

# Aerodynamika pojazdów lab. 1: Opływ „Ciała Ahmeda”

## Opis ćwiczenia

Ciało Ahmeda – o zaokrąglonych krawędziach płaszczyzny czołowej, przy odpowiednio dużym promieniu jego zmiana nie ma wpływu na rozwiązanie, liczy się tylko charakter ścięcia tylnej części

Wykonać obliczenia dla ścięcia 30° i 40°

- o dla 30° nie powinno być oderwania
- o dla 40° powinno wystąpić oderwanie

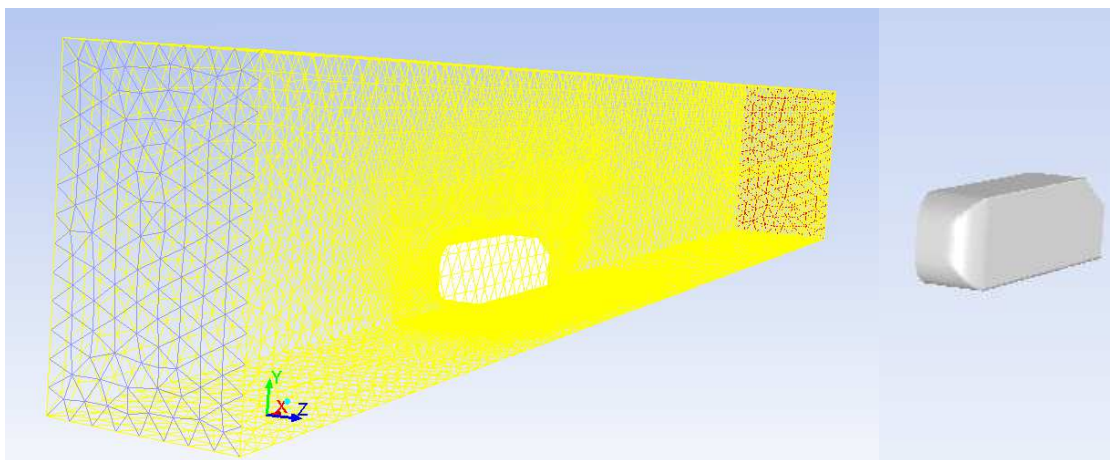
Związek między kątem ścięcia a wartością współczynnika oporu i siły nośnej, siła nośna rośnie wraz z kątem potem nagle spada, siła oporu najpierw maleje potem gwałtownie rośnie dla 30° i znowu spada. Analizując wyniki nie będziemy się jednak skupiać na wartościach sił oporu i docisku – błędy obliczeń dla tego przypadku są zbyt duże, aby porównywać wartości liczbowe. Należy skupić się na wizualizacjach, pokazaniu oderwania dla 40°.

Prowadząc tego typu obliczenia najlepiej monitorować zmianę wartości sił nośnych i oporów, jednak w tym przypadku naszym kryterium zbieżności będzie poziom błędu domyślny dla ustawień Fluent, równy 1e-03.

## Fluent

### Zapoznanie się z geometrią modelu i modyfikacje wyświetlania siatki:

1. Wczytać siatkę „Ahmed30HDT.msh”



2. Obejrzyć siatkę, wg domyślnych ustawień kolor niebieski oznacza warunek wlotowy, czerwony wylotowy, żółty symetrię a biały ściany.

3. Ustawić oświetlenie:
  - Graphics and Animations\Lights
    - Lighting Method: Gouraud oraz włączyć Headlight On
4. Wyświetlić powierzchnię ścian opływającego ciała:
  - Graphics and Animations\Mesh
    - Options: Faces (odznaczyć Edges)
    - Surfaces: car (odznaczyć pozostałe)
5. W celu wyświetlania odbicia geometrii względem płaszczyzny symetrii:
  - Graphics and Animations\Views
    - Mirror Planes: symetria

### **Ustawienia slovera:**

1. Sprawdzić czy siatka ma właściwą skalę (rzędu kilku metrów):
  - General\Scale: Mesh Was Created in: mm, Scale.
2. Sprawdzić poprawność siatki: General/Check.
3. Nie zmieniać pozostałych domyślnych ustawień w zakładce General.
4. Ustawić model turbulencji:
  - Models\Viscous\Spalart-Allmaras.
5. Zostawić domyślne ustawienia płynu jako powietrze nieściśliwe w Materials.
6. Warunki brzegowe Boundary Conditions są już zdefiniowane jako:
  - velocity inlet (wlot)
  - pressure outlet (wylot)
  - symmetry (powierzchnie symetrii)
  - wall (opływane ciało)
7. Doprecyzowania wymaga tylko wlot:
  - Zakładka Momentum:
    - Velocity Magnitude: 20 m/s
  - Zakładka Turbulence/Specification Method/Intensity and Length Scale:
    - Turbulent Intensity: 2 %
    - Turbulent Length Scale: 0.005 m

Turbulent Intensity: 2% - bo przepływ niezakłócony, obok nie znajdują się inne samochody, oraz nie znajdują się one w śladzie aerodynamicznym innego pojazdu.

Turbulent Lenght Scale: 0.005 m – należy wziąć ok.  $\frac{1}{2}$  grubości warstwy przyściennej, dla naszego przypadku dla ciała o dł. 1 m, grubość warstwy wynosi ok. 1 cm.

8. Upewnić się że obliczenia prowadzone dla równań pędu drugiego rzędu:

- Solution Methods\Momentum\Second Order Upwind

9. Zainicjalizowanie rozwiązania (przypisanie na siatce początkowych wartości, których użyjemy do rozpoczęcia obliczeń) Solution Initialization:

- Initialization Method\Standard Initialization
  - o Compute from\wlot

W tym momencie wczytane zostaną parametry na wlocie, aby przypisać je na całej siatce należy kliknąć Initialize.

10. Rozpocząć obliczenia:

- Run Calculation\ Calculate

Najpierw trzeba jednak ustawić liczbę iteracji pod Number of Iterations na ok. 300

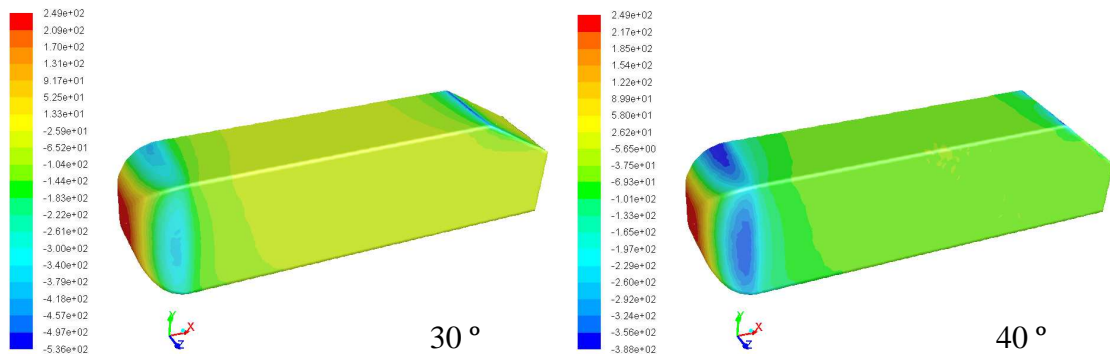
Obliczenia powinny trwać do momentu osiągnięcia domyślnego poziomu zbieżności ustawionego we Fluencie (błąd poniżej  $1e-3$ ), jeżeli nie zostanie on osiągnięty należy zwiększyć ilość iteracji. O osiągnięciu zbieżności informuje komunikat w oknie tekstowym: „Solution is Converged”.

## Analiza wyników:

### 1. Kontury ciśnienia statycznego na opływającym ciecie:

- Graphics and Animations\Contours: Pressure\Static Pressure
  - Surfaces: car

Uwaga: Jeżeli z lewej strony zaznaczone zostanie Draw Mesh, to kontury ciśnienia zostaną zamalowane powierzchnią ścian i nie będą widoczne.

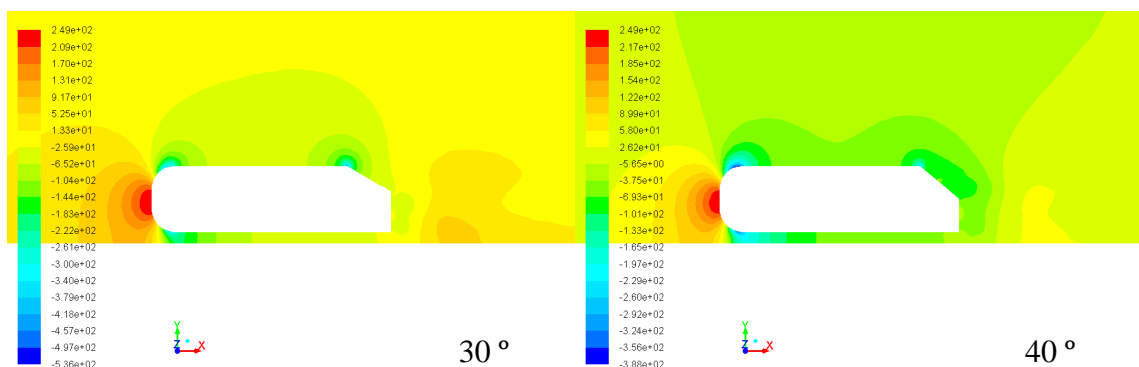


Aby porównanie między przypadkami było czytelniejsze można odznaczyć pod Options\Auto Range i dla obu wyświetlać ciśnienia w tym samym zakresie.

Wizualizacje zapisywać na bieżąco klikając na ikonę aparatu fotograficznego w menu, albo File\Save Picture (zaznaczyć Color pod Coloring).

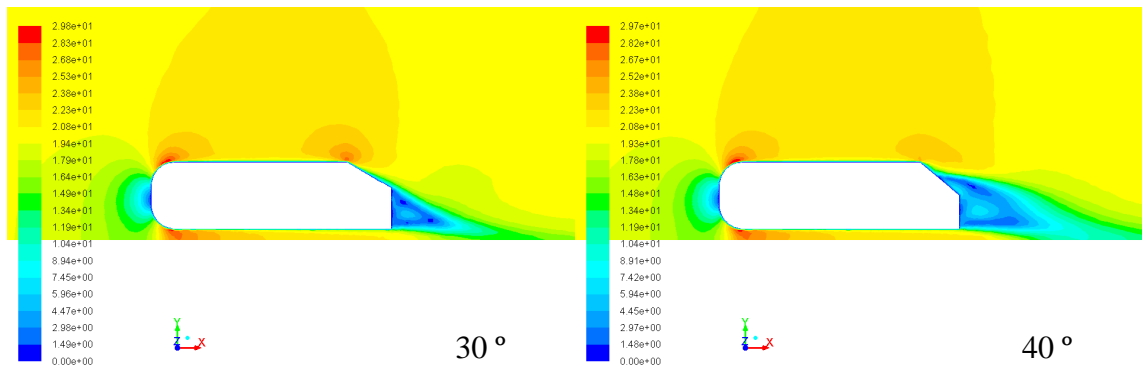
### 2. Kontury ciśnienia statycznego na powierzchni symetrii:

- Graphics and Animations\Contours: Pressure\Static Pressure
  - Surfaces: symmetry



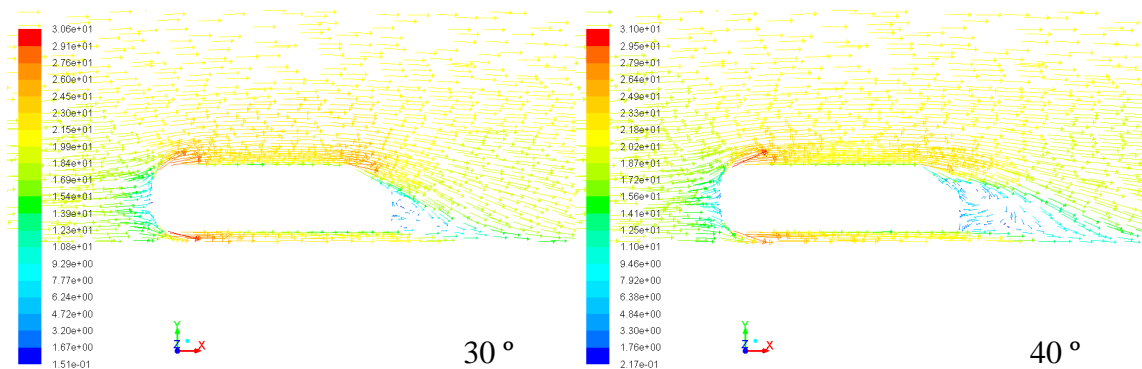
### 3. Kontury prędkości na powierzchni symetrii:

- Graphics and Animations\Contours: Velocity\Velocity Magnitude
  - Surfaces: symmetry



### 4. Wektory prędkości na powierzchni symetrii:

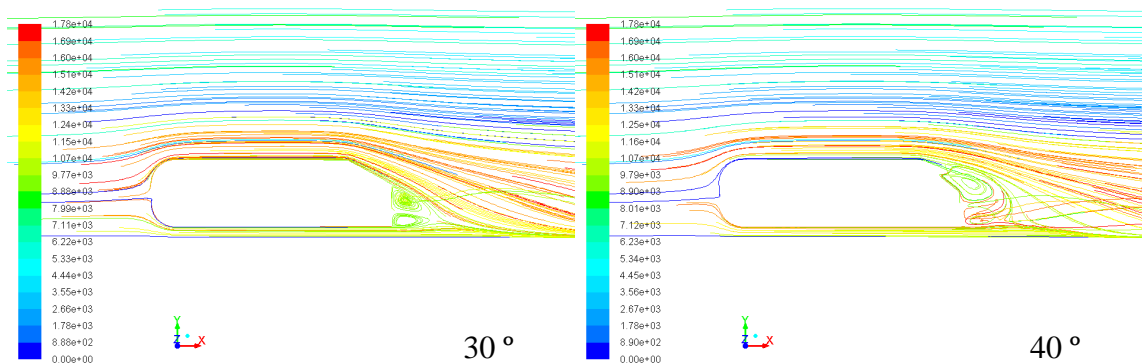
- Graphics and Animations\Vectors
  - Surfaces: symmetry



Aby wizualizacja była czytelniejsza należy przeskalować oraz zmienić ilość wyświetlania wektorów np. na Scale:15 i Skip: 10.

5. Linie prądu wychodzące z powierzchni symetrii:

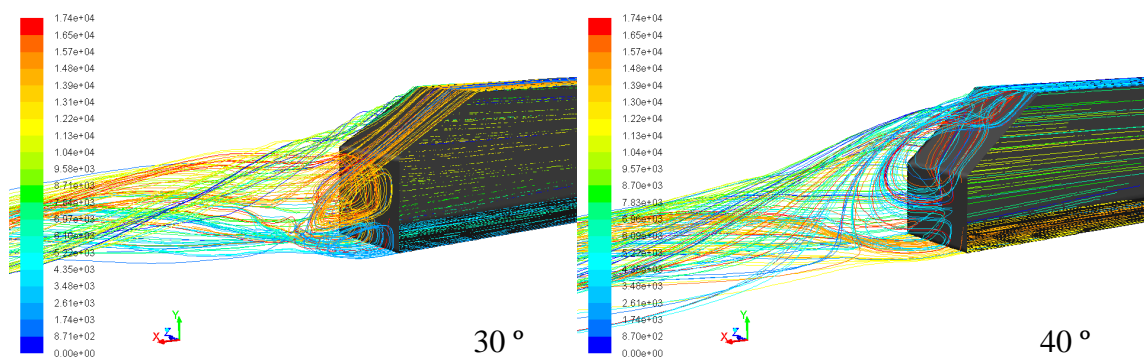
- Graphics and Animations\Path Lines
  - Release from Surfaces: symmetry



**Uwaga!!!** Wyświetlanie zbyt dużej ilości linii prądu może zawiesić program, dlatego jeżeli nie jesteśmy pewni jak dużo ich będzie wyświetlanych należy wprowadzić jakąś wartość pod Path Skip, w naszym przypadku np. 100.

6. Linie prądu wychodzące z powierzchni ciała:

- Graphics and Animations\Path Lines
  - Release from Surfaces: car

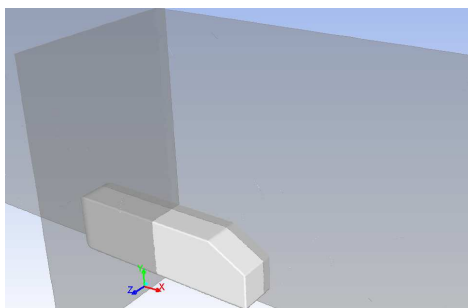


W opcjach zaznaczyć Draw Mesh, spowoduje to wyświetlenie opływanej powierzchni, dzięki czemu wizualizacja będzie czytelniejsza.

## Dodawanie pomocniczych geometrii:

1. Najpierw należy wyświetlić ściany badanego ciała:
  - Graphics and Animations\Mesh
2. Dodawanie płaszczyzn: w górnym menu wybrać:
  - Surface\Iso-Surface
    - Surface of Constant: Mesh
      - Z-Coordinate (płaszczyzna równoległa do symetrii)
      - X-Coordinate (płaszczyzna prostopadła do symetrii)

Kliknąć na Compute, przesuwając suwak pod Iso-Values ustawić położenie dodanej powierzchni, na koniec nadać nazwę i potwierdzić utworzenie przyciskiem Create.

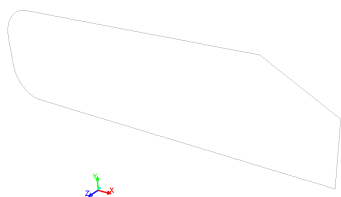


Model z dodanymi powierzchniami

Powierzchnie te mogą zostać użyte do wykonania dodatkowych wizualizacji, przepływ jest trójwymiarowy, dlatego na każdej powierzchni da się zaobserwować różne szczegóły przepływu.

3. Dodawanie obrysu: w górnym menu ponownie wybrać:
  - Surface\Iso-Surface
    - Surface of Constant: Mesh
      - Z-Coordinate (obrys wzdłuż ciała)
      - From Surface: car (płaszczyzna Z przecina się z powierzchnią badanego przez nas obiektu)

Ponownie należy wprowadzić odpowiednią wartość pod Iso-Value, pozostawiając 0, obrys zostanie wykonany na powierzchni symetrii. Obrys może zostać użyty do wykonania wykresu ciśnienia.



Obrys opływanego ciała

## Wykonanie wykresu ciśnienia statycznego:

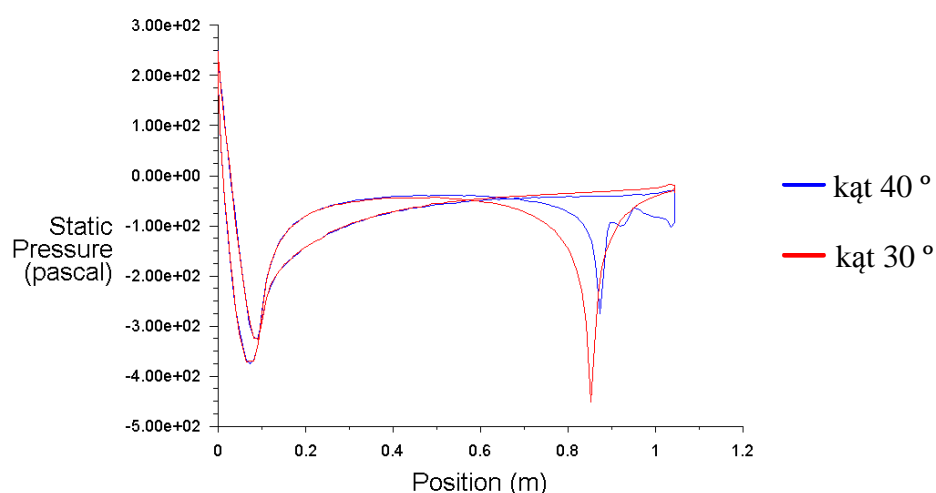
### 1. Results\Plots\XY Plot

Pozostawić ustawienia pod Plot Direction (wykonujemy wykres wzdłuż osi X, dlatego  $x = 1$ ), oraz pod Y Axis Function Pressure\Static Pressure

Pod Surfaces wybrać dodany obrys, aby wyświetlić wykres Plot, aby zapisać serię danych do pliku z lewej strony pod Options zaznaczyć Write to File, teraz przycisk Plot zmienił się na Write, plik najlepiej zapisać z rozszerzeniem \*.xy.

Aby zmieniać styl wyświetlania linii/punktów wejść w Curves, Wybrać odpowiedni styl linii oraz marker punktów, aby zmodyfikować kolejną serię danych należy ustawić kolejny numer pod Curve #.

Aby wczytać dane z pliku wybrać w oknie wykresu Load File, po wykonaniu obliczeń dla przypadku ścięcia pod kątem 30 i 40, porównać wyniki na jednym wykresie.



## Obserwacje

Przeprowadzając obliczenia przy użyciu metod drugiego rzędu dla równań pędu, można zaobserwować oderwanie przepływu od powierzchni ścięcia przy 40 stopniach. Zjawisko to nie występuje dla ścięcia 30 stopni. Gdy obliczenia prowadzone są z mniejszą dokładnością oderwanie nie występuje ani w jednym ani w drugim przypadku.

## Sprawozdanie

Zestawienie wizualizacji dla przypadków ścięcia o kącie 30 i 40 stopni, oraz ich analiza, opis szczegółów przepływu, które można zaobserwować.