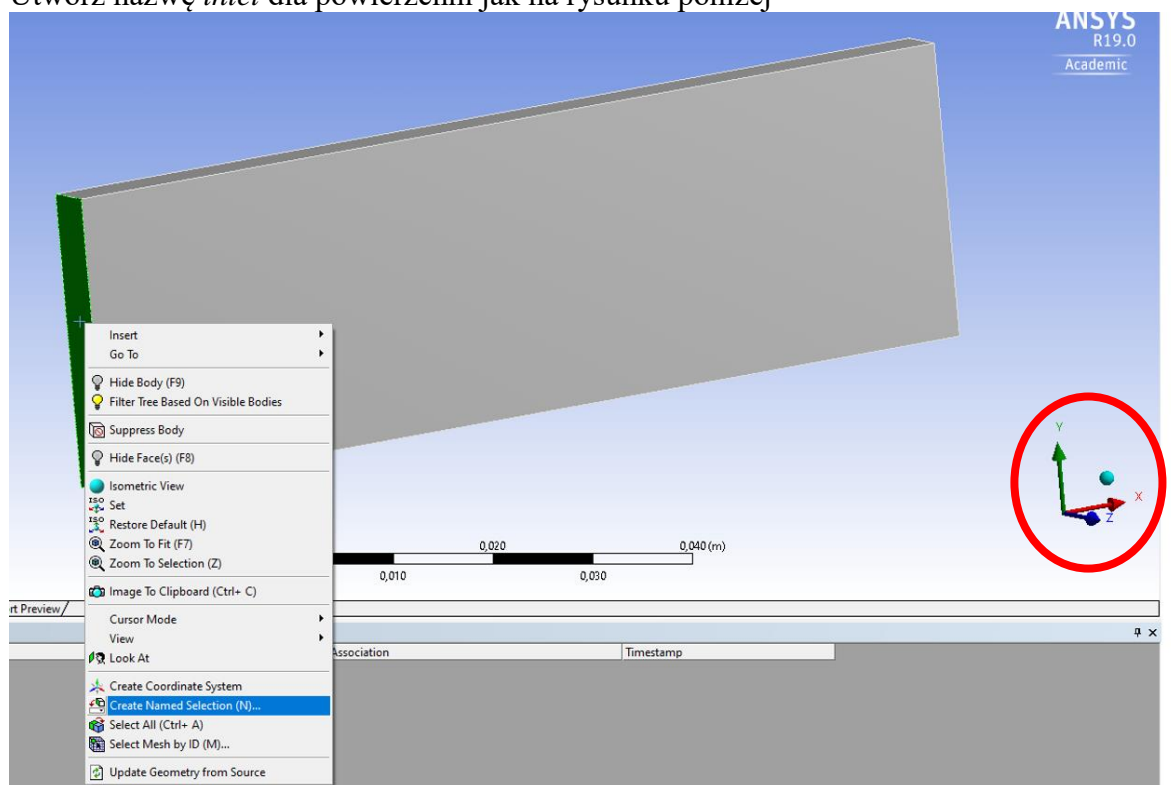
LPM wskaż zewnętrzną powierzchnię, przy której siatka się zagęszcza i kliknij PPM, a następnie wybierz *Create Named Selection*

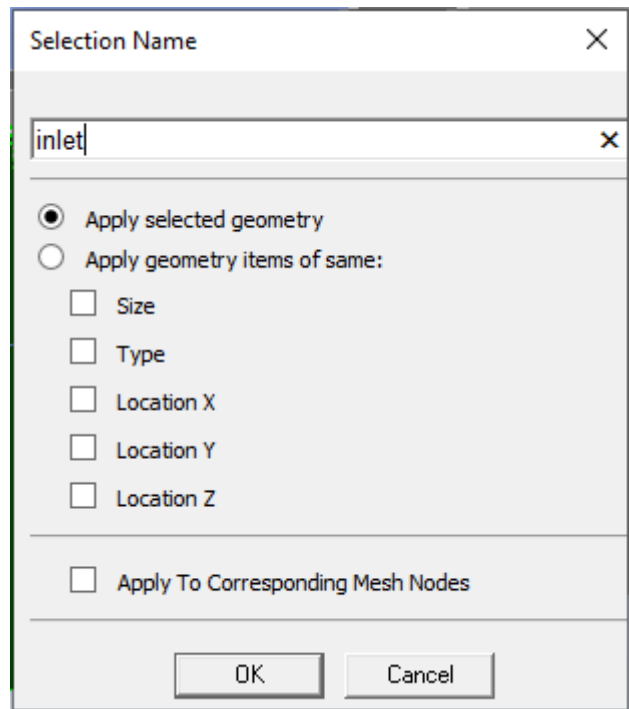


Nadaj nazwę *cold_wall*

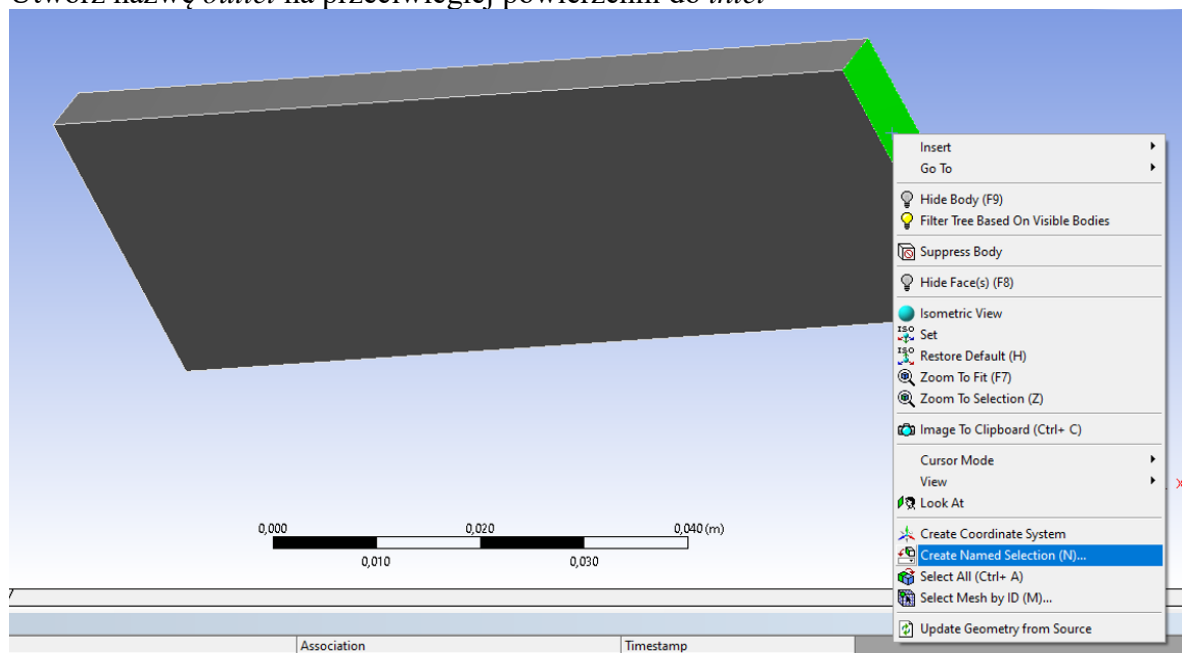


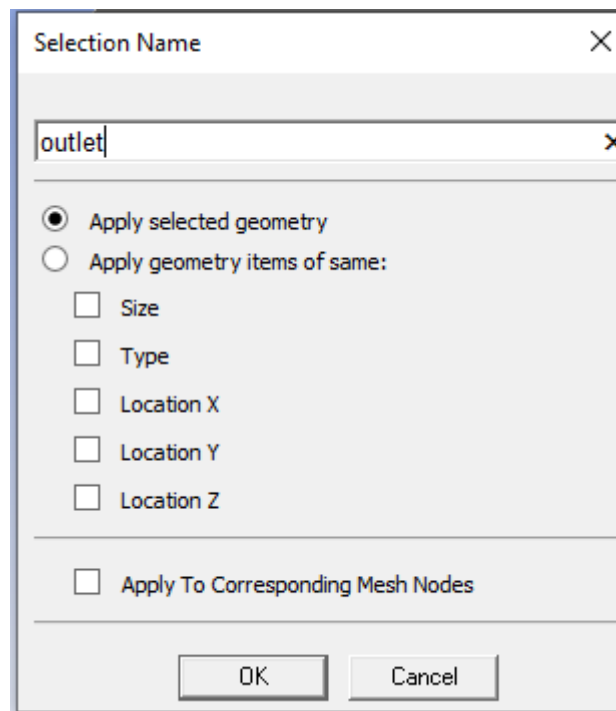
8) Utwórz nazwę *inlet* dla powierzchni jak na rysunku poniżej



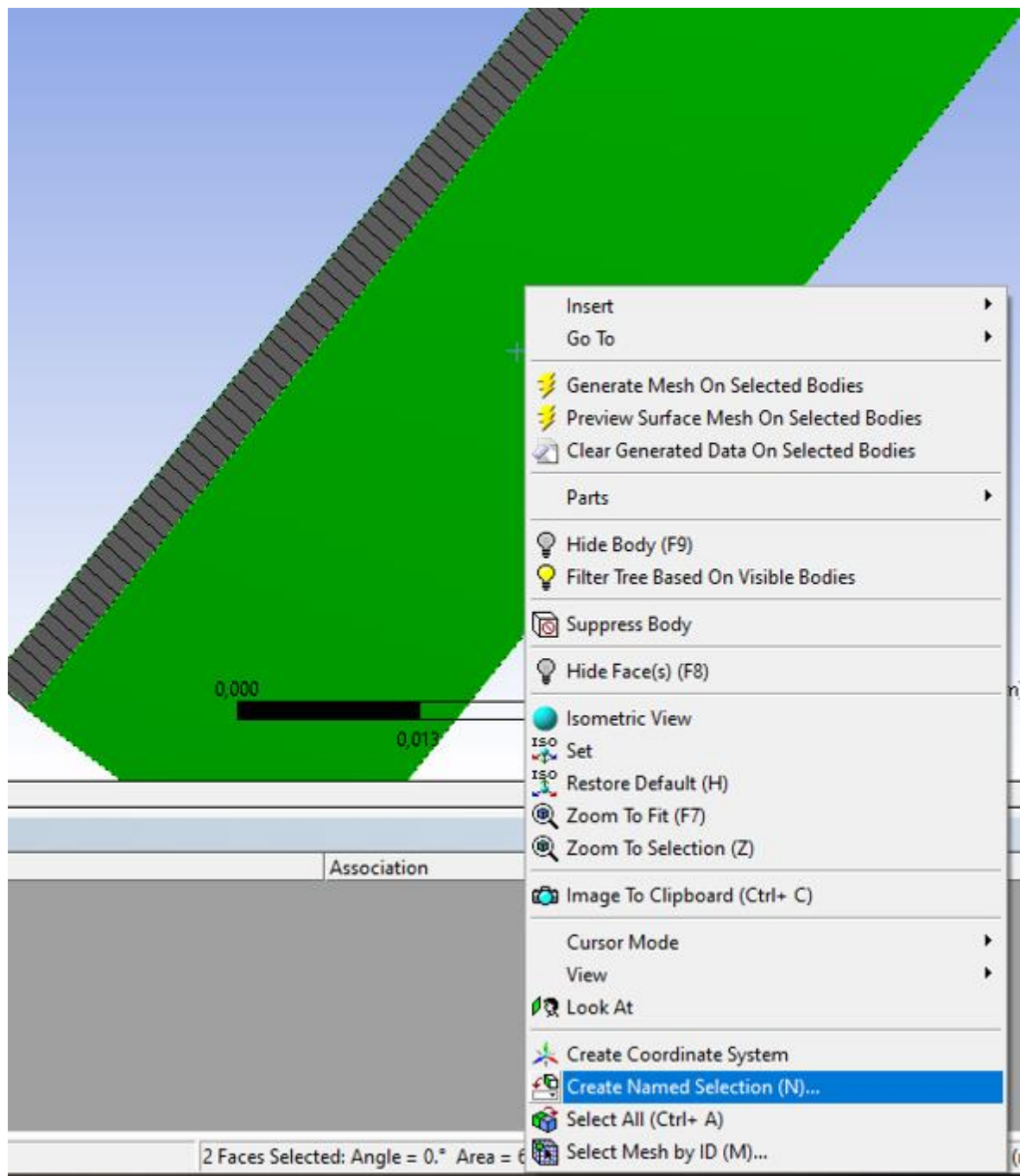


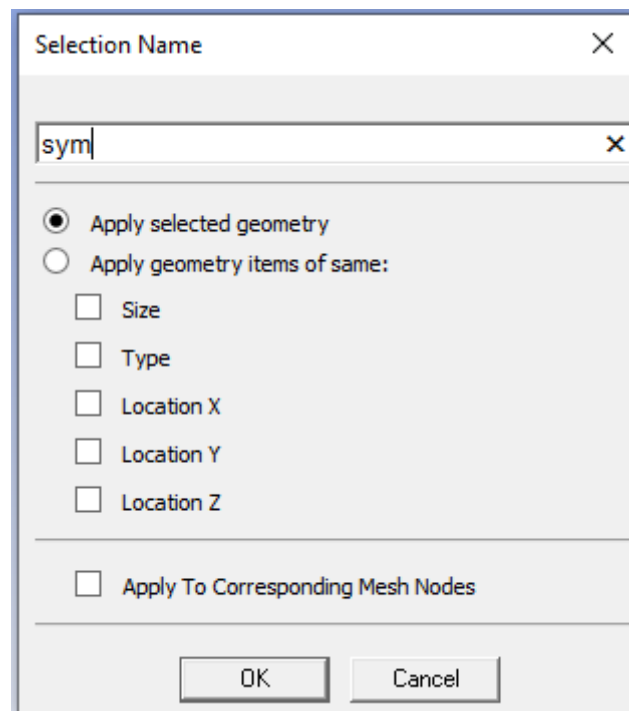
9) Utwórz nazwę *outlet* na przeciwległej powierzchni do *inlet*



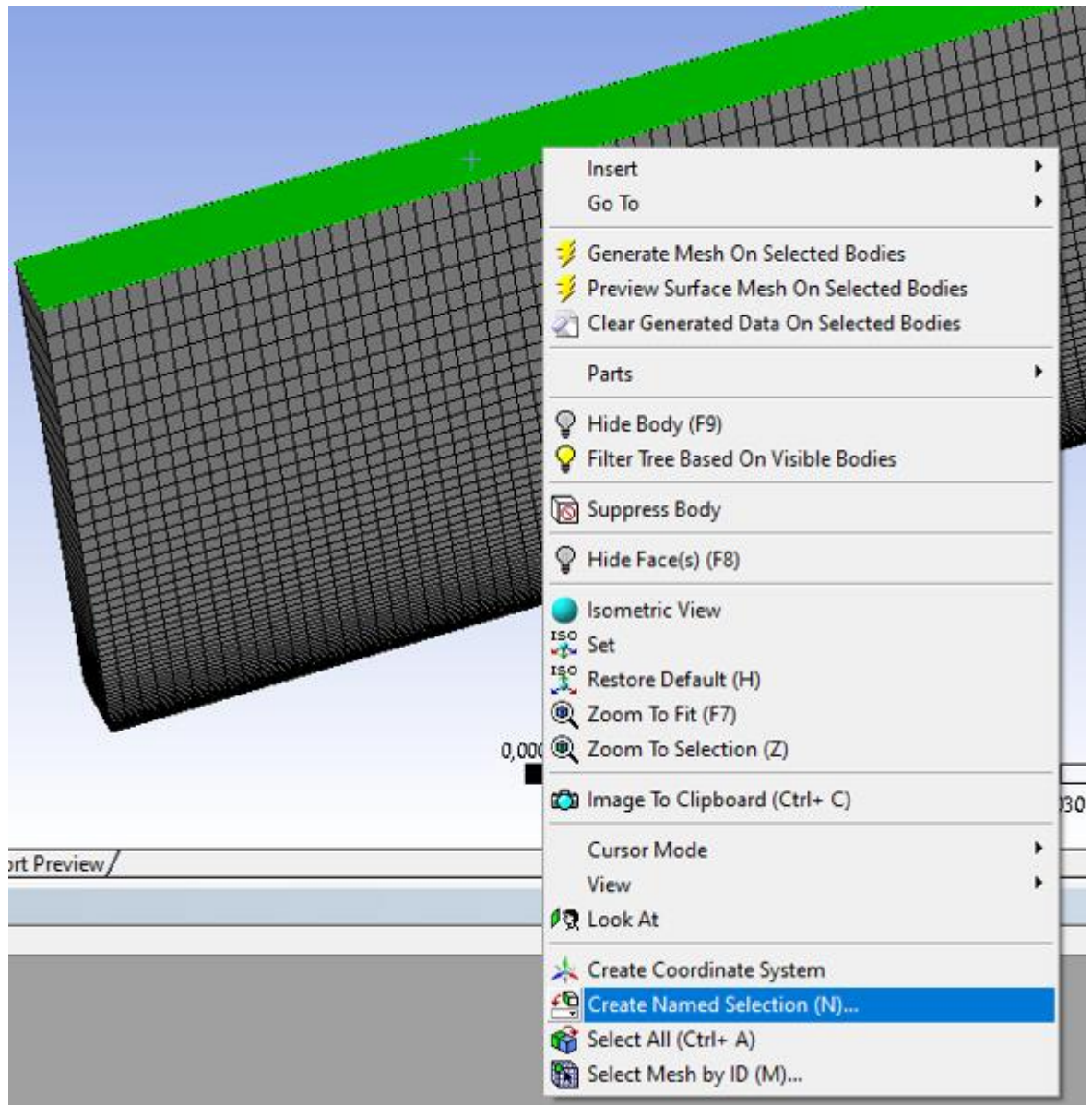


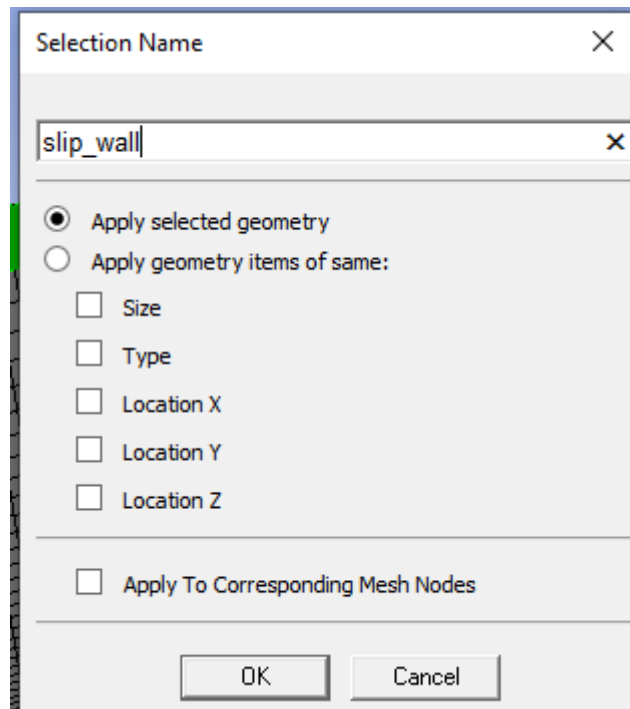
10) Podobnie utwórz nazwę *sym* dla dwóch dużych powierzchni płaskich





11) Na ostatniej nie nazwanej powierzchni nadaj nazwę *slip_wall*

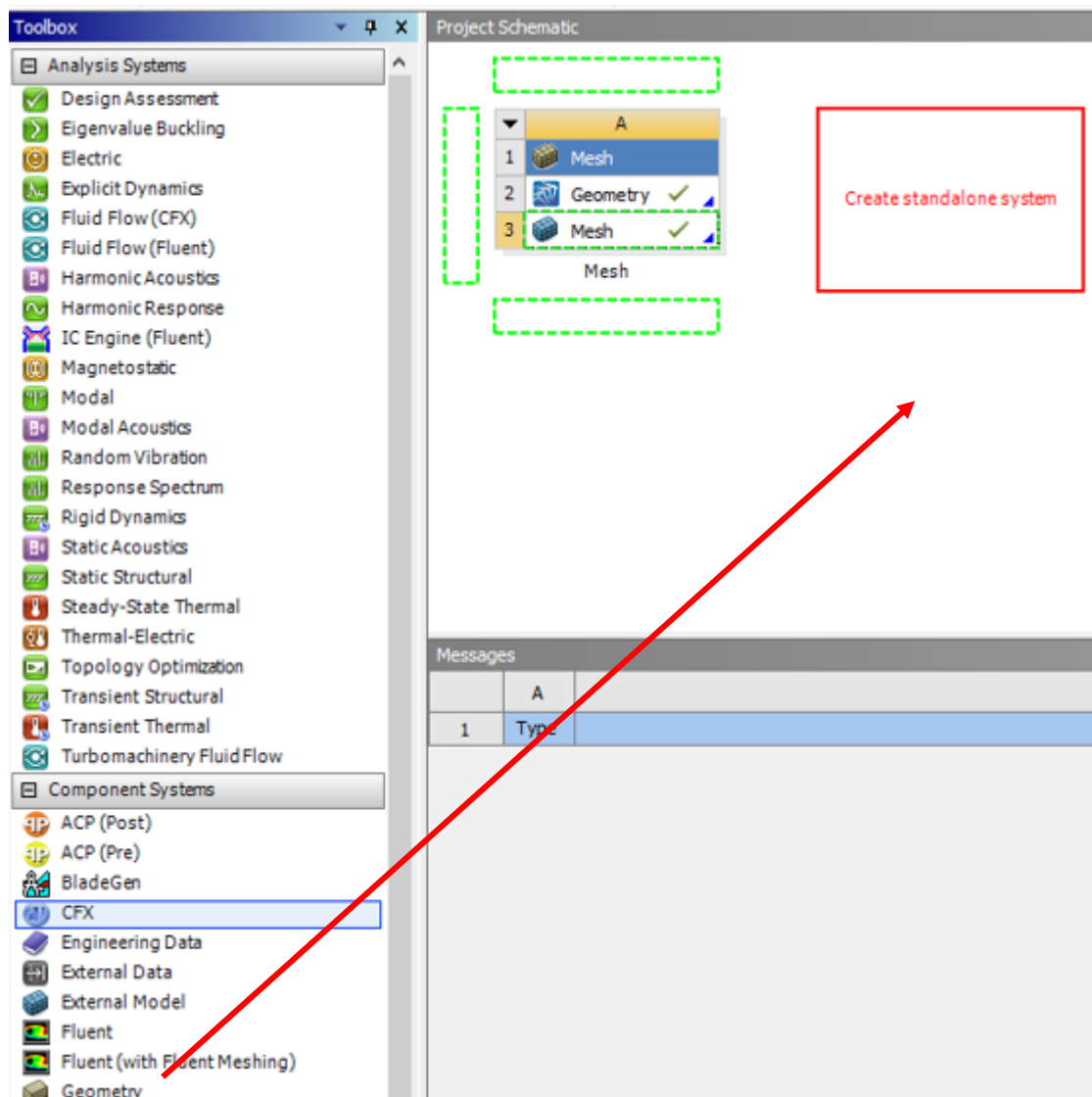




12) Zamknij moduł *Ansys Meshing* i zapisz projekt w *Workbench*.

2.3. PRZYGOTOWANIE MODELU NUMERYCZNEGO

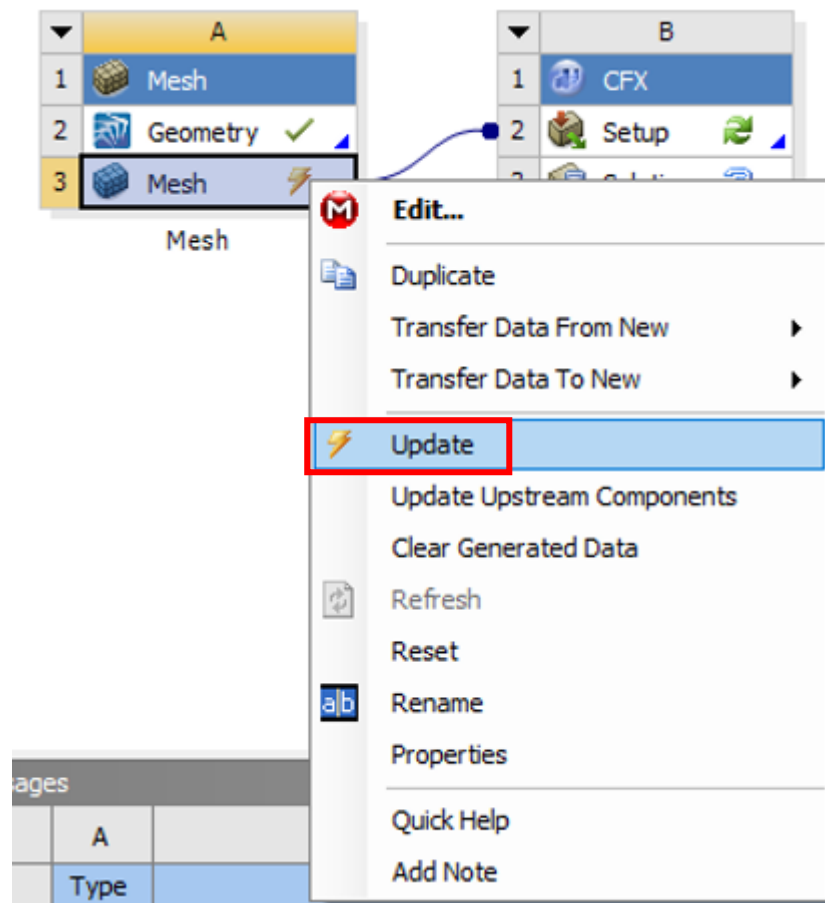
1) Wstaw moduł *CFX*



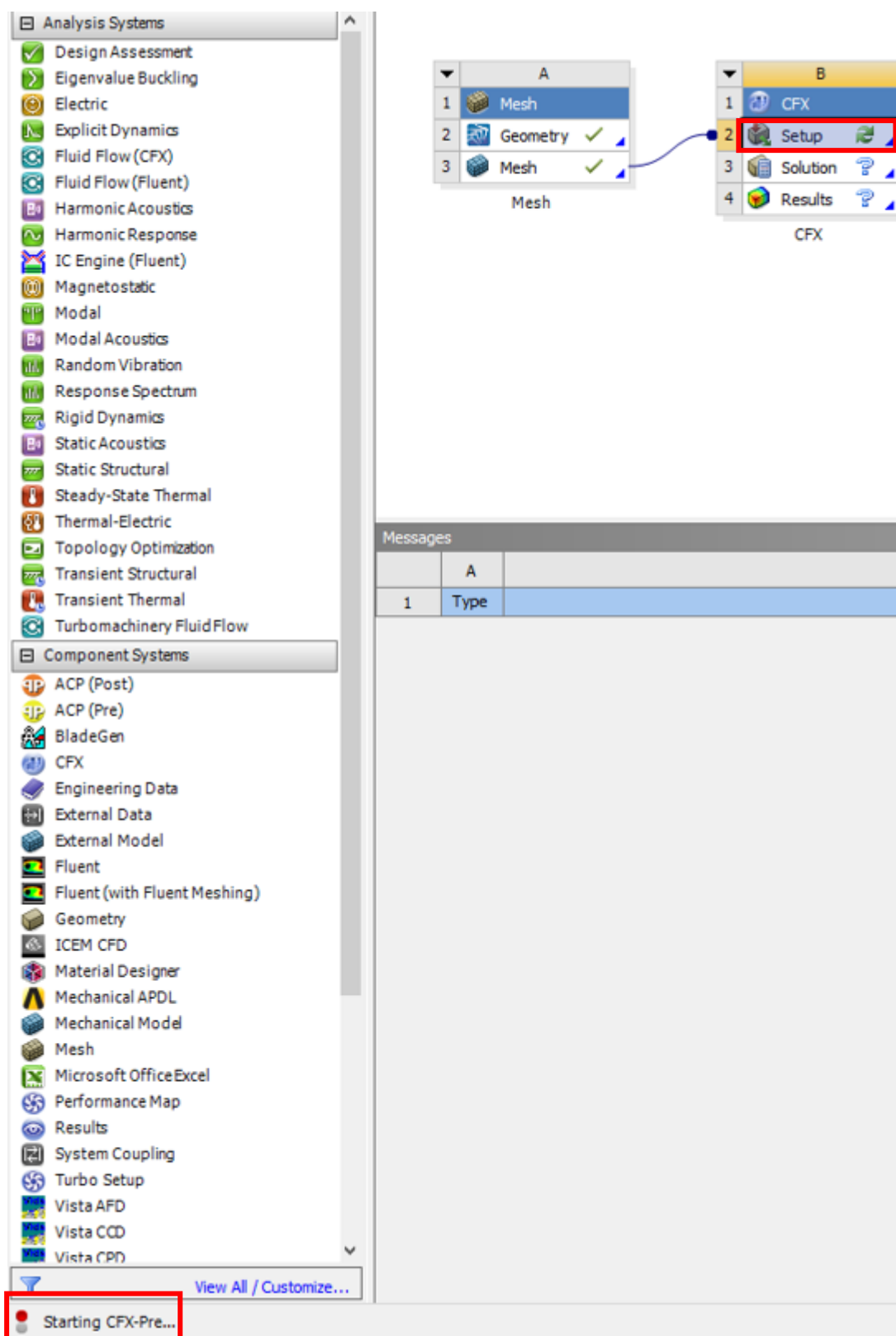
W celu połączenia modułu *Mesh* z *CFX* chwyć LPM *Mesh* (to niżej) i przeciągnij na *Setup* aż do pojawienia się pola *Transfer A3*, a następnie puść LPM – połączenie zostało utworzone



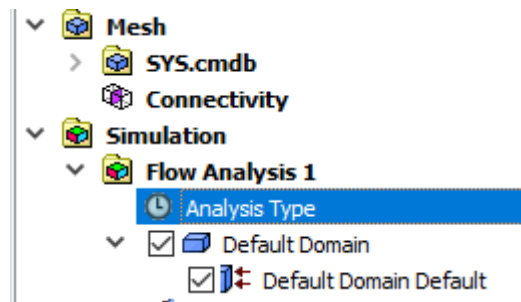
Kliknij PPM na *Mesh* i wybierz *Update*



Kliknij dwukrotnie *Setup* w celu uruchomienia programu *Ansys CFX*



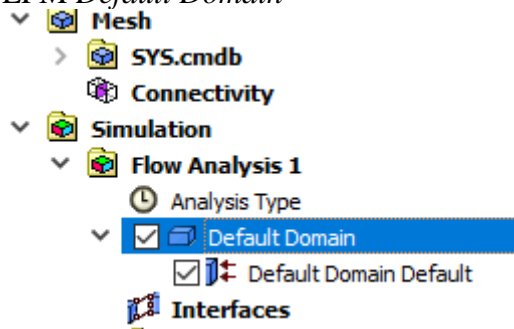
2) Otwórz *Analysis Type* przez dwukrotne kliknięcie LPM




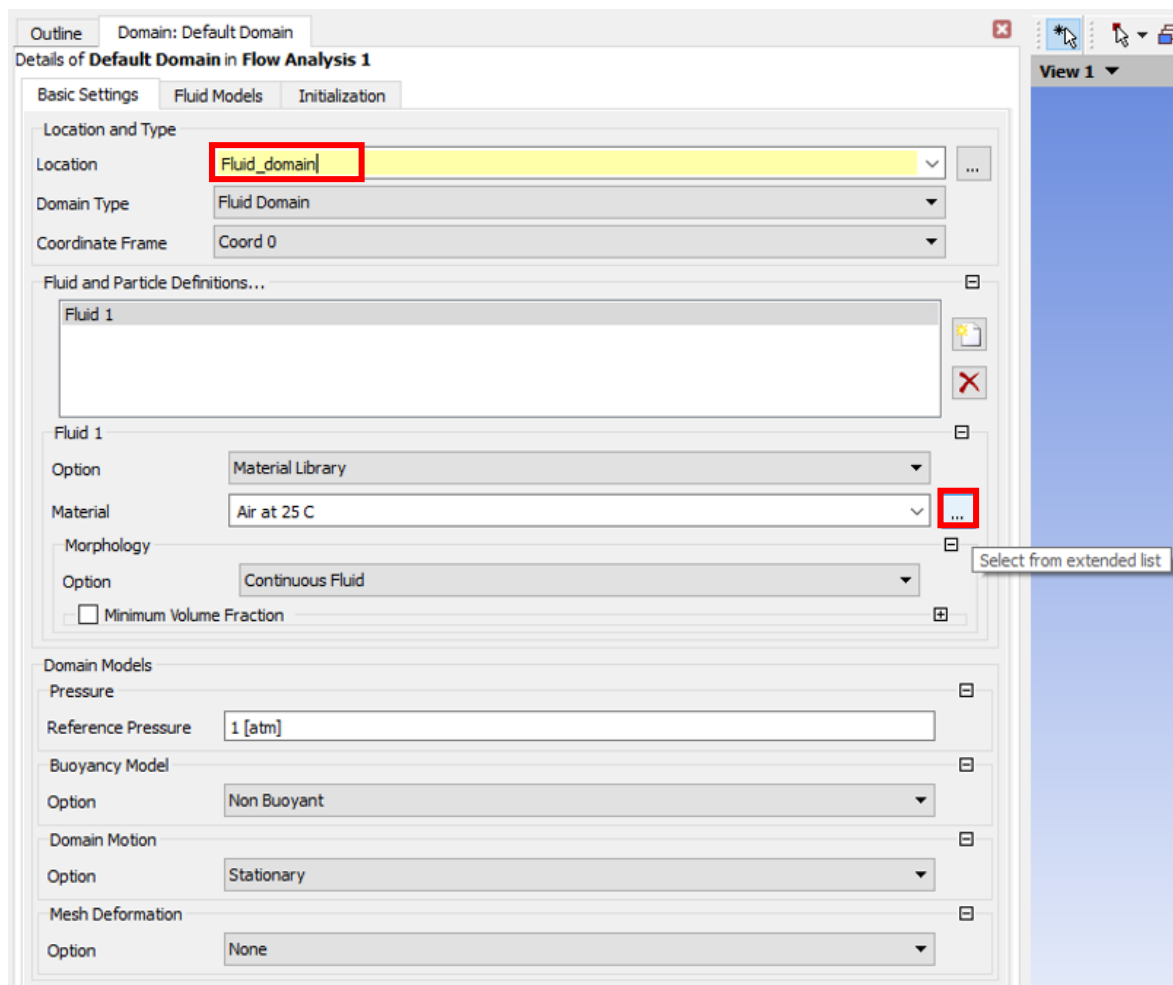
Zastosuj następujące ustawienia i zatwierdź *OK*.



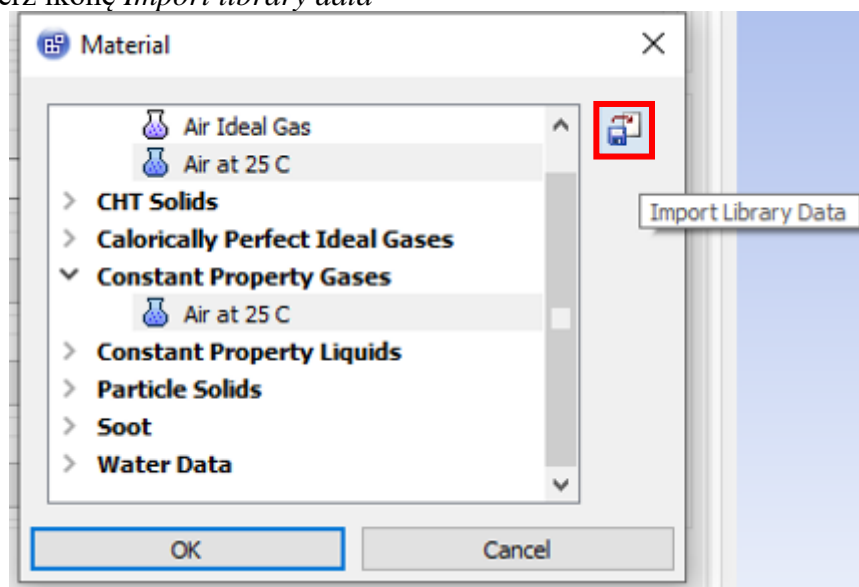
3) Kliknij dwukrotnie LPM *Default Domain*



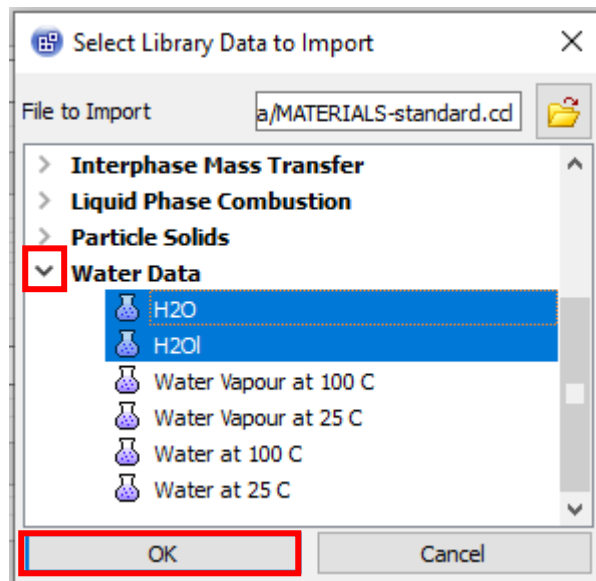
Zastosuj następujące ustawienia wybierz przycisk importowania materiałów  z bibliotek *CFX*.



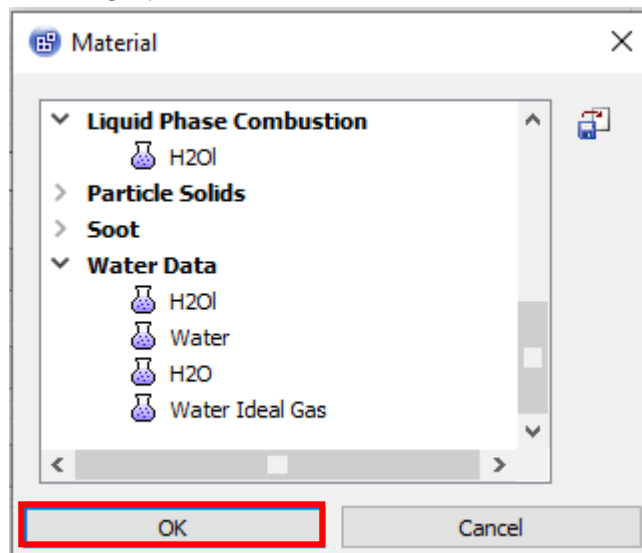
4) Wybierz ikonę *Import library data*



5) Przy wciśniętym klawiszu *Ctrl* wybierz materiały H2O i H2O1 i zatwierdź *OK*.



I ponownie zatwierdź *OK*.



6) Zamknij na razie *Default Domain*

Outline Domain: Default Domain

Details of **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Fluid Models Initialization

Location and Type

Location Fluid_domain

Domain Type Fluid Domain

Coordinate Frame Coord 0

Fluid and Particle Definitions...

Fluid 1

Fluid 1

Option Material Library

Material Air at 25 C

Morphology

Option Continuous Fluid

☐ Minimum Volume Fraction

Domain Models

Pressure

Reference Pressure 1 [atm]

Buoyancy Model

Option Non Buoyant


Domain Motion

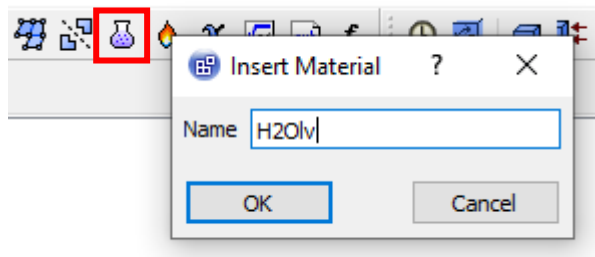
Option Stationary

Mesh Deformation

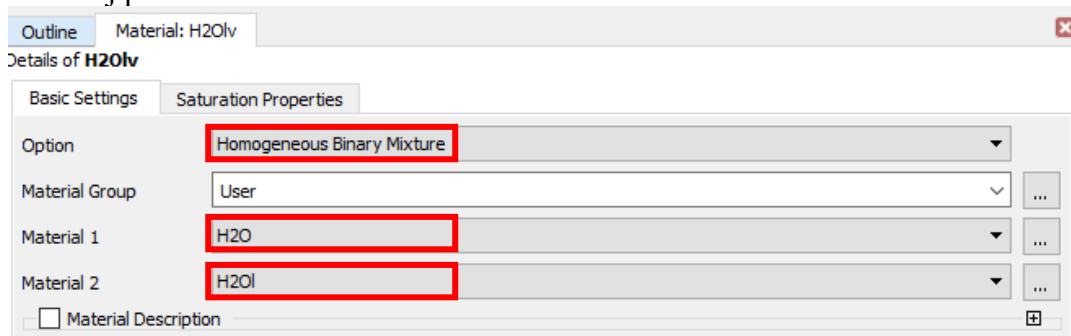
Option None

OK Apply Close

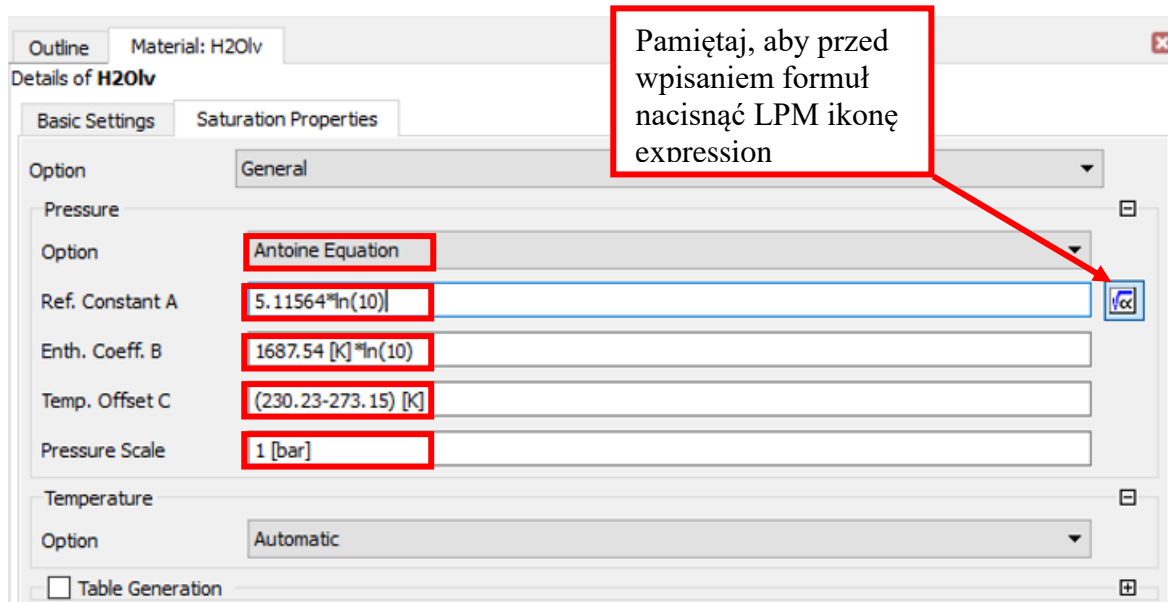
7) Utwórz nowy materiał o nazwie H2Olv klikając ikonę 



8) Zastosuj poniższe ustawienia

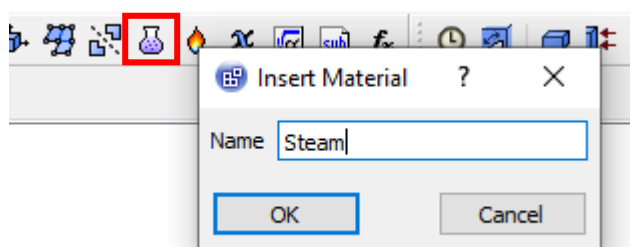


Przejdź do zakładki *Saturation Properties* i zastosuj jak poniżej




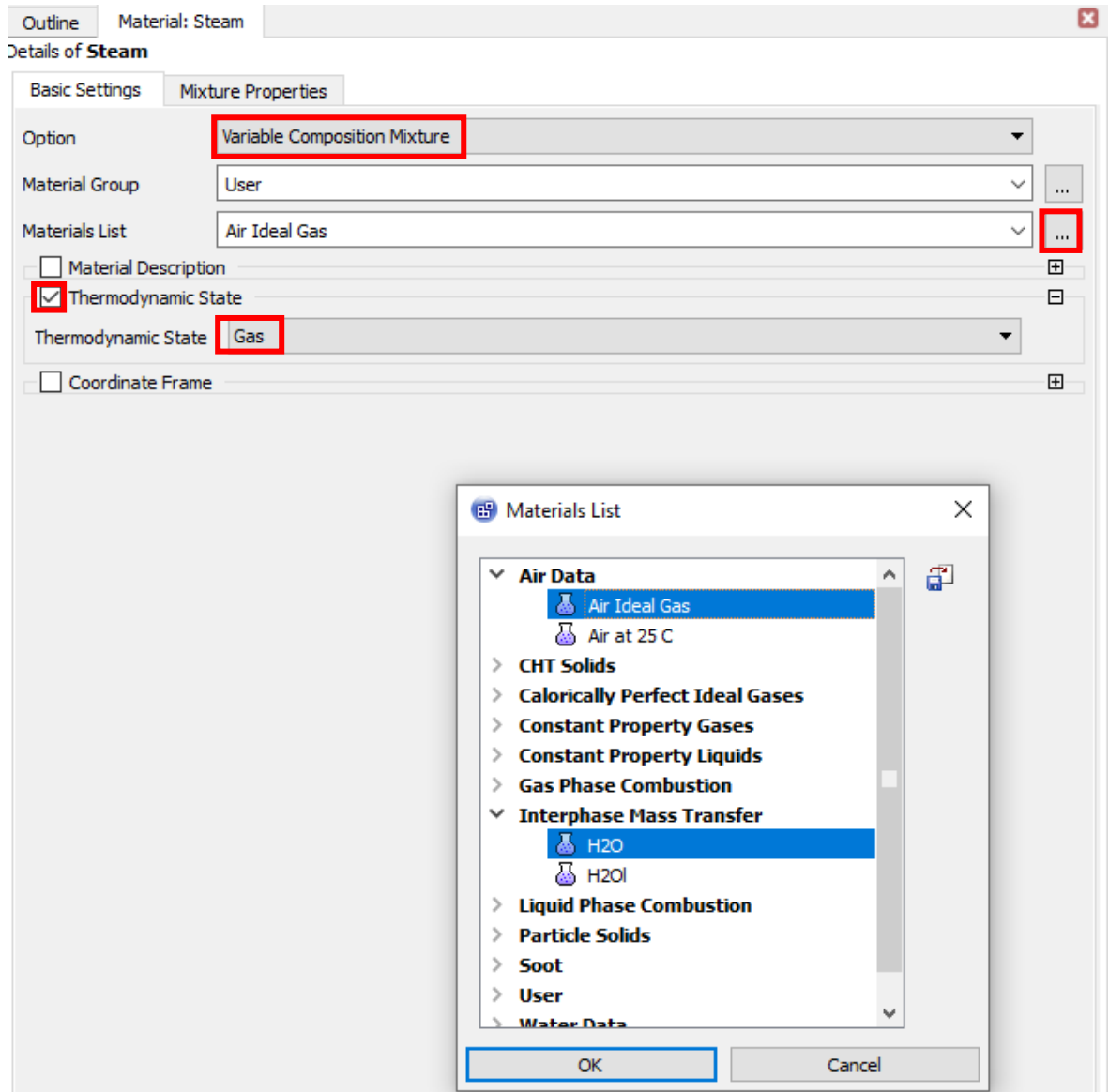
Zatwierdź OK.

9) Wybierz ikonę tworzenia nowego materiału i nazwij go *Steam*



10) Zmień *Option* na *Variable Composition Mixture* i w pole *Material List* wybierz *Air Ideal Gas* oraz materiał *H2O*. W celu wyboru dwóch materiałów

wykorzystaj ikonę  oraz przytrzymaj klawisz *Ctrl* przy wyborze. Zatwierdź *OK*.



Następnie ponownie zatwierdź *OK*.

Outline Material: Steam

Details of **Steam**

Basic Settings Mixture Properties

Option Variable Composition Mixture

Material Group User

Materials List Air Ideal Gas,H2O

☐ Material Description

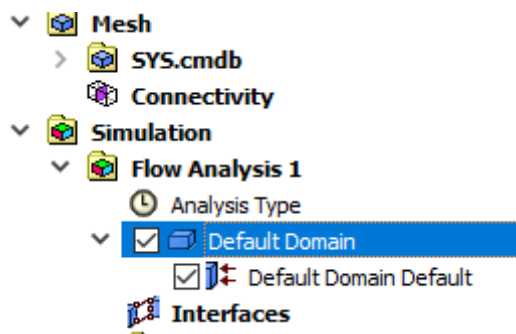
☒ Thermodynamic State

Thermodynamic State Gas

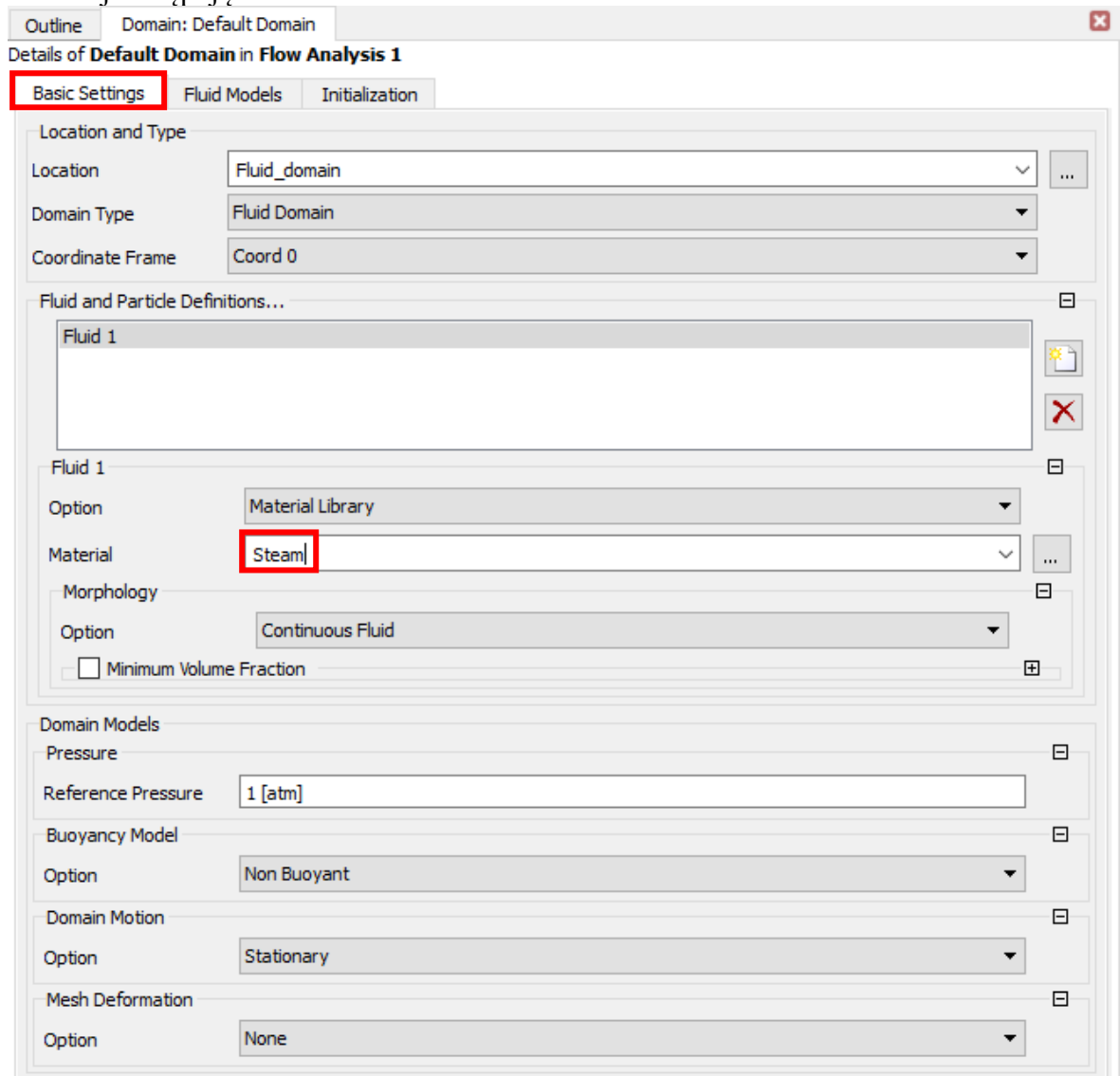
☐ Coordinate Frame

OK Apply Close

11) Kliknij dwukrotnie LPM *Default Domain*



12) Zastosuj następujące ustawienia



Outline

Domain: Default Domain

Details of **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings

Fluid Models

Initialization

Heat Transfer

Option

Thermal Energy

☐ Ind. Viscous Dissipation

Turbulence

Option

Shear Stress Transport

Wall Function

Automatic

☐ Turbulent Flux Closure for Heat Transfer

☐ Transitional Turbulence

☐ Advanced Turbulence Control

Combustion

Option

None

Thermal Radiation

Option

None

☐ Electromagnetic Model

Component Models

Wall Condensation Model

Option

Concentration Boundary Layer Model

Component

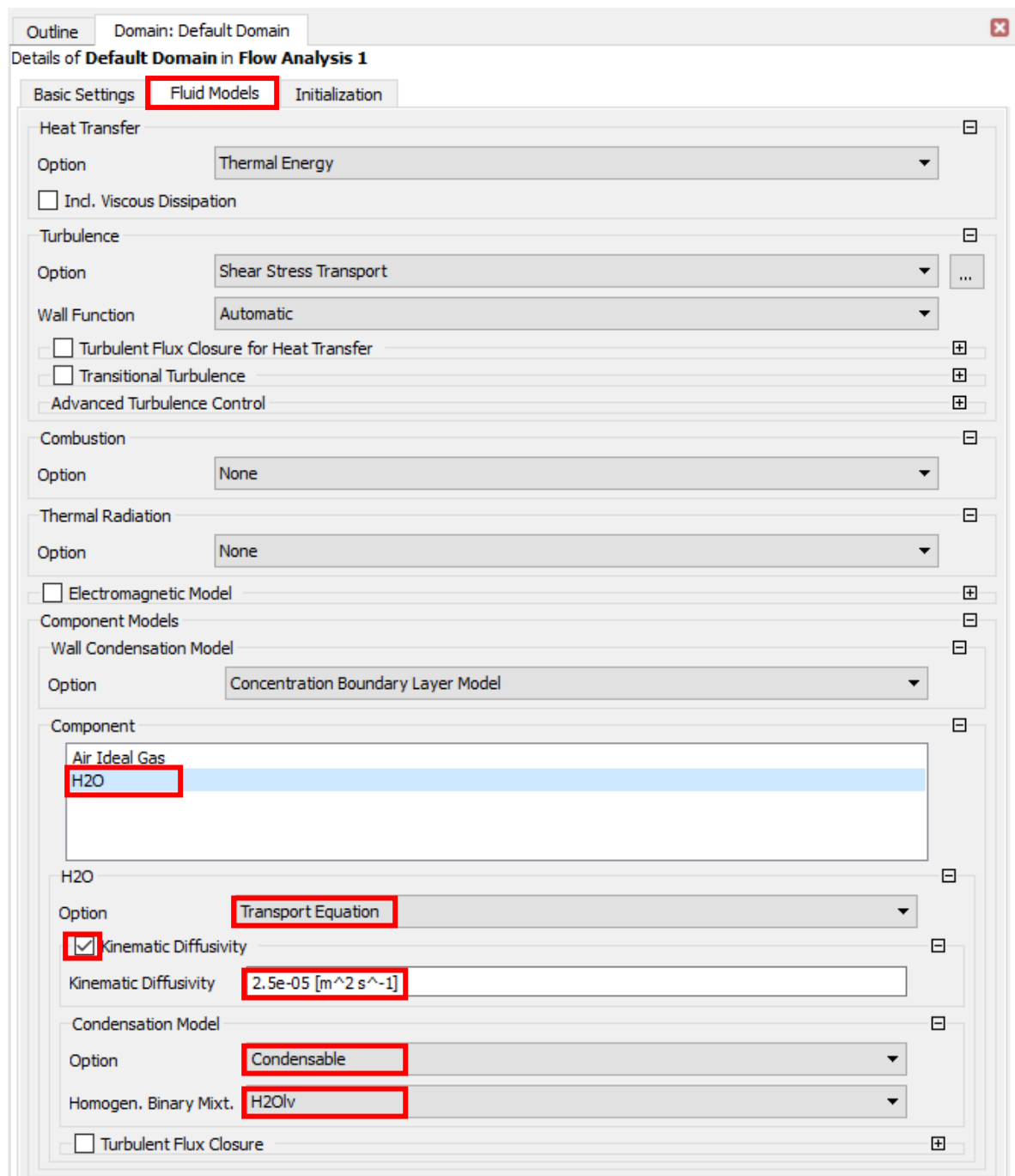
Air Ideal Gas

H2O

Air Ideal Gas

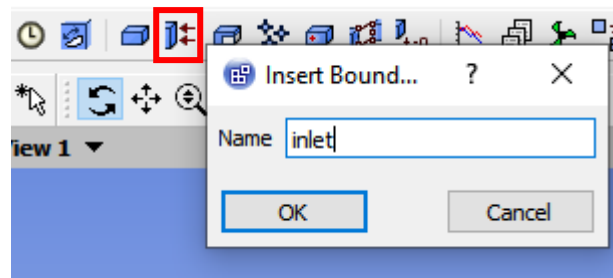
Option

Constraint

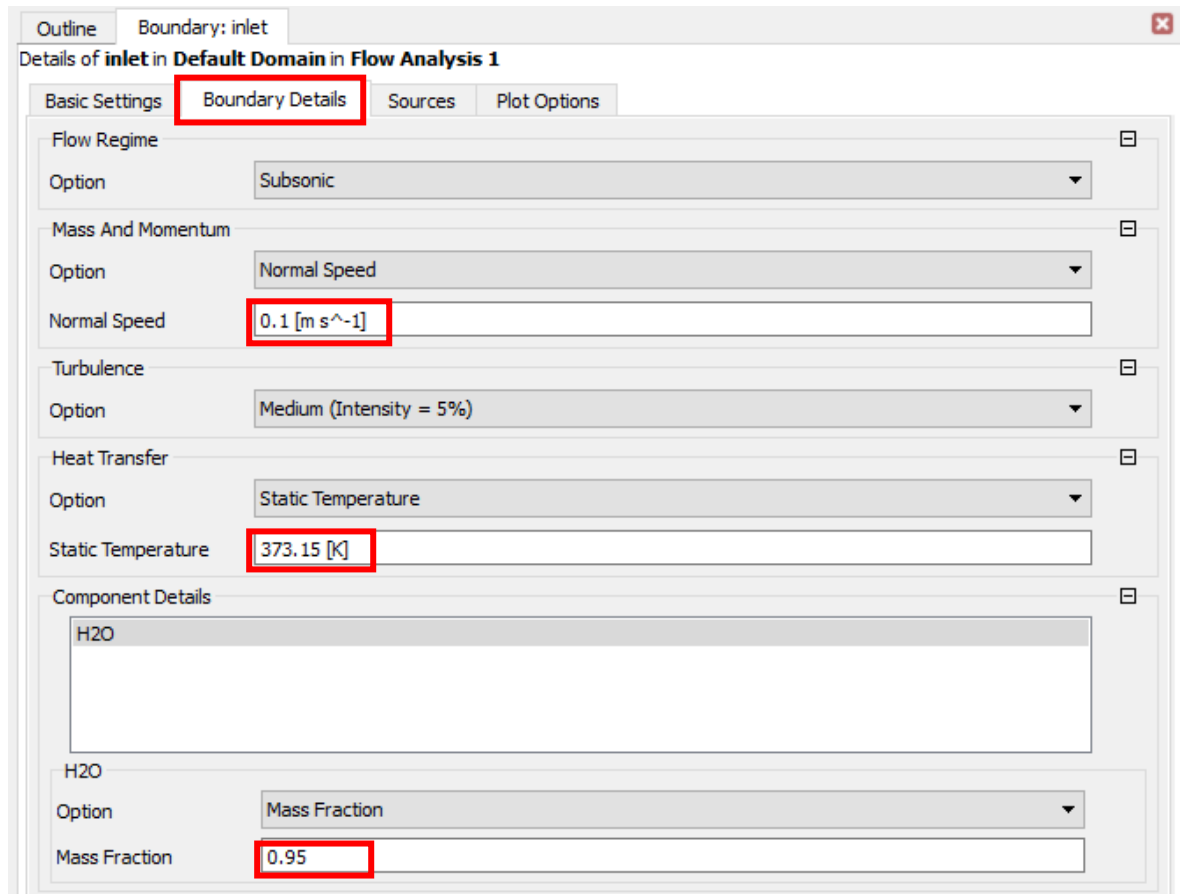
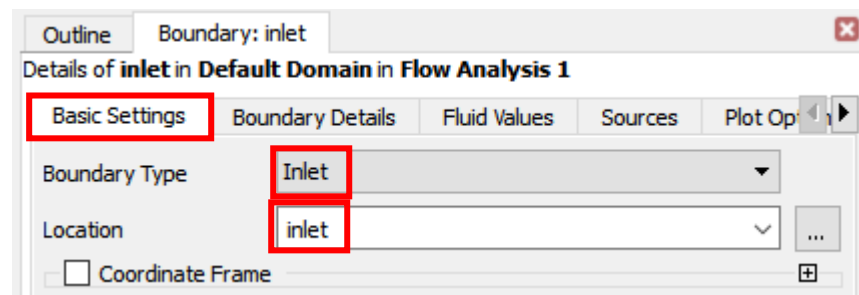


Zatwierdź OK.

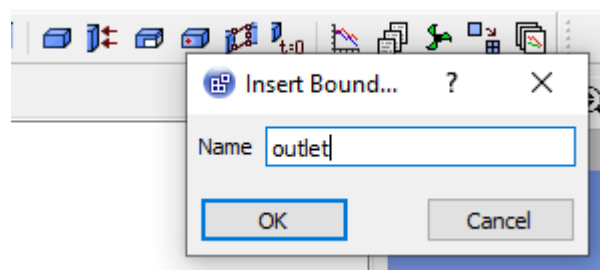
13) Utwórz warunek brzegowy o nazwie *inlet*

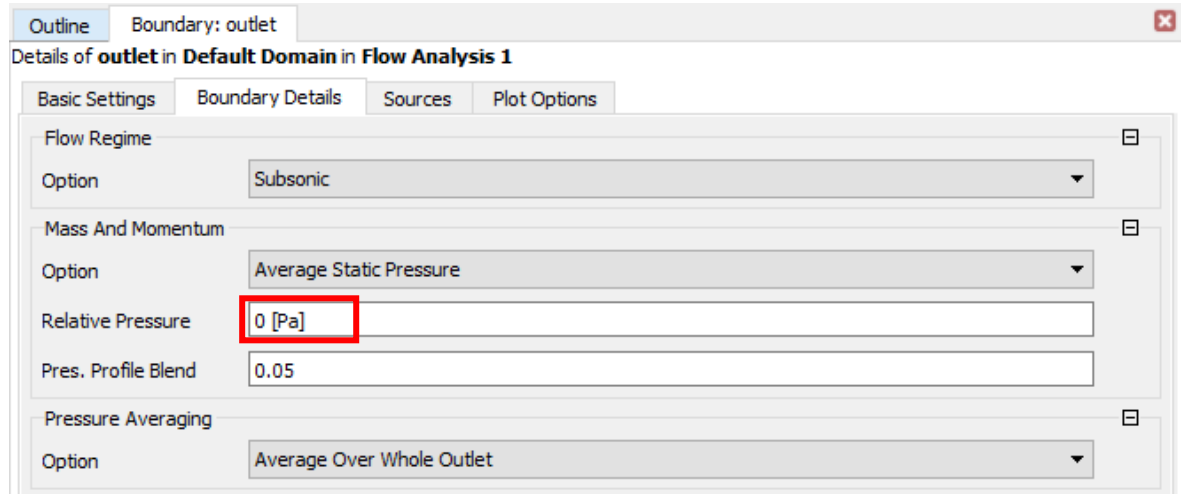
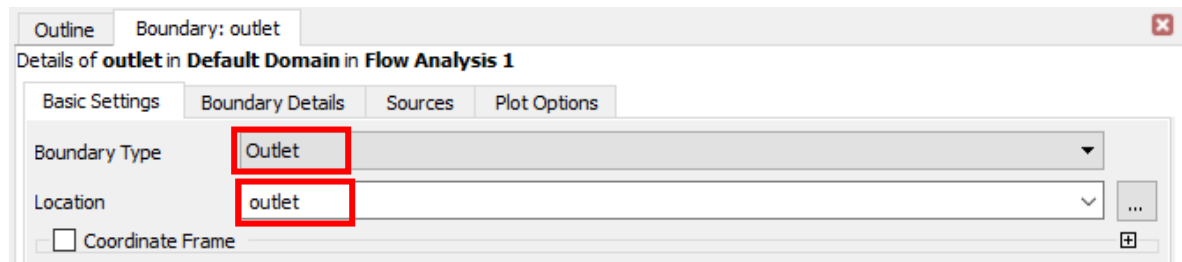


Zastosuj ustawienia jak poniżej i zatwierdź OK.

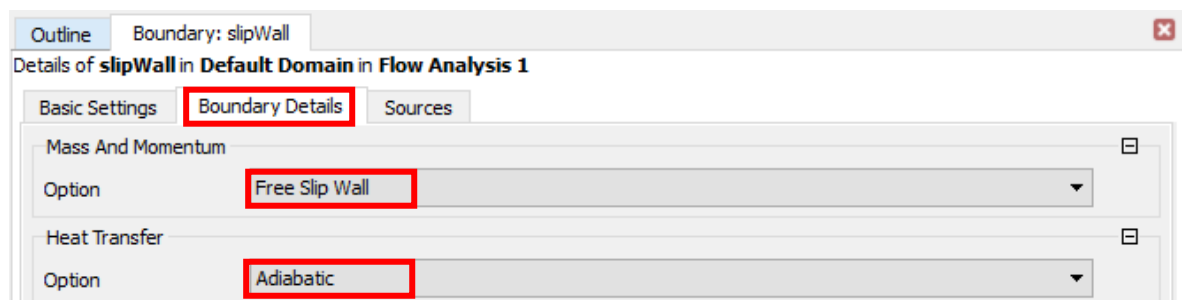
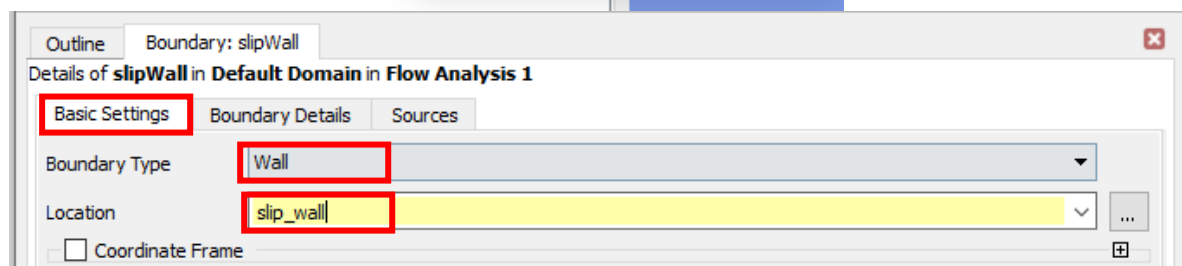
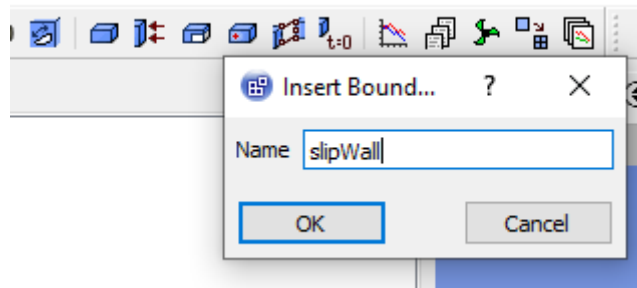


14) Utwórz warunek brzegowy *outlet*

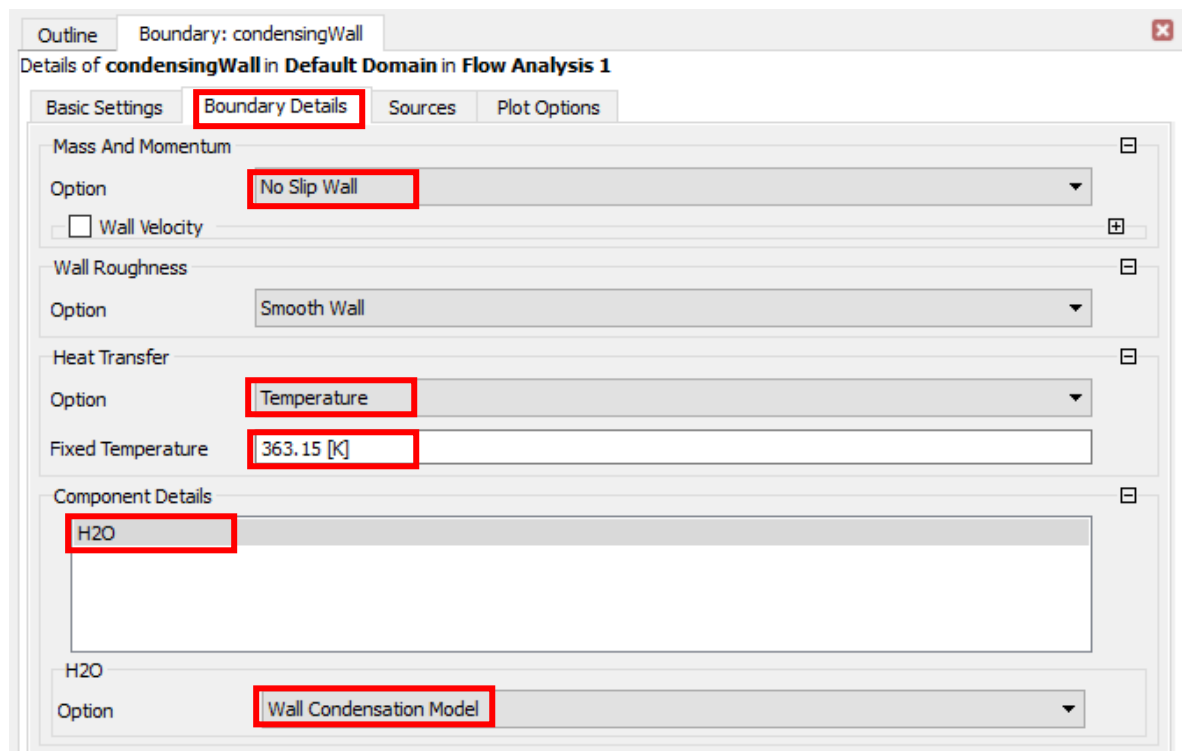
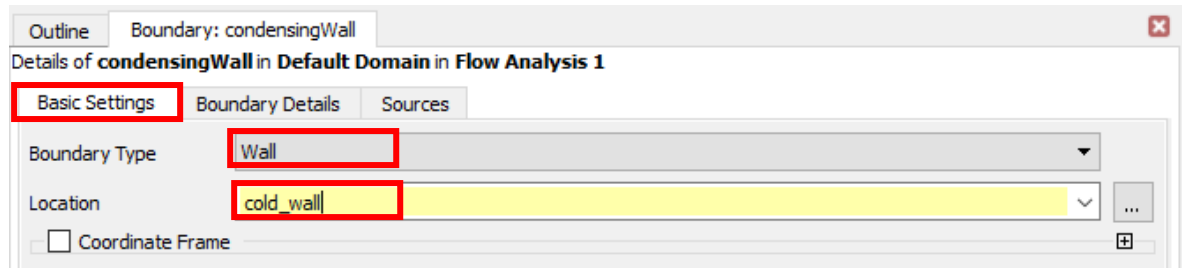
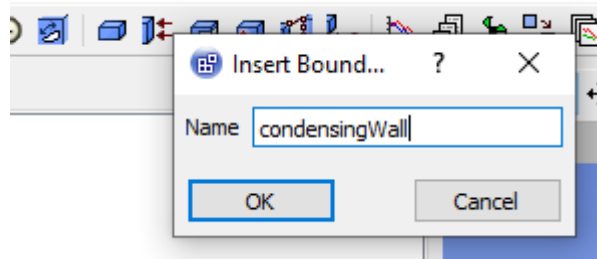




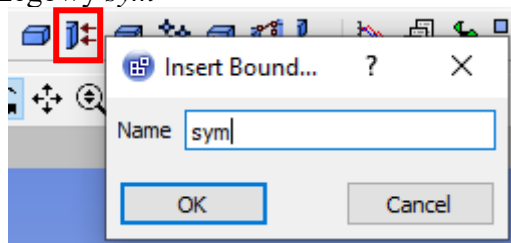
15) Utwórz warunek brzegowy *slipWall*



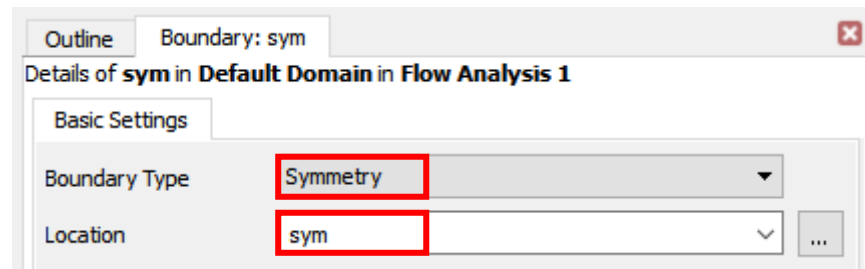
16) Utwórz warunek brzegowy *condensingWall*



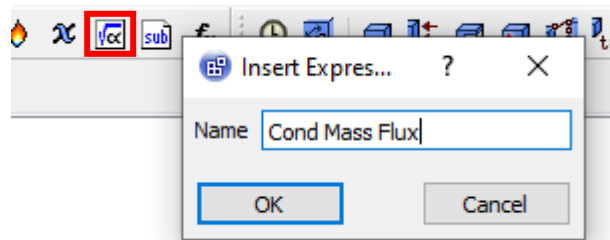
17) Utwórz warunek brzegowy *sym*



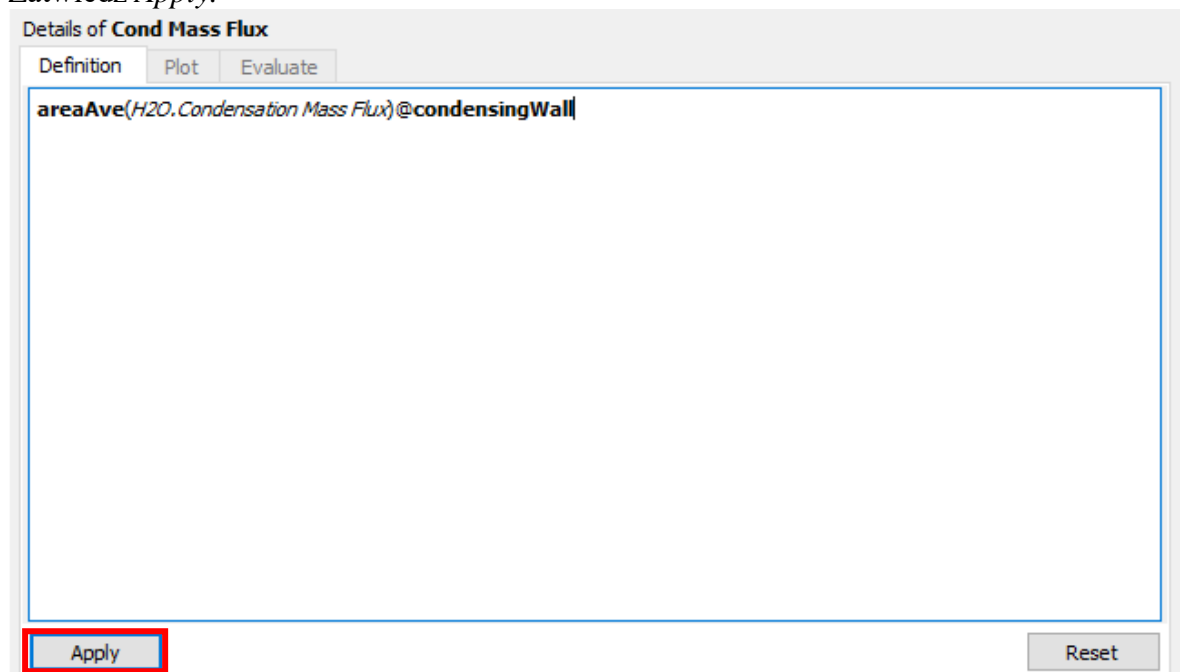
Zastosuj ustawienia jak poniżej i zatwierdź OK.



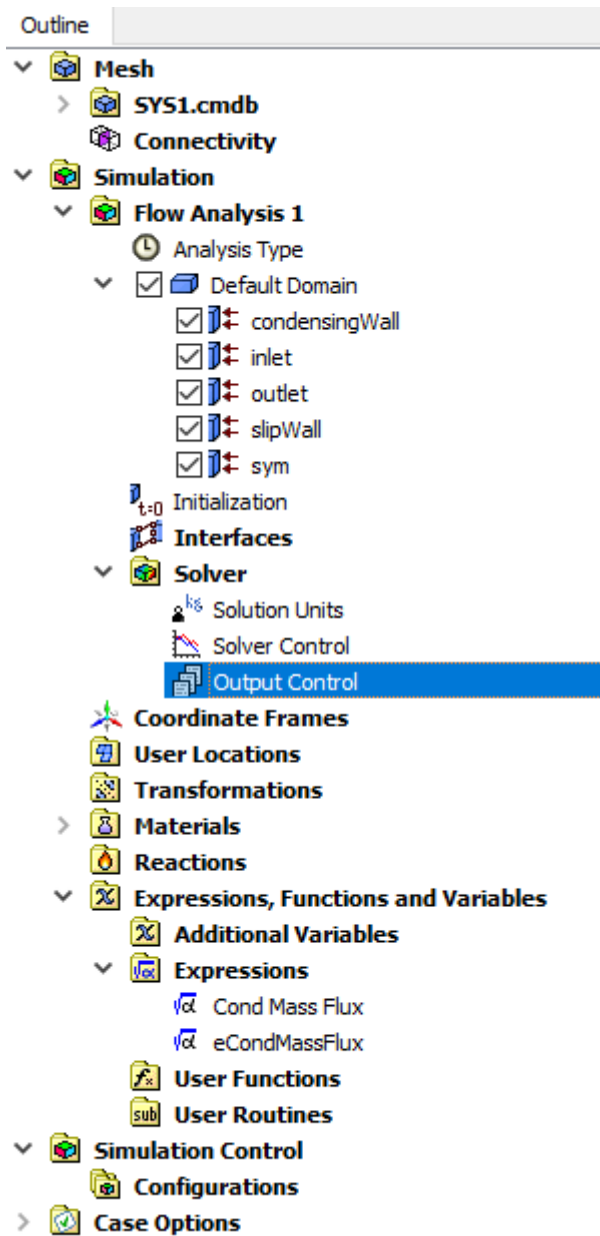
18) Utwórz *expression* o nazwie *Cond Mass Flux*



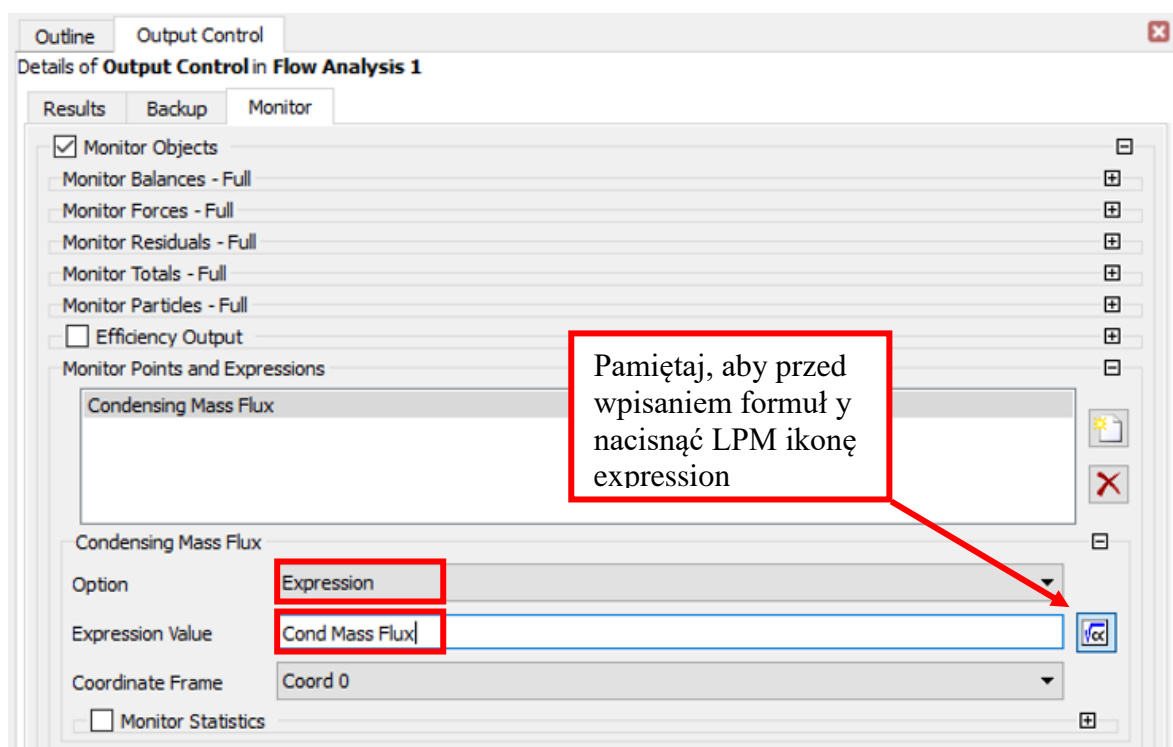
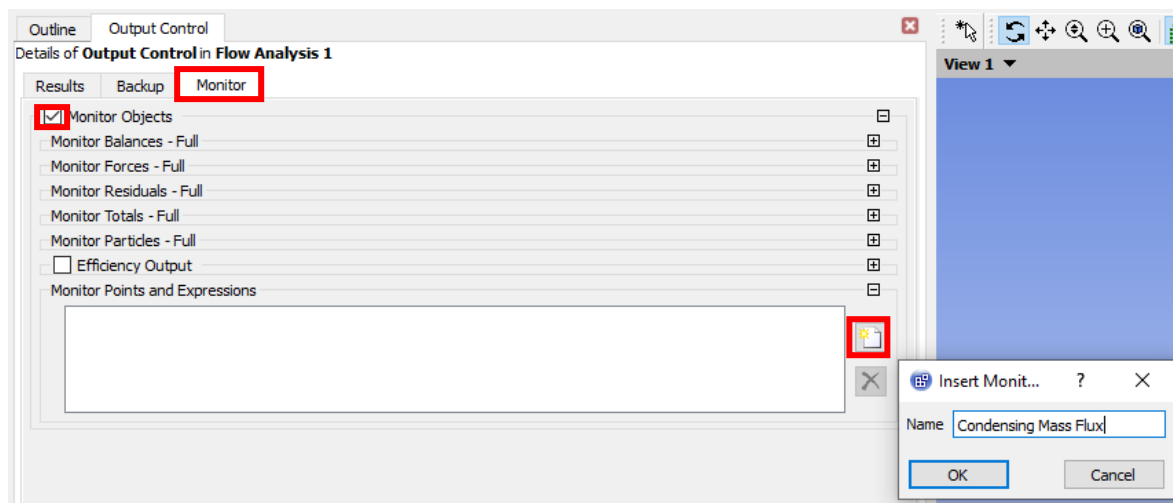
19) Zastosuj następującą definicję: `areaAve(H2O.Condensation Mass Flux)@condensingWall`
Zatwierdź *Apply*.



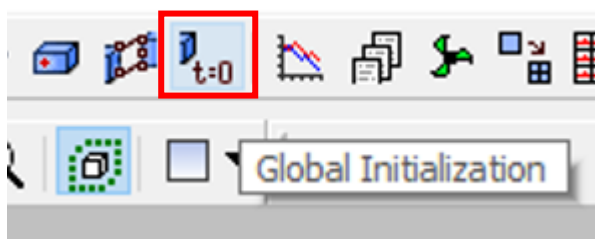
20) Otwórz *Output Control*



Zastosuj poniższe ustawienia i zatwierdź OK.



- 21) Utwórz warunki początkowe przez kliknięcie LPM ikony *Global Initialization* (u góry ekranu, prawie na środku)



Zastosuj ustawienia jak poniżej i zatwierdź OK.

Outline Initialization

Details of **Global Initialization** in **Flow Analysis 1**

Global Settings

☐ Coordinate Frame

Initial Conditions

Velocity Type Cartesian

Cartesian Velocity Components

Option Automatic with Value

U 0.1 [m s⁻¹]

V 0 [m s⁻¹]

W 0 [m s⁻¹]

Static Pressure

Option Automatic with Value

Relative Pressure 0 [Pa]

Temperature

Option Automatic with Value

Temperature 373.15 [K]

Component Details

H2O
































H2O

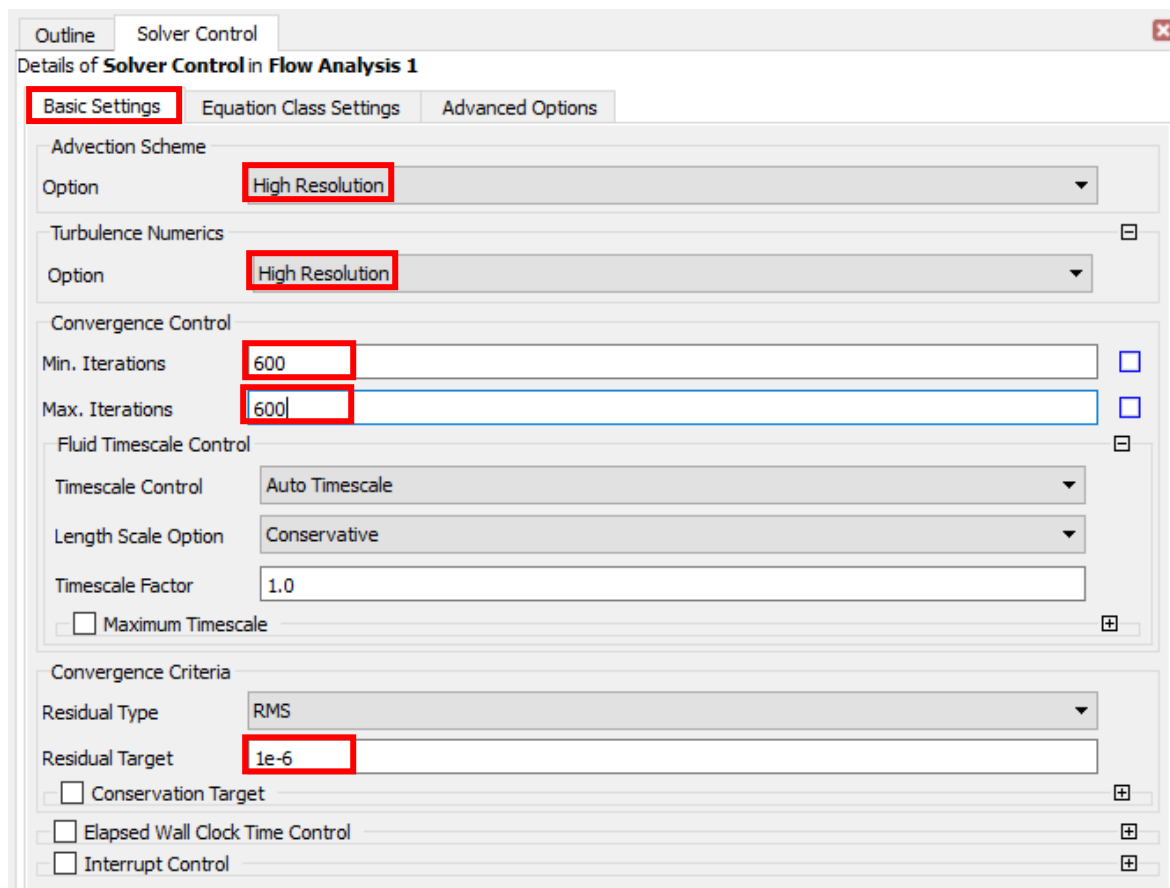
Option Automatic with Value

Mass Fraction 0

22) Otwórz *Solver Control* i zastosuj poniższe ustawienia

Outline

- ✓  **Mesh**
 - >  **SYS1.cmdb**
 -  **Connectivity**
- ✓  **Simulation**
 - ✓  **Flow Analysis 1**
 -  Analysis Type
 - ✓  **Default Domain**
 - ☒  **condensingWall**
 - ☒  **inlet**
 - ☒  **outlet**
 - ☒  **slipWall**
 - ☒  **sym**
 -  Initialization
 -  **Interfaces**
 - ✓  **Solver**
 -  Solution Units
 -  **Solver Control**
 -  Output Control
 -  **Coordinate Frames**
 -  **User Locations**
 -  **Transformations**
 - >  **Materials**
 -  **Reactions**
 - ✓  **Expressions, Functions and Variables**
 -  **Additional Variables**
 -  **Expressions**
 -  **User Functions**
 -  **User Routines**
 - ✓  **Simulation Control**
 -  **Configurations**
 - >  **Case Options**

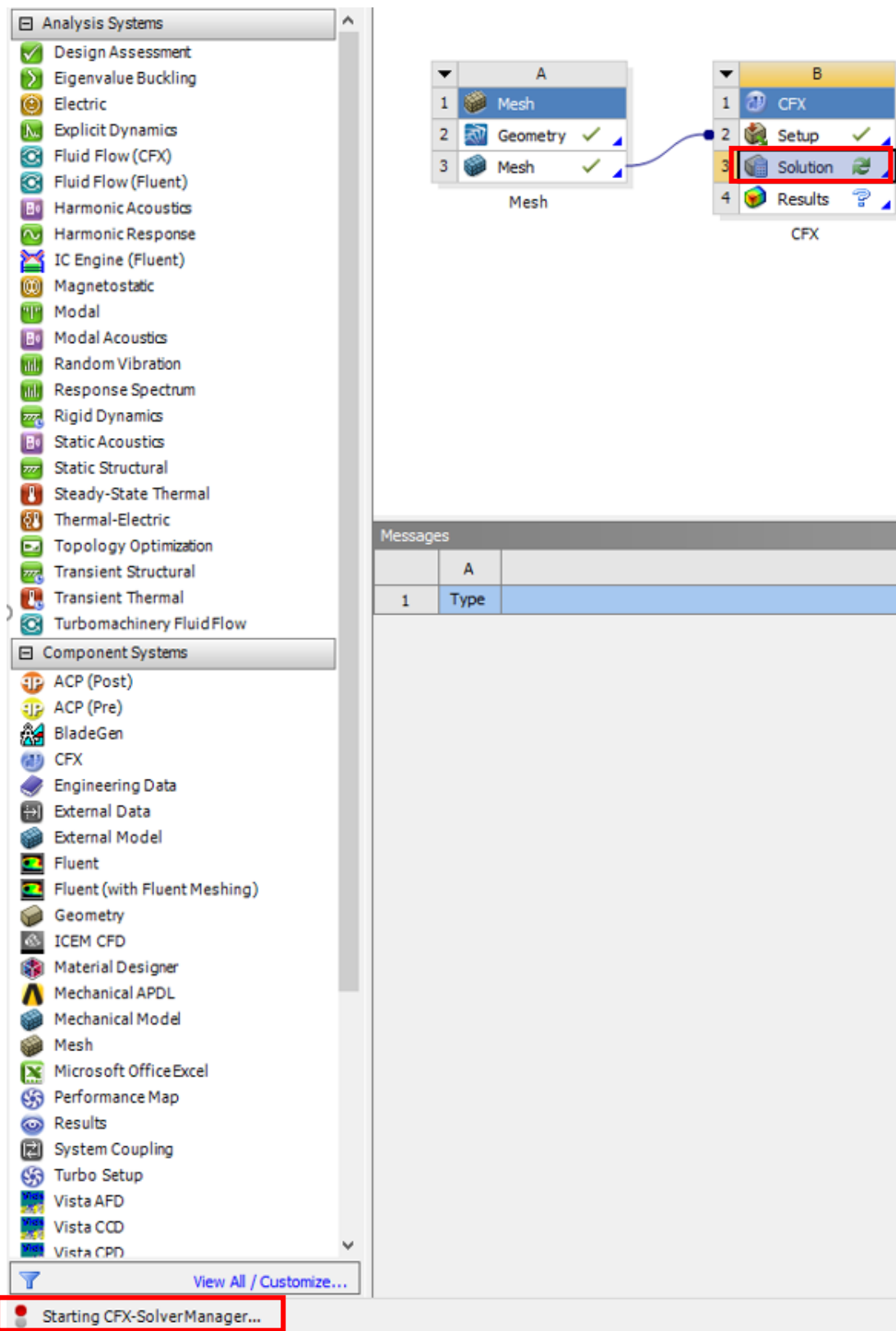


Zatwierdź OK.

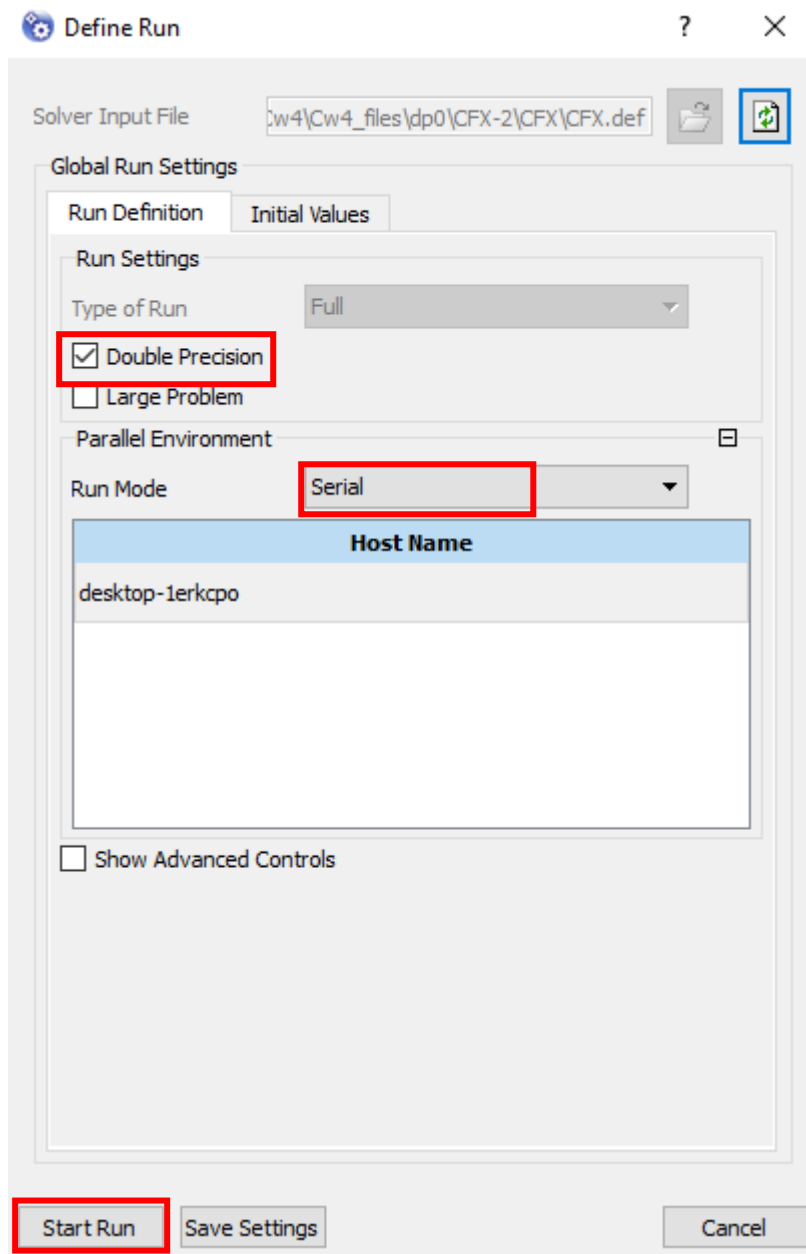
23) Zamknij program *Ansys CFX*.

2.4. OBLICZENIA

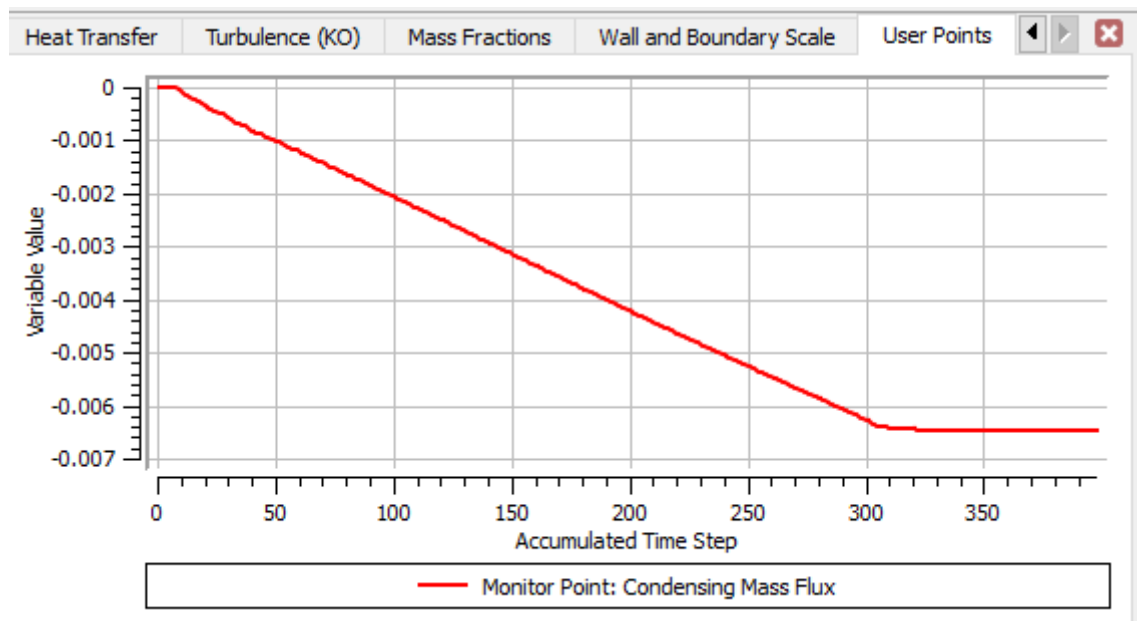
- 1) Kliknij dwukrotnie pole *Solution* w celu uruchomienia programu *Ansys CFX Solver Manager*



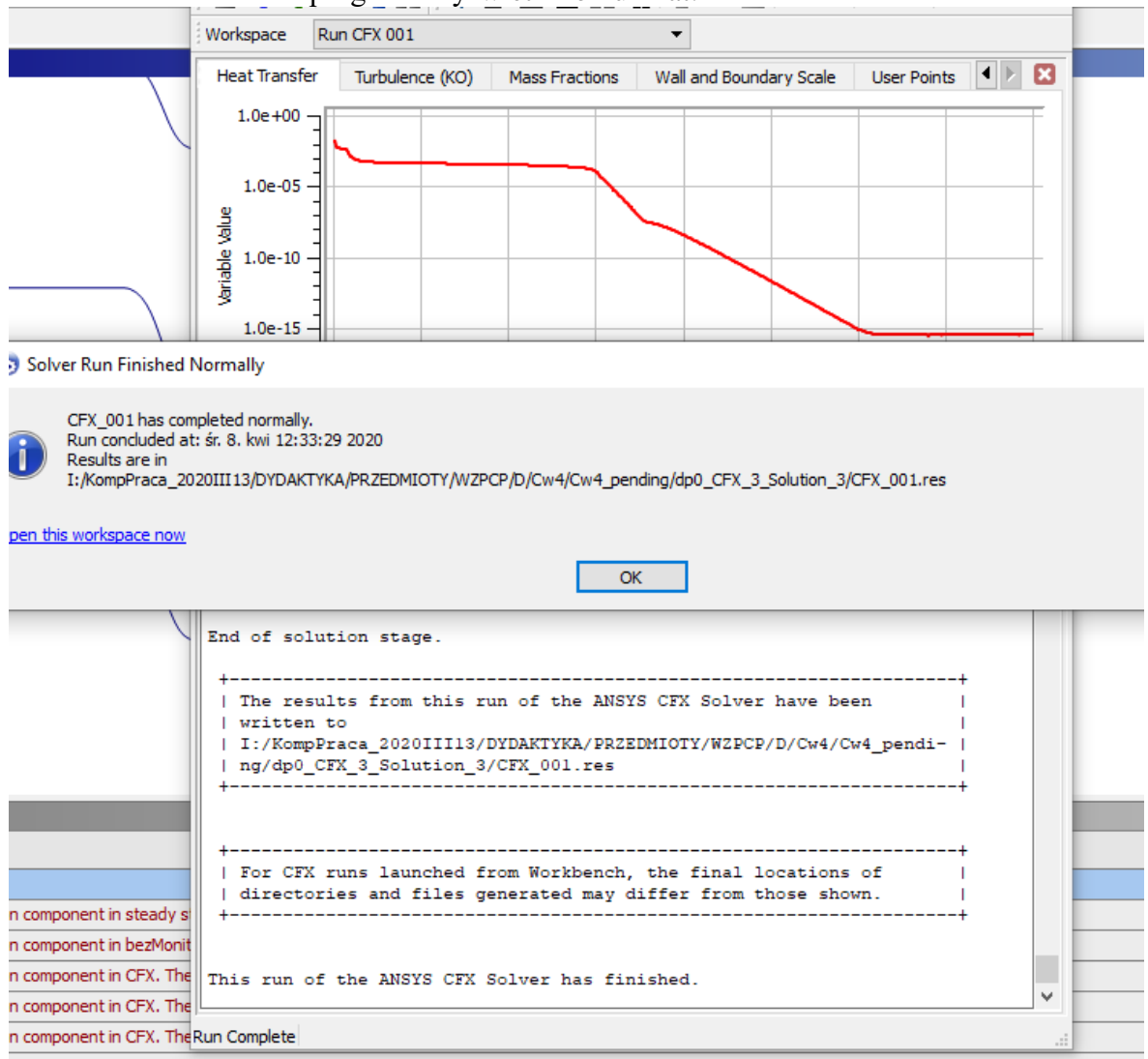
- 2) Zastosuj poniższe ustawienia i naciśnij *Start Run*. Program wykona obliczenia. Zaczekaj kilka chwil na komunikat o zakończeniu obliczeń.



- 3) Obliczenia trwają około 10 minut. Obserwuj poszczególne zakładki reziduów jak się zmieniają. Szczególnie zwróć uwagę na zakładkę *User Point*, gdzie pokazany jest strumień skondensowanej pary w każdej iteracji. Stan ustalony będzie osiągnięty, gdy krzywa ustabilizuje się, co nastąpi po około 350 iteracjach. Dodatkowe 250 iteracji (ustawione zostały 600 iteracji w punkcie 2.3.22) zostają przeprowadzone, aby wszystkie reziduły też się ustabilizowały.



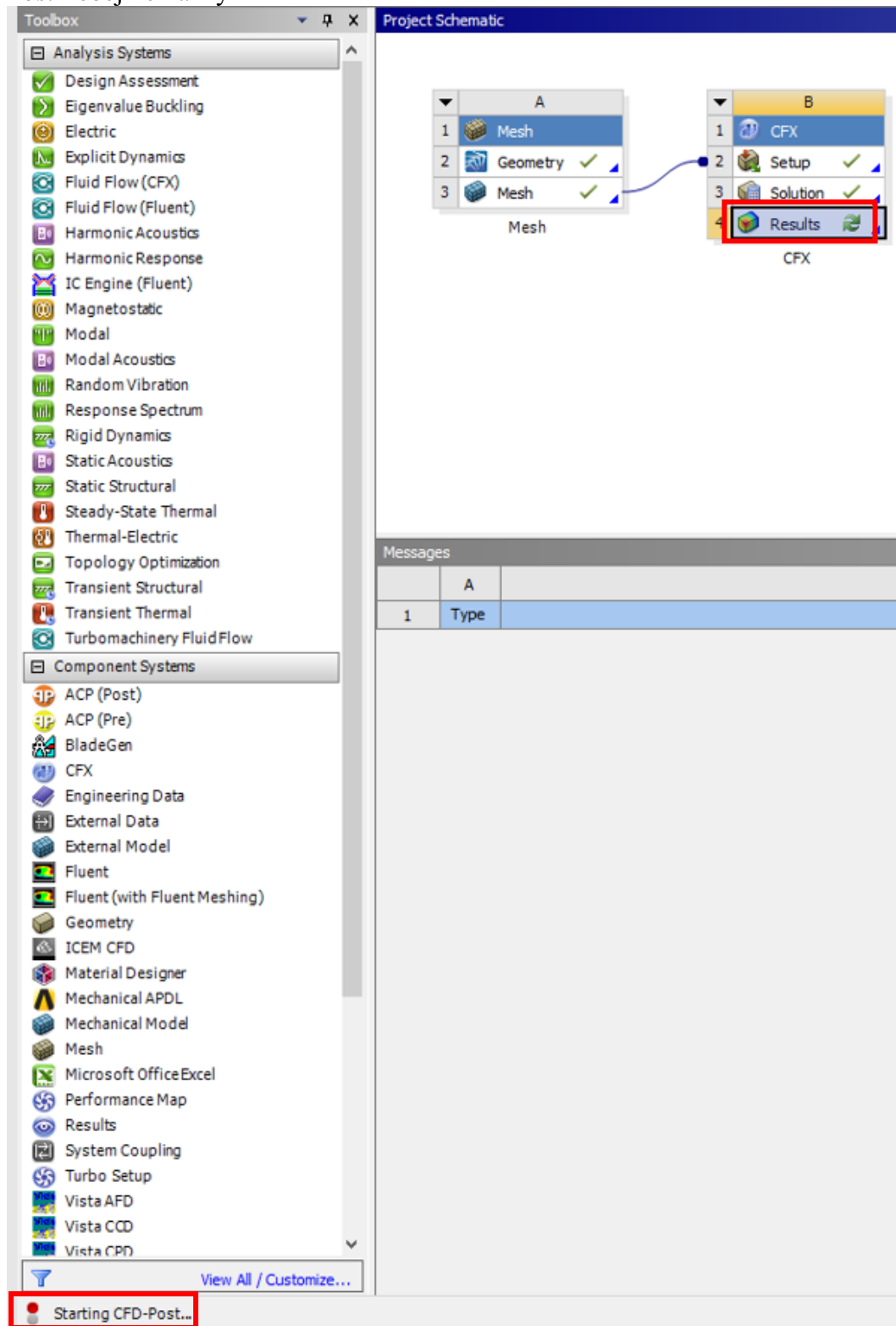
- 4) Po skończeniu obliczeń program wyświetli komunikat:



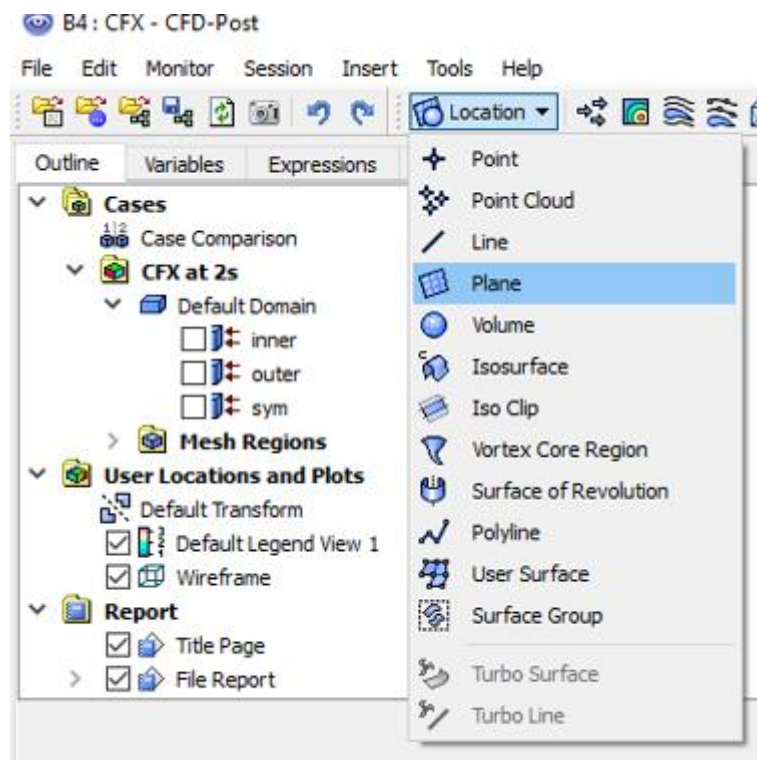
- 5) Zatwierdź OK i zamknij Ansys CFX Solver Manager. Zapisz projekt w Workbench.

2.5. OPRACOWANIE WYNIKÓW

- 1) Kliknij dwukrotnie LPM *Results* w celu uruchomienia programu *Ansys CFD Post* i obejrzenia wyników



- 2) Z menu *Location* wybierz *Plane*

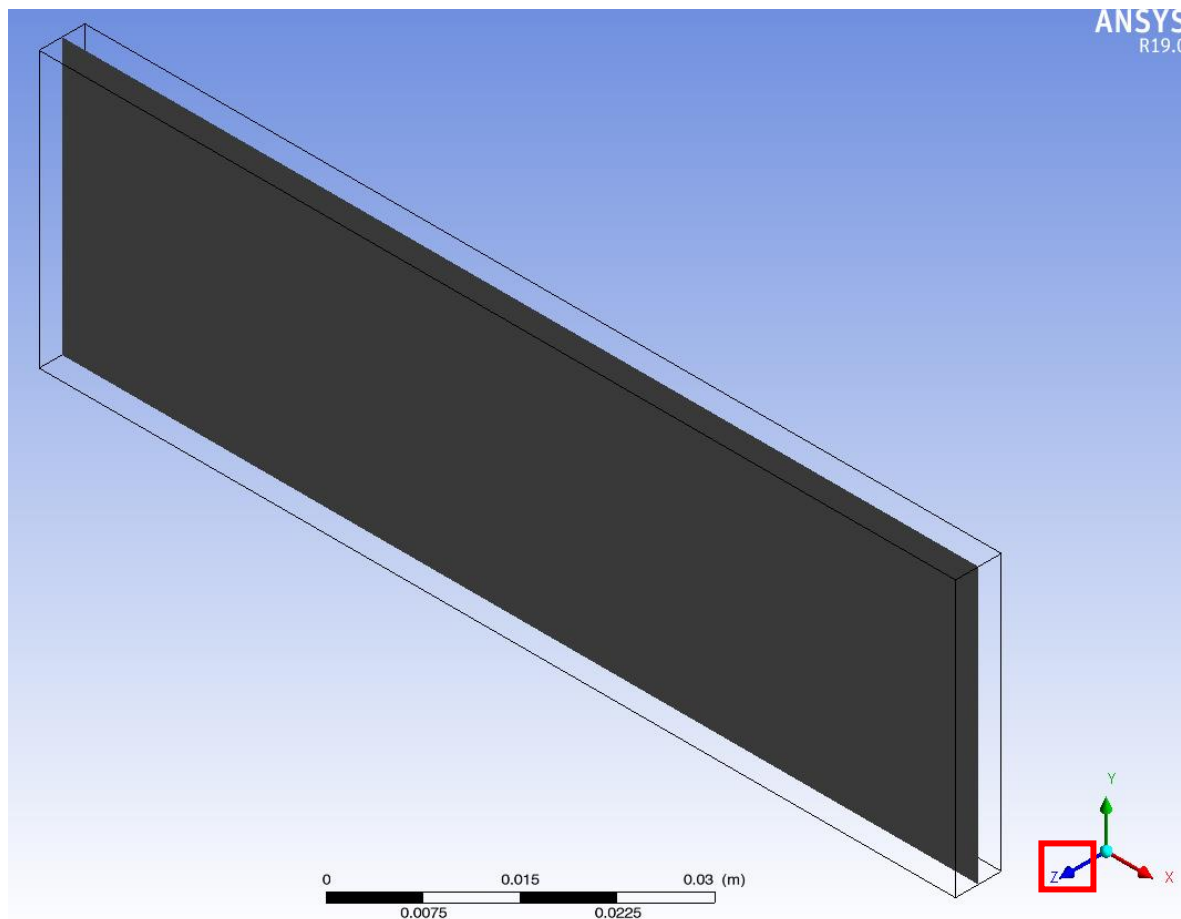


Zastosuj poniższe ustawienia i zatwierdź *Apply*.

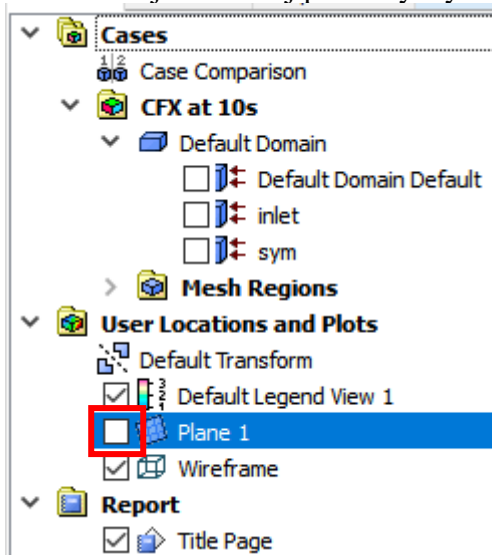
Details of **Plane 1**

Geometry	Color	Render	View
Domains	All Domains		
Definition	<div>Method</div> <div>XY Plane</div> <div>Z</div> <div>0.0025 [m]</div>		
Plane Bounds	<div>Type</div> <div>None</div>		
Plane Type	<div> <input checked="" type="radio"/> Slice <input type="radio"/> Sample </div>		

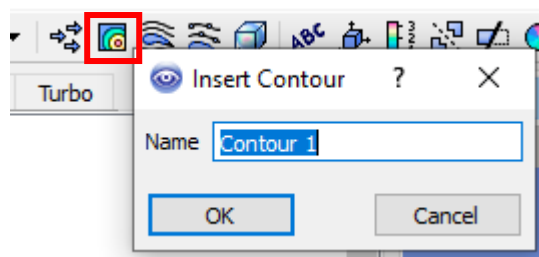
3) LPM naciśnij oś X



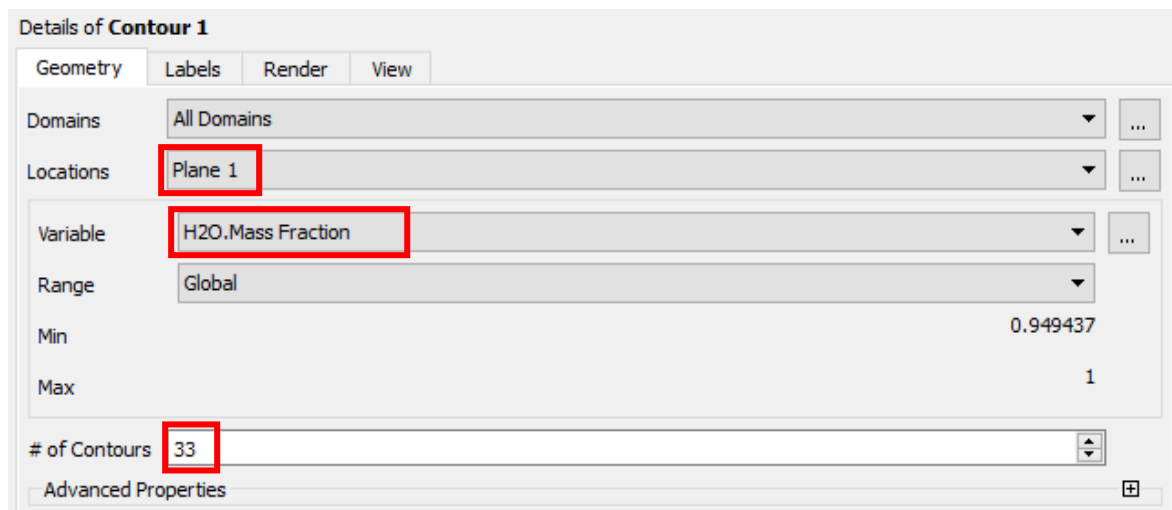
4) Odznacz widoczność utworzonej wcześniej płaszczyzny.



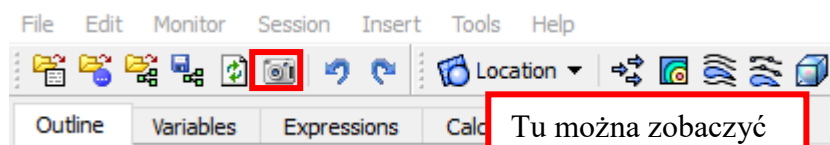
5) Wybierz tworzenie konturów i zatwierdź OK.



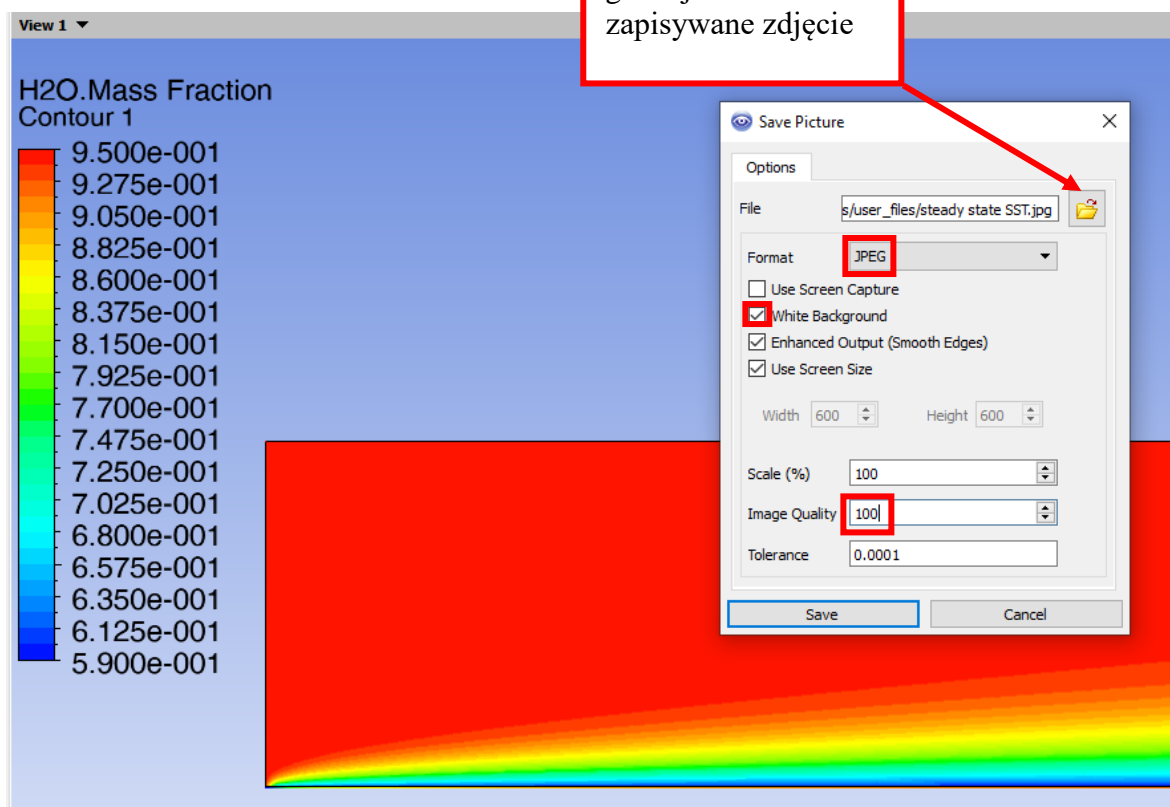
Zastosuj poniższe ustawienia i zatwierdź *Apply*.



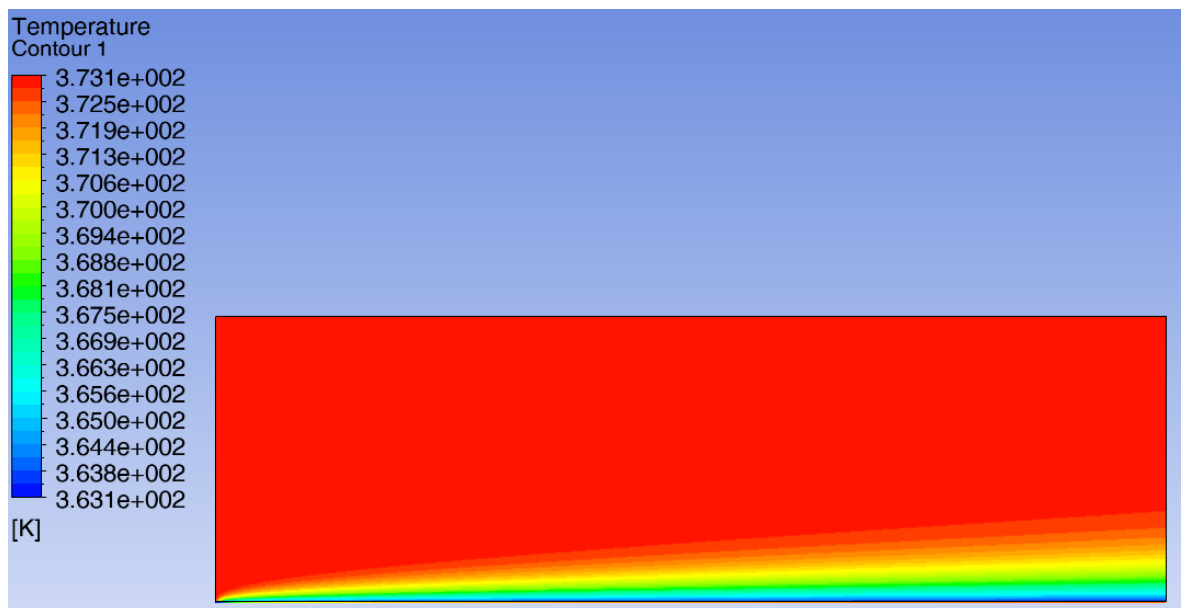
- 6) Zapisz zdjęcie konturów frakcji wody. Do tego celu możesz też użyć ikony



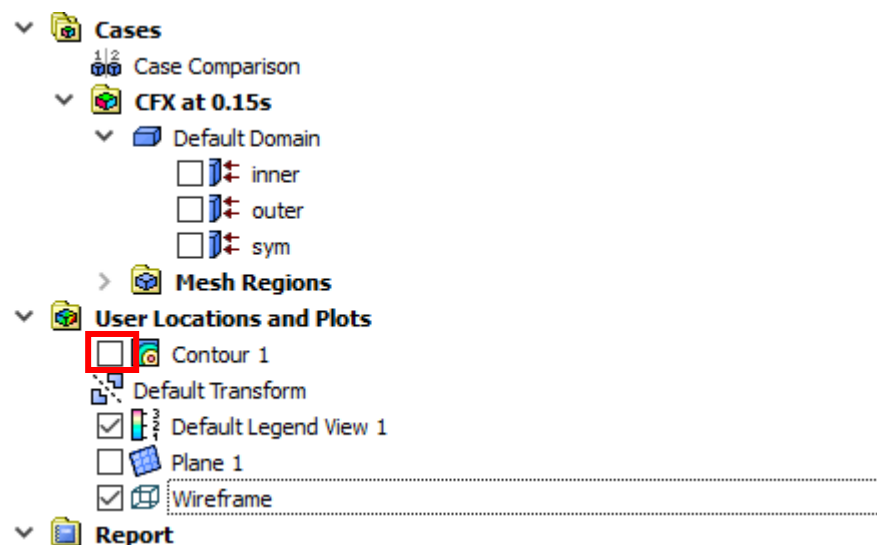
Tu można zobaczyć
gdzie jest
zapisywane zdjęcie



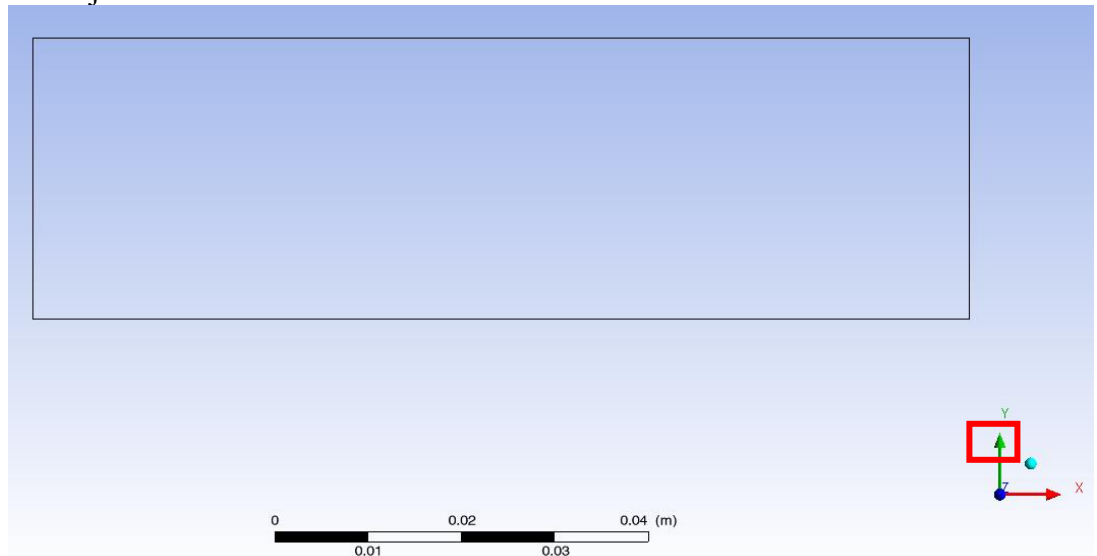
- 7) Zapisz zdjęcie konturów temperatury. Aby to zrobić kliknij dwukrotnie LPM na utworzone w drzewie kontury i zmień zmienną na *Temperature*.




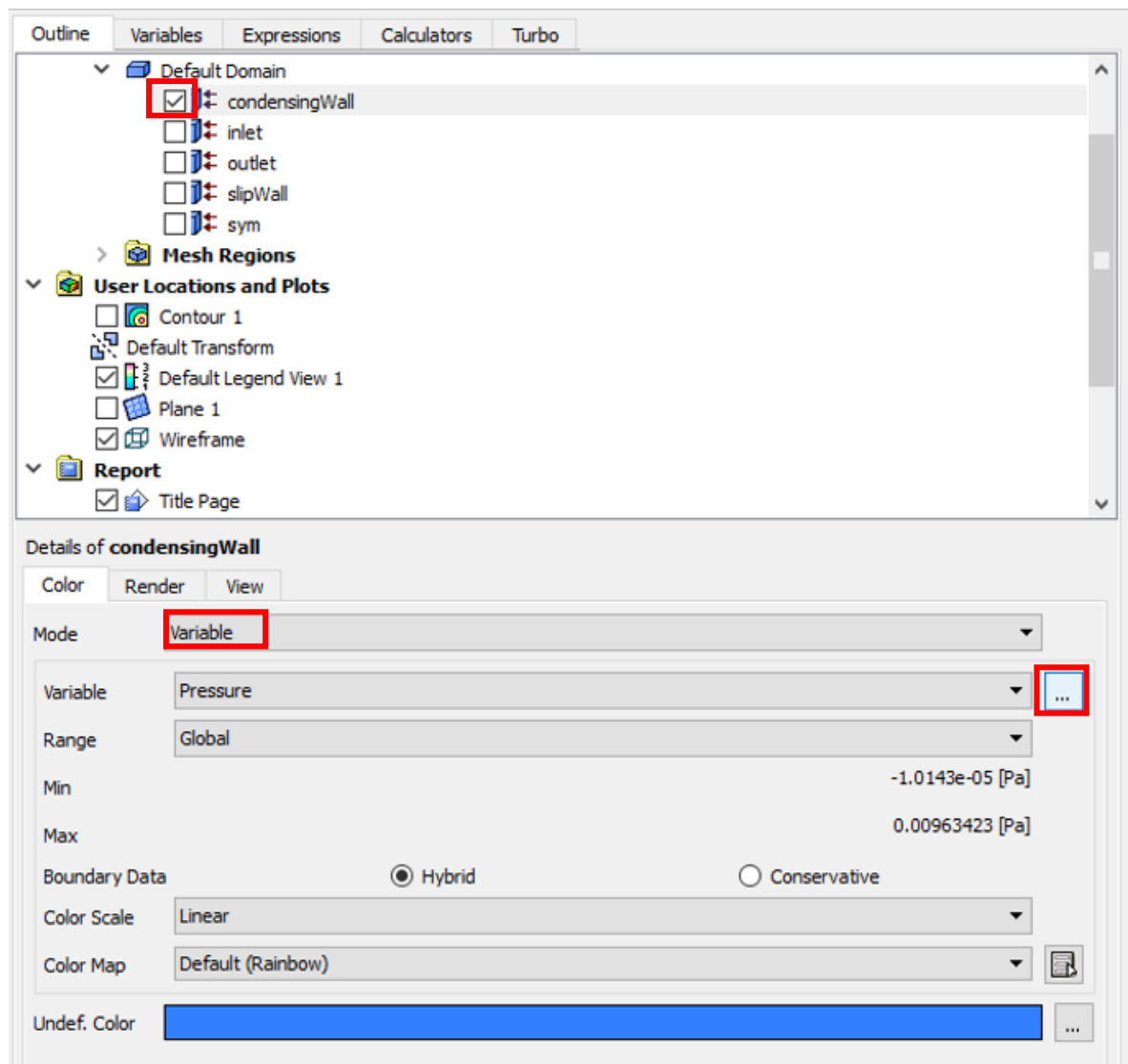
- 8) Zapisz zdjęcie konturów prędkości. Aby to zrobić kliknij dwukrotnie LPM na utworzone w drzewie kontury i zmień zmienną na *Velocity*.
- 9) Następnie wyłącz widoczność konturów.



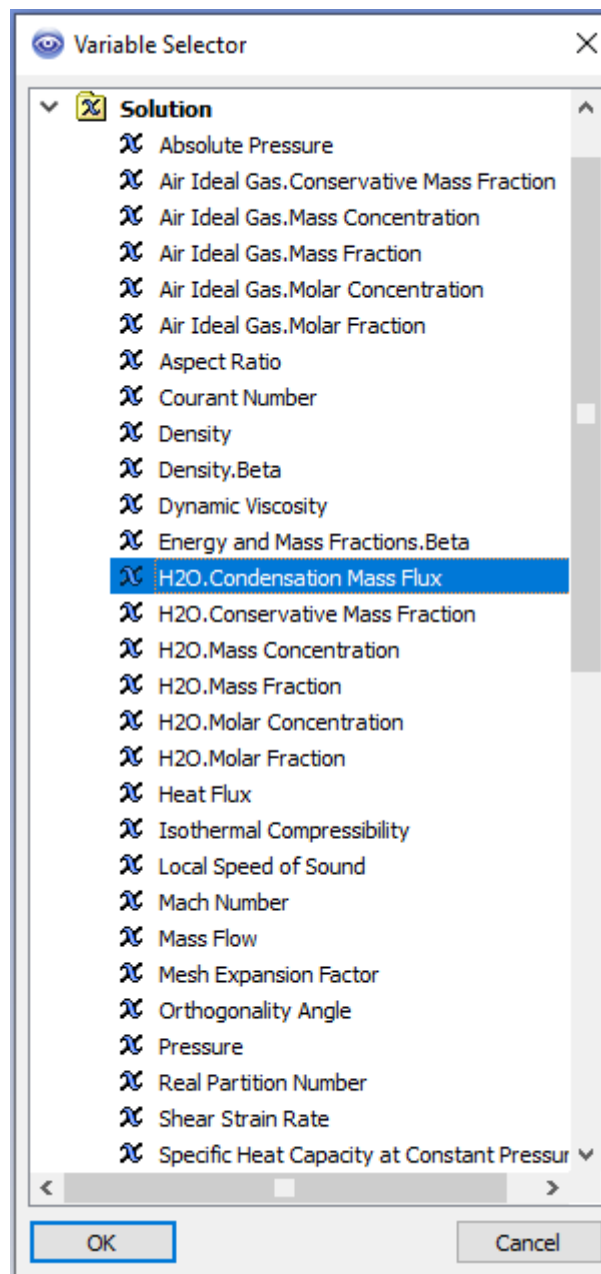
10) Kliknij LPM na oś Y



11) W drzewku systemowym włącz widoczność powierzchni *condensingWall* i następnie dwukrotnie kliknij LPM w nazwę *condensingWall*. Zastosuj poniższe ustawienia i kliknij ikonę 



Wybierz zmienną *H2O.Condensation Mass Flux* i zatwierdź OK.



Zatwierdź *Apply*.

Details of **condensingWall**

Color Render View

Mode Variable

Variable H2O.Condensation Mass Flux

Range Global

Min -9.95362e-07 [kg s⁻¹ m⁻²]

Max 0 [kg s⁻¹ m⁻²]

Boundary Data ☒ Hybrid ☐ Conservative

Color Scale Linear

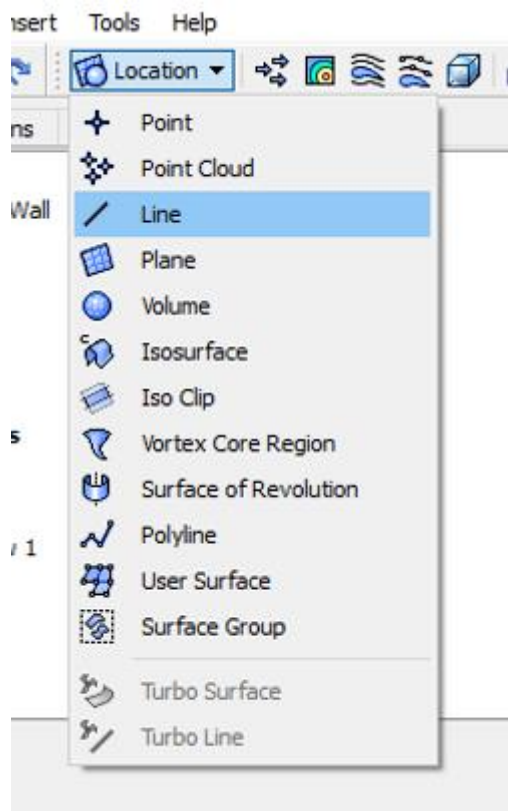
Color Map Default (Rainbow)

Undef. Color

Apply Reset Defaults

Zapisz zdjęcie.

- 12) Wyłącz widoczność powierzchni *condensingWall* w drzewie systemowym.
- 13) Utwórz linię i zastosuj następujące ustawienia:



Details of **Line 1**

Geometry Color Render View

Domains All Domains ...

Definition

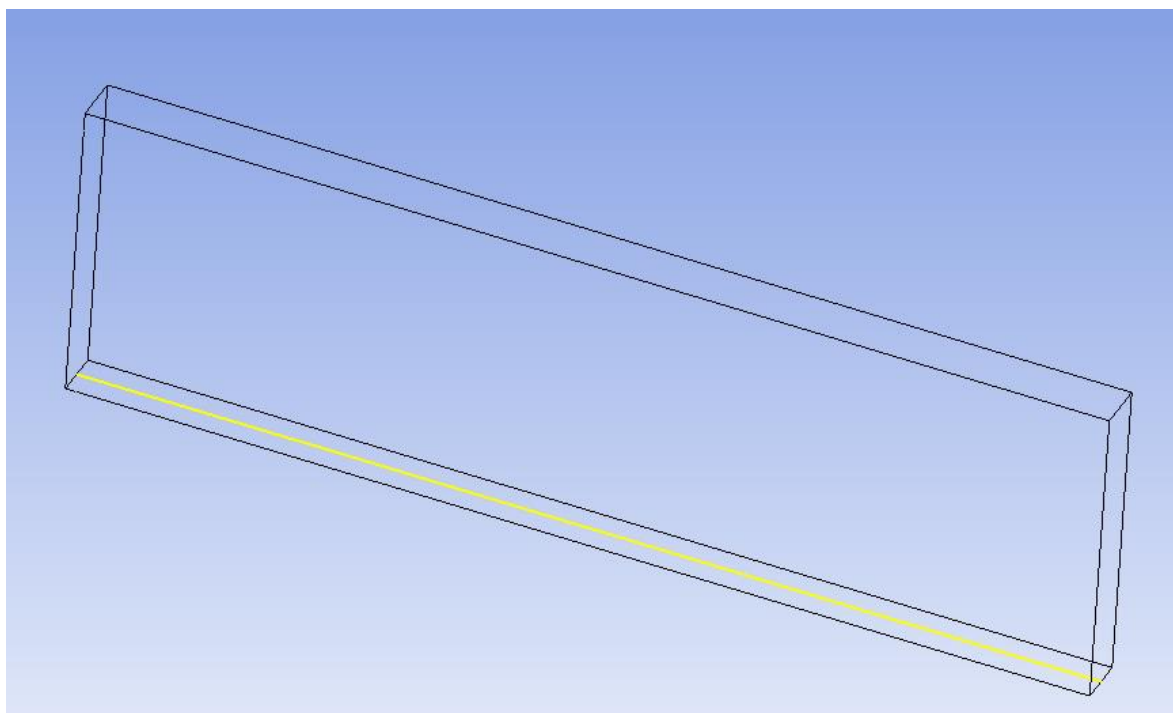
Method Two Points

Point 1	0	0	0.0025
Point 2	0.1	0	0.0025

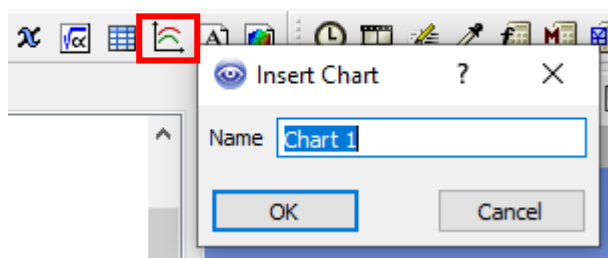
Line Type

☐ Cut ☒ Sample

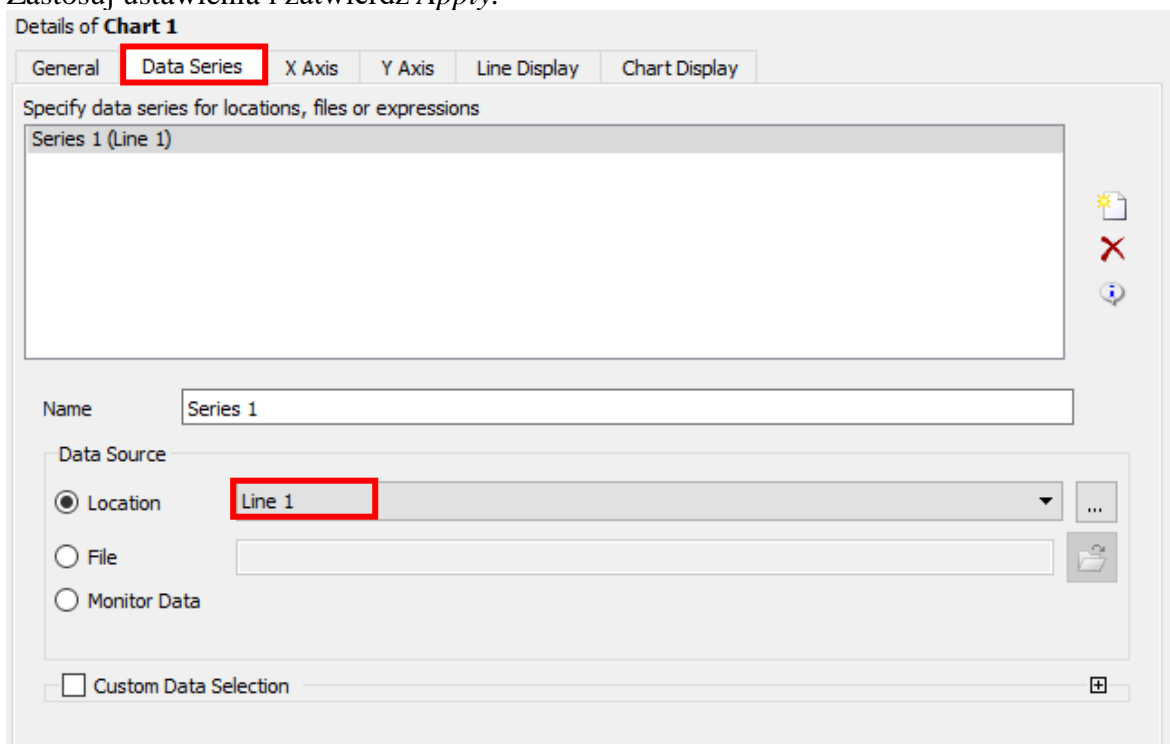
Samples 10



14) Utwórz wykres



15) Zastosuj ustawienia i zatwierdź *Apply*.



Details of **Chart 1**

General Data Series **X Axis** Y Axis Line Display Chart Display

Data Selection

Variable **X** ...

Boundary Data ☐ Hybrid ☒ Conservative

☐ Take absolute value of data points

Axis Range

☒ Determine ranges automatically

Min -1.0 Max 1.0

☐ Logarithmic scale ☐ Invert axis

Axis Number Formatting

☒ Determine the number format automatically

Precision 3 Scientific

Axis Labels

☒ Use data for axis labels

Custom Label X Axis <units>

Details of **Chart 1**

General Data Series X Axis **Y Axis** Line Display Chart Display

Data Selection

Variable **H2O.Condensation Mass Flux** ...

Boundary Data ☒ Hybrid ☐ Conservative

☒ Take absolute value of data points

Axis Range

☒ Determine ranges automatically

Min -0.001 Max 0

☐ Logarithmic scale ☐ Invert axis

Axis Number Formatting

☒ Determine the number format automatically

Precision 3 Scientific

Axis Labels

☒ Use data for axis labels

Custom Label Y Axis <units>

16) Wyeksportuj wyniki wykresu do pliku csv

Wyniki jakie należy umieścić w raporcie:

- I. Kontury rozkładów udziału masowego wody w domenie obliczeniowej.
- II. Kontury rozkładów temperatury w domenie obliczeniowej.
- III. Kontury rozkładów prędkości w domenie obliczeniowej.
- IV. Zdjęcie zmiennej *H2O.Condensation Mass Flux* na powierzchni zimnej ściany.
- V. Porównaj na jednym wykresie wyniki analityczne (1) i numeryczne (wyniki z wyeksportowanego pliku csv).

Dla rozważanego przypadku istnieje rozwiązanie analityczne przedstawione przez Sparrowa i in. [1]. Strumień masy kondensującej pary m_{cond} zmienia się wzdłuż płyty następująco

$$m_{cond} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\rho \mu U_{\infty}}{x}} F(0) \quad (1)$$

gdzie

ρ gęstość mieszaniny, kg/m³

μ lepkość dynamiczna mieszaniny, Pa s

U_{∞} prędkość przepływu niezaburzonego (wlotowa), m/s

x współrzędna wzdłuż długości płyty, m

$F(0)$ funkcja zależna min. od udziału masowego gazu niekondensującego

Do obliczeń analitycznych proszę dla uproszczenia przyjąć właściwości kondensatu w temperaturze nasycenia 100°C. Potrzebne wartości zmiennych przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Wartości zmiennych, które należy podstawić do równania (1)

ρ kg/m ³	μ Pa s	U_{∞} m/s	$F(0)$
958,35	0,000281745	0,1	0,05

Na wykresie nie przedstawiać wyników dla $x = 0$.

Zadania nieobowiązkowe:

- 1) Wykonaj obliczenia dla frakcji masy pary wodnej 50% i porównaj z przypadkiem podstawowym zestawiając odpowiednio ze sobą wyniki I)-V).
- 2) Oblicz współczynnik wnikania na powierzchni płyty dla obu przypadków.

3. LITERATURA

- [1] Ansys CFX Solver Modeling Guide, v 14.0, 2011.
- [2] E.M. Sparrow, W.J. Minkowycz, M. Saddy, Forced Convection condensation in the presence of noncondensables and interfacial resistance, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 10, pp. 1829-1845, 1967.