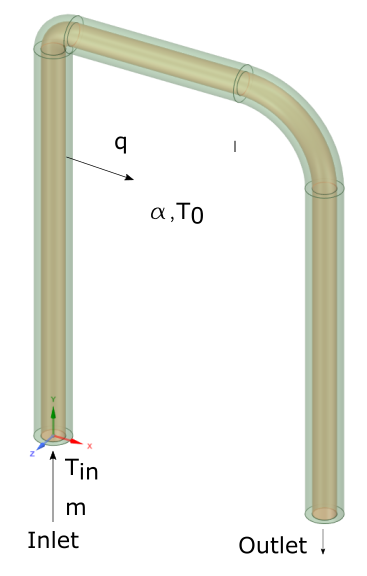
## Wstęp

Tematem ćwiczenia jest analiza przepływu gazu przez zaizolowany kanał o przekroju kołowym. Model CFD obejmuje fragment rurociągu, przedstawiony na rys. 1, transportującego gorący czynnik i składający się z prostych odcinków, połączonych kolankami.

  
Rys.1: Przedstawienie graficzne założeń analizy numerycznej.

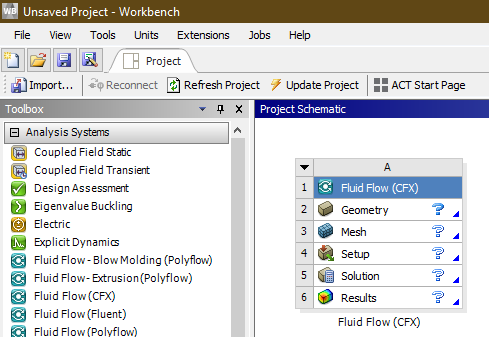
Celem ćwiczenia jest wykonanie modelu numerycznego na podstawie danych obliczonych w projekcie instalacji z ćwiczenia 1.

Przed rozpoczęciem pracy określ projektową moc mechaniczną netto instalacji energetycznej z ćwiczenia 1. Wybierz wartość z przedziału od 10 kW do 1 MW. Na tej podstawie dobierz parametry wejściowe do modelu obiegu Braytona (w tym rodzaj gazu i jego strumień masy). Oblicz i podaj w formie tabeli:

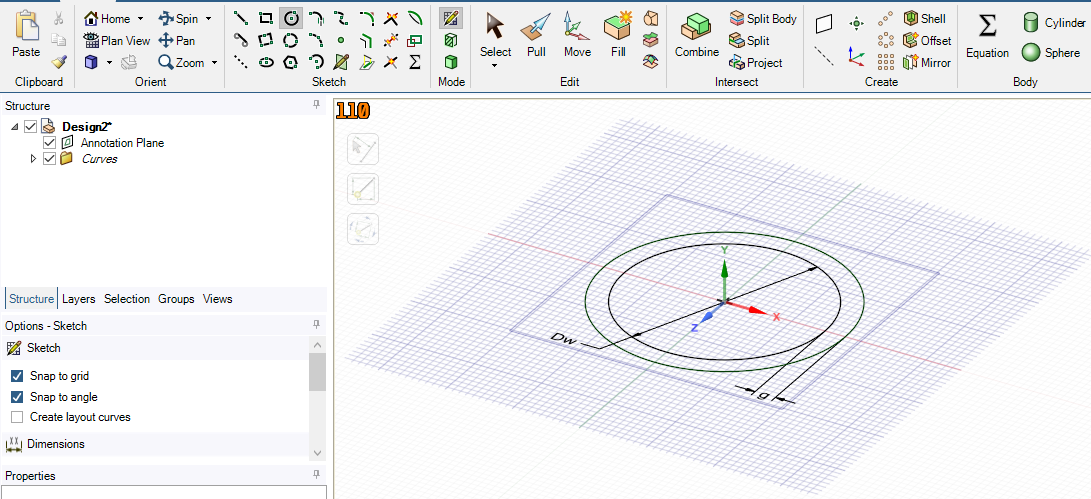
* Czynnik roboczy
* Strumień masy czynnika
* Parametry w punktach charakterystycznych obiegu
* Ciepło dostarczone i odebrane z obiegu
* Moc mechaniczna netto
* Sprawność termodynamiczna obiegu

## Przygotowanie geometrii

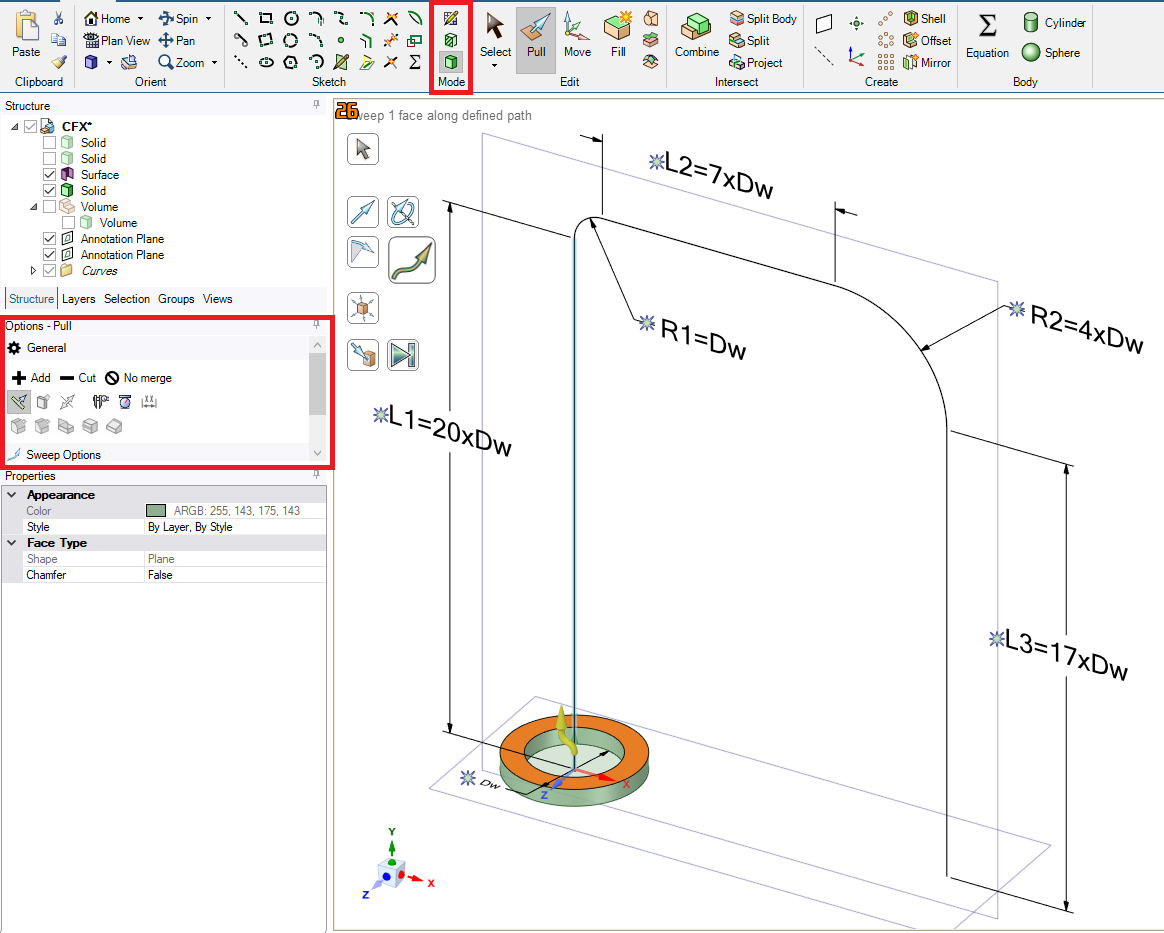
1. Stwórz projekt w Workbenchu i umieść w nim moduł analizy Fluid Flow (CFX), tak jak na rys. 2.

  
Rys. 2: Projekt analizy numerycznej w Workbenchu.

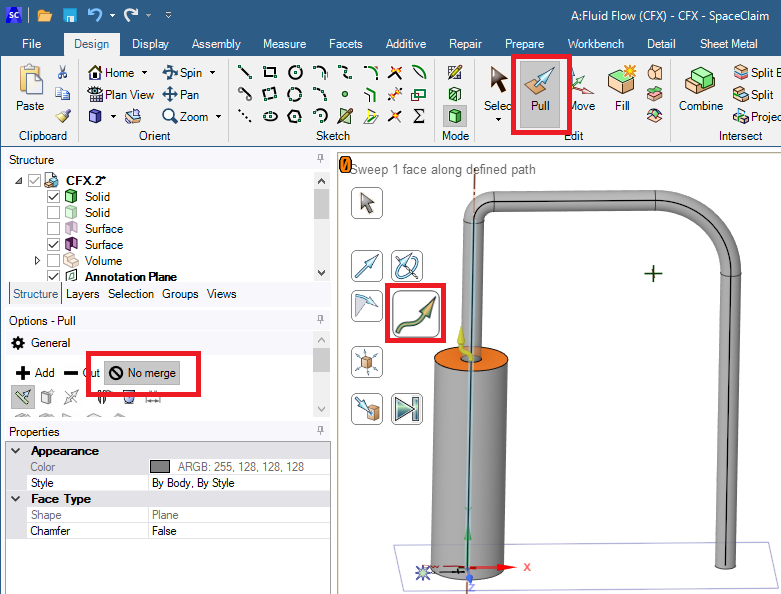
1. Zaprojektuj geometrię do analizy i wykonaj ją w module SpaceClaim.
   1. Oblicz projektową średnicę kanału. Wymiar ten powinien zapewnić, że prędkość przepływu gazu nie przekroczy .
   2. Grubość ścianki rury przyjmij, jako i utwórz szkic (sketch) przekroju kanału (rys. 3).

  
Rys. 3: Przekrój rurociągu.

* 1. Utwórz szkic wyznaczający trasę rurociągu i wyciągnij wzdłuż niej kanał funkcją pull zgodnie z rys. 4. Do przełączania się pomiędzy trybami widoku w SpaceClaim użyj przycisków z sekcji Mode.

  
Rys. 4: Trasa analizowanego fragmentu rurociągu.

* 1. Podobnie, poprzez wyciągnięcie, utwórz geometrię izolacji o grubości (rys. 5). Skorzystaj z opcji No merge.

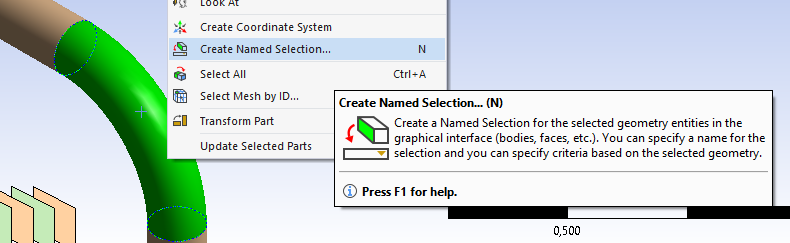
  
Rys. 5: Procedura wyciągnięcia elementu.

* 1. Utwórz objętość płynu wewnątrz rurociągu narzędziem:

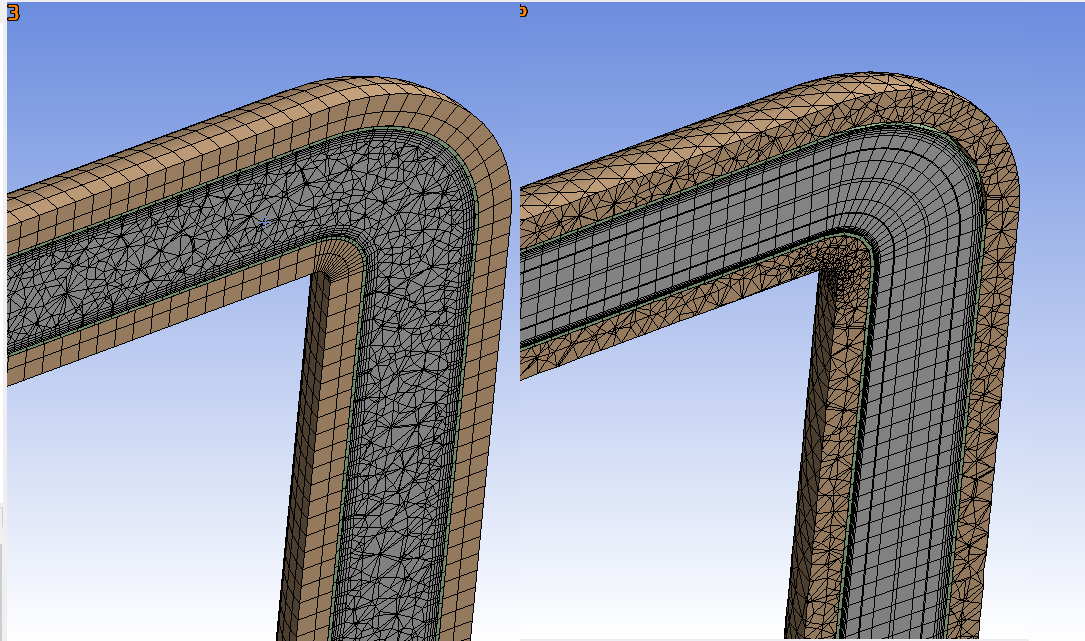
|  |  |
| --- | --- |
| Prepare -> Volume Extract |  |

## Dyskretyzacja i parametryzacja siatki numerycznej

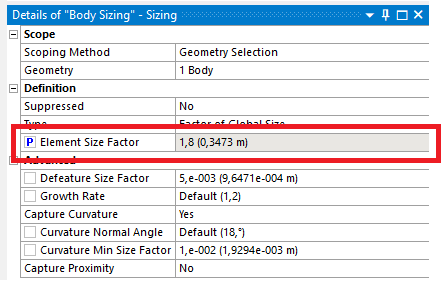
1. Przejdź do modułu Ansys Meshing i zweryfikuj poprawność importu geometrii. Powinna składać się ona z trójwymiarowych obiektów odpowiadających płynowi, rurze i izolacji.
2. Utwórz nazwy poszczególnych brył i ścian, tak aby odpowiadały planowanym warunkom brzegowym (rys. 6). Przykładowe nazwy brył: płyn, rura, izolac; nazwy powierzchni: inlet, outlet, plyn\_zew, rura\_wew, rura\_zew, izolac\_in, izolac\_out.

  
Rys.6: Nadawanie nazw grupom brył i powierzchni modelu.

1. Dostosuj typ i parametry siatki numerycznej za pomocą narzędzi:
   1. Method
   2. Sizing
   3. Inflation
2. Wygeneruj siatkę numeryczną (rys. 7) o liczbie elementów równej około 60 tys.

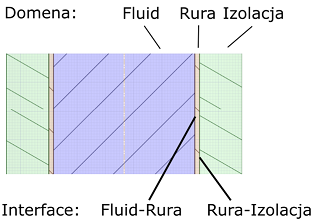
  
Rys. 7: Przykłady gotowych siatek numerycznych w różnych konfiguracjach.

1. Ustaw wielkość siatki płynu, jako parametr (rys. 8).

  
Rys. 8: Parametryzacja wielkości siatki numerycznej.

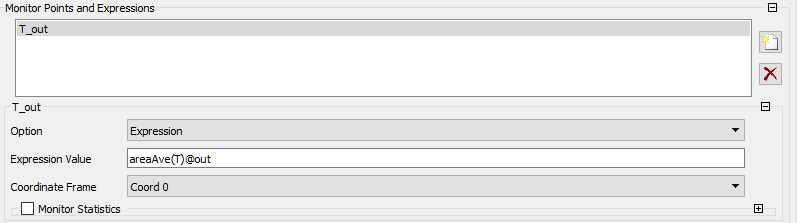
## Ustawienia modelu i warunki brzegowe

1. W module CFX-Pre ustaw typ analizy, tak aby wykonać obliczenia w stanie ustalonym.
2. Utwórz domeny: płynu, rury i izolacji. Zdefiniuj stan skupienia substancji, jej rodzaj (Material). W szczególności ustaw:
   1. Domena płynu:
      1. Buoyancy Model: Buoyant
      2. Heat Transfer: Total Energy
      3. Turbulence: k-epsilon
   2. Domena rury i izolacji:
      1. Heat Transfer: Thermal Energy
3. Utwórz warunki brzegowe oraz interface’y pomiędzy domenami (rys. 9).

  
Rys. 9: Układ połączeń pomiędzy domenami.

* 1. W zakładce Additional Interface Models ustaw opcję Heat Transfer: Conservative Interface Model.

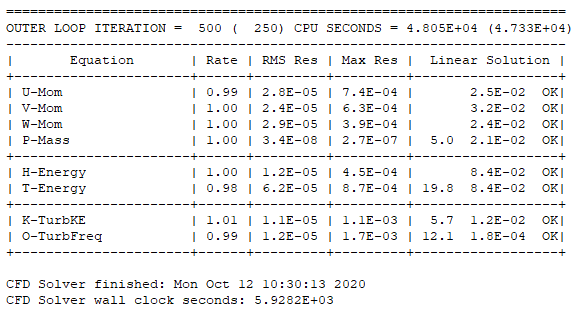
1. W Output Control utwórz Monitor, obrazujący strumień ciepła oddawanego do otoczenia przez izolację (rys. 10).

  
Rys. 10: Tworzenie monitora obliczeń.

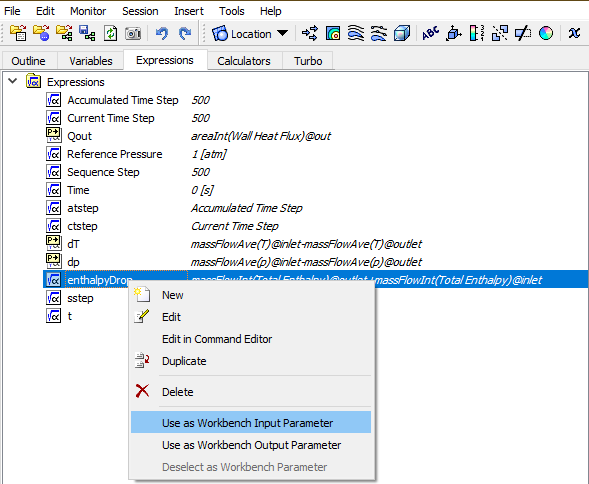
1. Ustaw maksymalną liczbę iteracji na i kryterium zbieżności na w menu Solver Control.

## Obliczenia i wizualizacja wyników

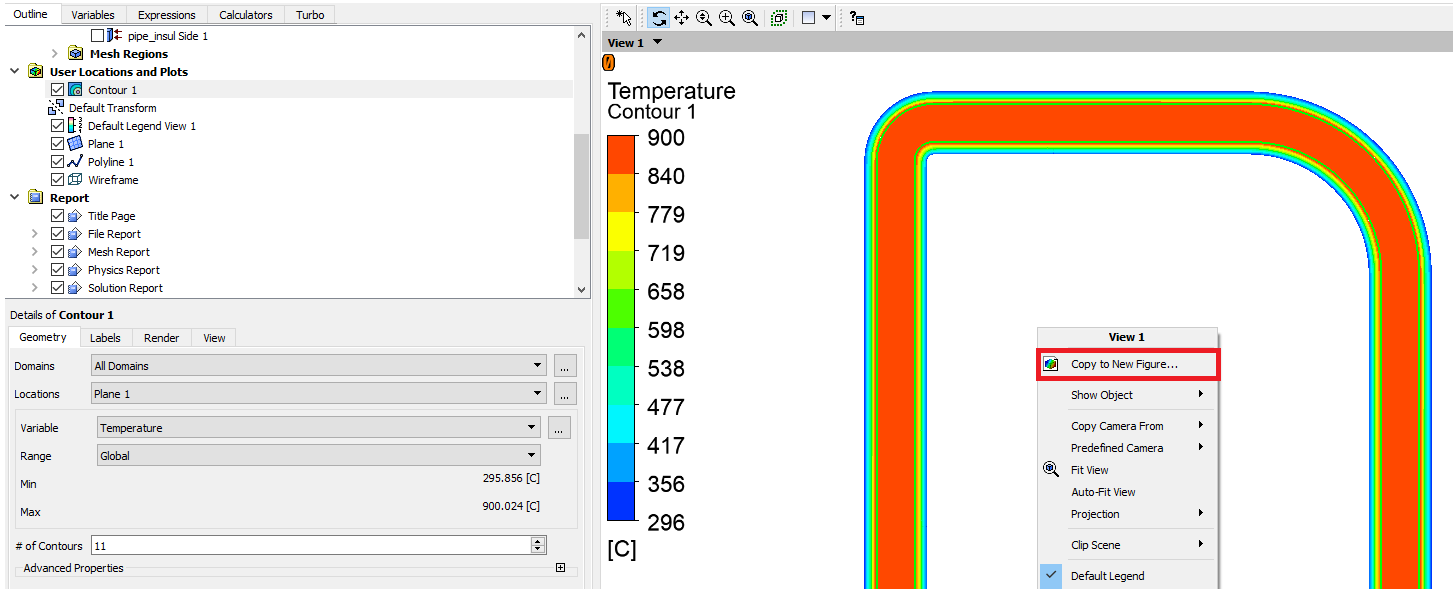
1. Oblicz przypadek bazowy za pomocą modułu Solve. Zanotuj końcową wartość kryterium RMS zbieżności dla równań: ciągłości, pędu i energii, a także czas obliczeń (rys. 11).

  
Rys. 11: Podsumowanie działania Solvera.

1. W CFD-Post utwórz wyrażenia obliczające:
   1. Spadek temperatury płynu pomiędzy wlotem a wylotem.
   2. Ciepło oddane do otoczenia przez zewnętrzną ścianę izolacji.
   3. Różnicę entalpii płynu pomiędzy wlotem a wylotem.
   4. Spadek ciśnienia na długości kanału.
2. Utworzone wyrażenia ustaw jako parametry wyjściowe z modelu (Rys. 12).

  
Rys. 12: Ustanawiania parametrów wyjściowych z analizy.

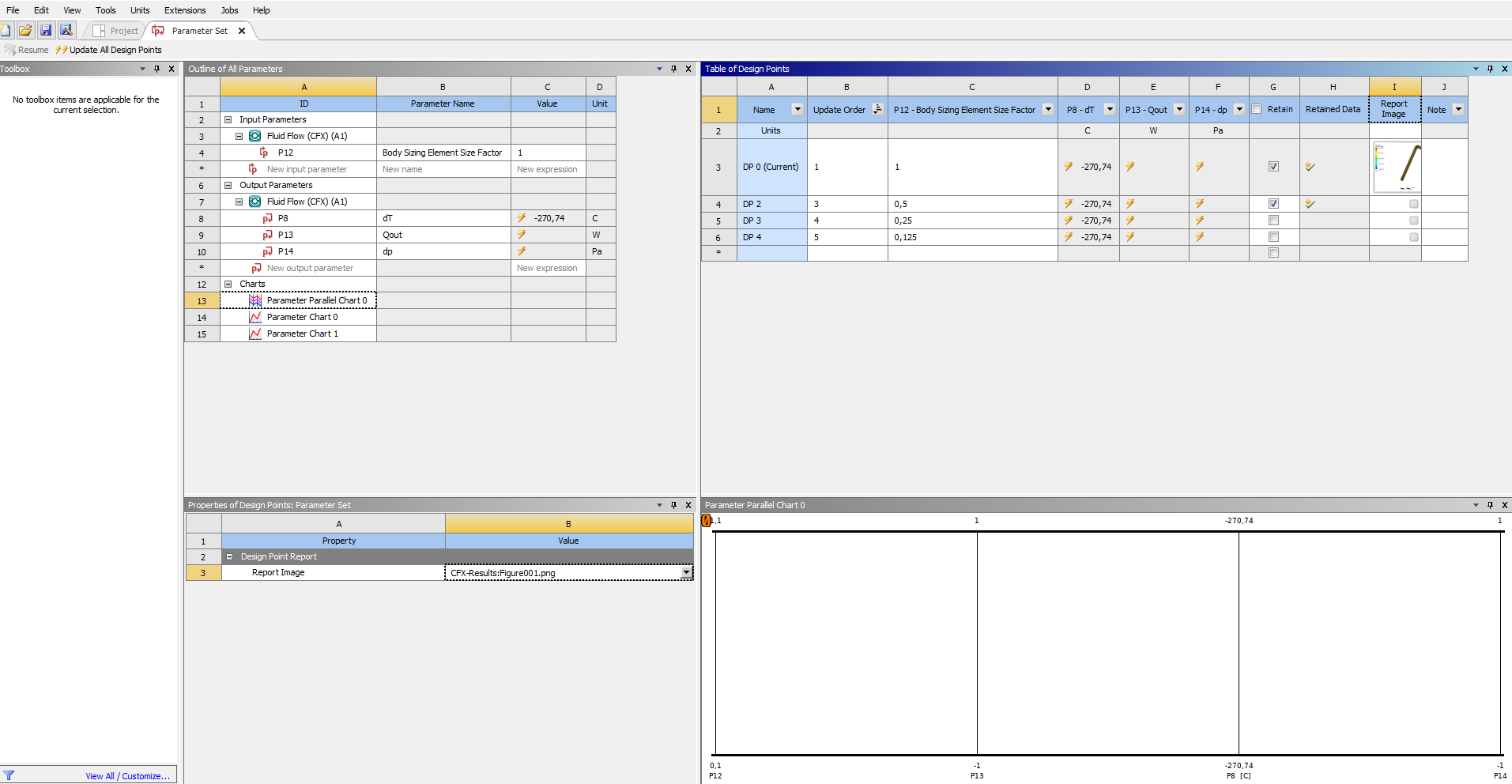
1. Utwórz trzy ilustracje (Figures) przedstawiające kontury ciśnienia, temperatury i prędkości wzdłuż osi kanału (rys. 13).

  
Rys. 13: Tworzenie ilustracji.

1. \*\* Utwórz wykres rozkładu prędkości w przekroju przewodu w połowie długości każdego z odcinków prostych kanału.

## Analiza wpływu gęstości siatki numerycznej na wyniki obliczeń

1. W Workbenchu otwórz menu analizy parametrycznej (rys. 14). Powinny znajdować się tam Twoje parametry wejściowe (rozmiar bazowy siatki numerycznej domeny fluid) i wyjściowe (zdefiniowane w CFD Post).

  
Rys. 14: Okno analizy parametrycznej modelu.

1. Zdefiniuj 4 punkty projektowe (DP – Design Point), w których rozmiar siatki numerycznej płynu jest odpowiednio dwu, trzy, cztero i pięciokrotnie mniejszy od bazowego.
2. Zaktualizuj wyniki obliczeń modelu dla punktów projektowych.
3. Utwórz wykresy wielkości zdefiniowanych w CFD-Post w funkcji rozdzielczości siatki numerycznej.
4. Utwórz wykres czasu symulacji w funkcji rozdzielczości siatki numerycznej.
5. Utwórz automatyczny raport za pomocą File - > Export Report.