

USTALONY NIEŚCISLIWY PRZEPŁYW TRÓJWYMIAROWY Z ODERWANIEM

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze sposobem modelowania przepływów trójwymiarowych oraz obróbka trójwymiarowych wyników graficznych.

Streszczenie

Zadanie polega na wyznaczeniu opływu wokół skrzydła typu delta ustawionego pod dużym kątem natarcia (30°), wyposażonego w śmigło, umieszczone w szczelinie. Przepływ odbywa się w zamkniętej przestrzeni tunelu aerodynamicznego i posiada płaszczyznę symetrii. Wymiary tunelu 150x200x600 cm. Przepływającym czynnikiem jest powietrze o prędkości $V=10\text{m/s}$ i ciśnieniu $p=101325\text{ Pa}$. Model rozważany w tym ćwiczeniu jest właściwie półmodelem, w którym odwzorowano tylko połowę skrzydła delta oraz połowę kręgu śmigła. Tym samym założono przepływ symetryczny względem płaszczyzny XZ.

Przebieg ćwiczenia

Geometria

1. W środowisku workbench stwórz nowy system obliczeniowy - **Fluid Flow(Fluent)**.
2. Otwórz **Design Modeler** klikając prawym przyciskiem myszy na komórkę **Geometry**.
3. Ustaw jednostki na **centymetry**

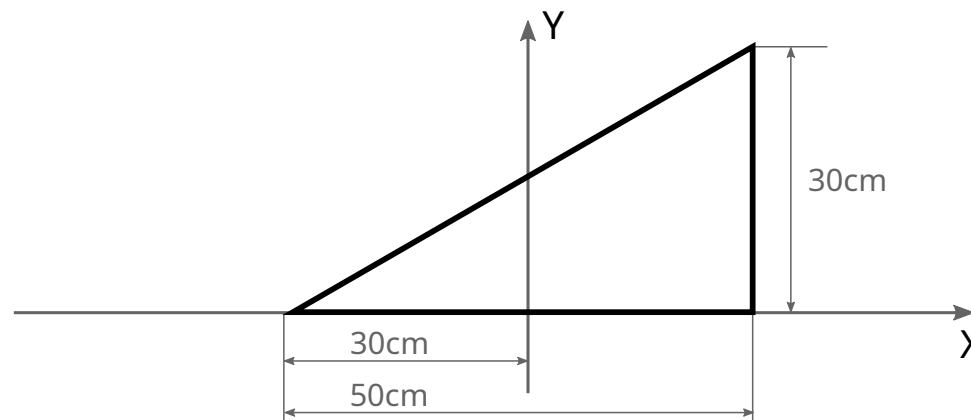


Figure 1: **Rys.1.** Szkic 1 na płaszczyźnie X-Y

4. Stwórz nowy szkic na płaszczyźnie **X-Y**. Narysuj geometrię połowy skrzydła delta tak jak na załączonej ilustracji.
5. Stwórz **powierzchnię** na podstawie utworzonego szkicu.
6. W ten sposób utworzyliśmy bardzo proste skrzydło delta a dokładnie jego połowę. Płaszczyzna X-Z będzie lustrzanym odbiciem skrzydła.
7. Teraz trzeba utworzyć powierzchnię **śmigła** zastępczego.
8. Utwórz szkic na płaszczyźnie **Y-Z**
9. Wewnątrz szkicu, za pomocą narzędzia **Arc by Center**, stwórz półokrąg według załączonej ilustracji.

UWAGA: Aby utworzyć powierzchnie śmigła, obwód musi być zamknięty.

Nie zapomnij domknąć półokręgu linią!

10. Utwórz **powierzchnię** na podstawie szkicu.

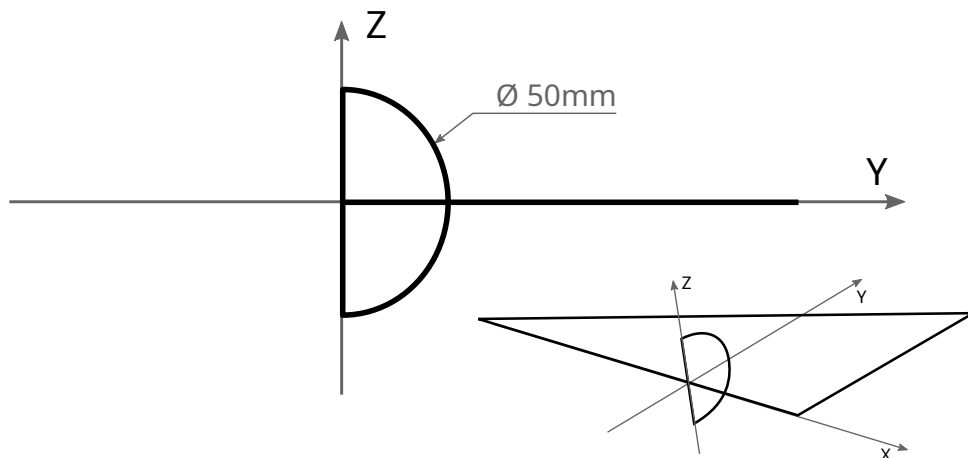


Figure 2: **Rys.2.** Szkic 2 na płaszczyźnie Y-Z

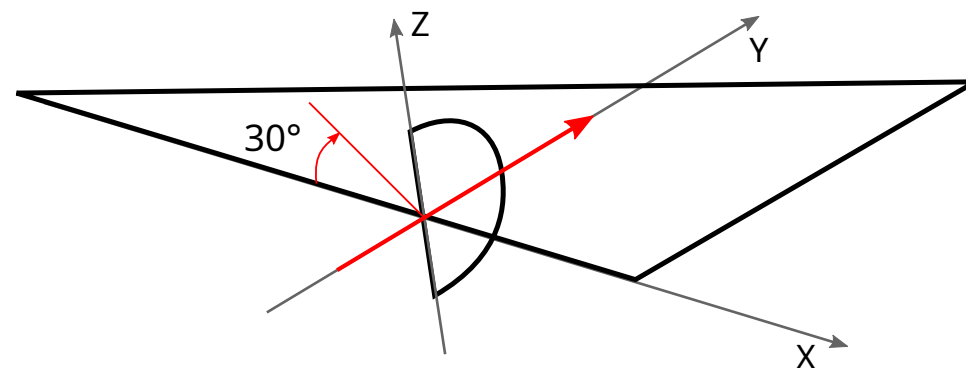


Figure 3: **Rys.3.** Obrót

11. Obecnie skrzydło delta jest na 0 kącie natarcia. Należy zmienić kąt natarcia naszego skrzydła o 30 stopni

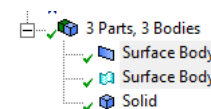
Z menu kontekstowego **Create** wybieramy **Body Transformation** następnie **Rotate**.

Wybieramy geometrie do obrotu. To można zrobić na dwa sposoby (patrz rysunek).

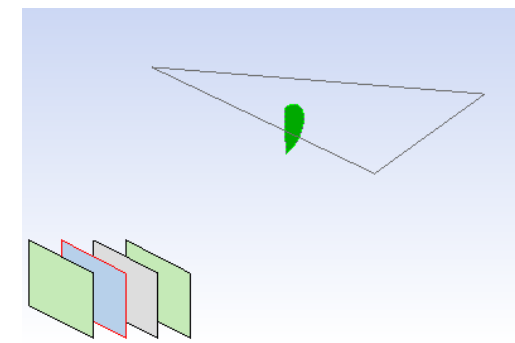
- Z wciśniętym **ctrl**, wybieramy interesujące nas elementy w ostatnim menu w drzewie historii (Patrz rysunek)
- Zaznaczamy powierzchnie w oknie graficznym. Jeżeli w momencie zaznaczenia elementu pod naszym kursorem znajdują się inne elementy, w lewym dolnym rogu okna graficznego rozwinie się graficzna reprezentacja tych elementów. Reprezentowane elementy będą wyświetlone w postaci **warstw**. Pierwsza od lewej warstwa reprezentuje element znajdujący się najbliżej użytkownika, ostatni od lewej element znajdujący się najdalej od użytkownika. Najechnięcie kursorem na odpowiednią warstwę podświetli reprezentowany element. Klikając odpowiednią **warstwę** wybieramy interesującą nas powierzchnię. (Patrz rysunek)

Wybieramy **skrzydło delta** i **wirnik**.

Następnie **wybieramy oś obrotu**. To też można zrobić na dwa sposoby (Patrz rysunek).

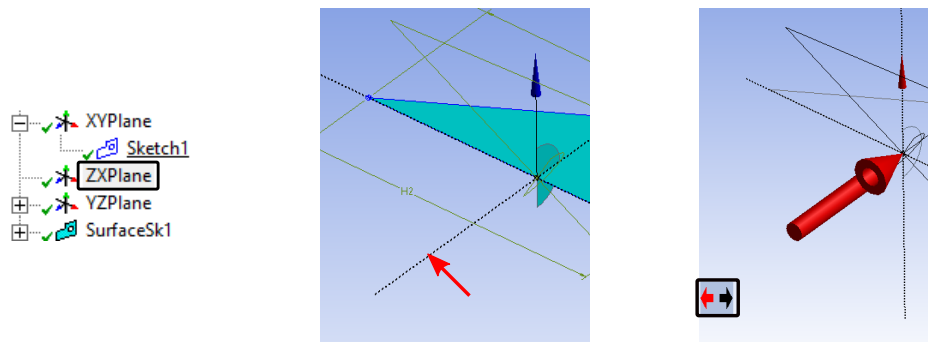


A



B

Figure 4: **Rys.4.** Sposoby zaznaczania



A

B

Figure 5: **Rys.5.** Sposoby wskazania osi obrotu

- W menu **płaszczyzn** w drzewie historii (tam gdzie znajdują się szkice), wybieramy **płaszczyznę prostopadłą** do naszej osi obrotu.
- W **oknie graficznym**, na naszym rysunku, znajdują się przerywane linie reprezentujące osie układu współrzędnych. Klikamy na odpowiednią oś. Kolorowy układ współrzędnych znajdujący się w dolnym prawym rogu okna graficznego, służy tylko do manipulacji kamerą.

Po zaznaczeniu osi, w oknie graficznym pojawiają się **strzałki wyboru kierunku osi**. Klikamy aby odpowiednio zorientować oś obrotu. Oś musi być tak zorientowana, żeby nasze “skrzydło”, obracając się, zadarło “nos” w kierunku osi Z.

Wpisujemy kąt obrotu naszych powierzchni.

Generate

- Ostatnim krokiem jest utworzenie objętości powietrza.
- W menu kontekstowym **Create** przejdź do menu **Primitives** i wybierz opcję **Box**.

—	Początek	Diagonale
X	-250 cm	600 cm
Y	0 cm	150 cm
Z	-80 cm	200 cm

Warto ustawić **Operation - Add frozen**

Generate

Jeżeli figura nie będzie przezroczysta od opcji ****Add frozen**** i wszystko

- Z powstałych elementów tworzymy **złożenie**. We wspomnianym wcześniej **menu elementów**, ostatnim w drzewie historii, wybieramy wszystkie elementy i za pomocą prawego przycisku myszki wybieramy **form new part**.

Dla chętnych

- Stwórz kolejny **Box**

—	Początek	Diagonale
X	0 cm	200 cm
Y	0 cm	35 cm
Z	-20 cm	35 cm

Warto ustawić **Operation - Add frozen**

Generate

W momencie tworzenia złożenia (punkt 14), nie dodawaj tej bryły do złożenia. Po punkcie 14 powinny być 1 złożenie (part) i jedna bryła (Solid).

- Wychodzimy** z DesignModeler

Siatka obliczeniowa

- Otwieramy moduł **Mesh**.

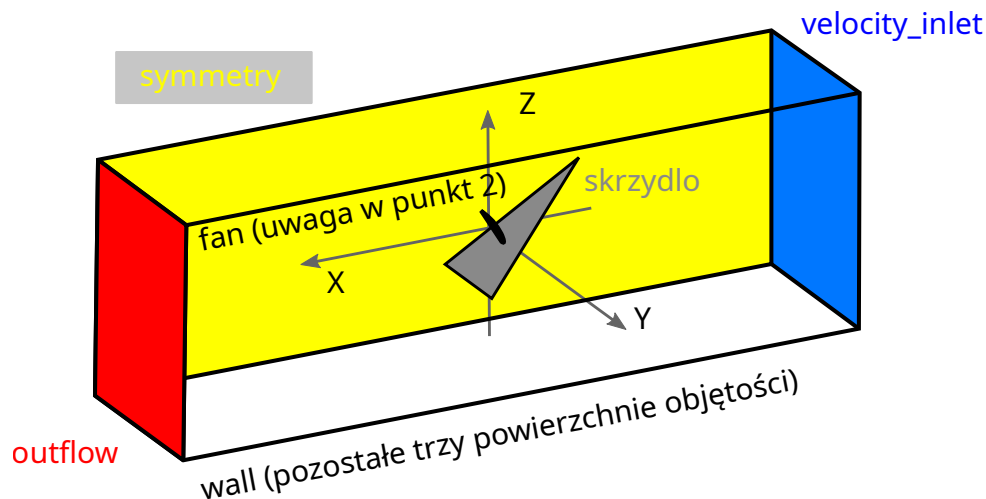


Figure 6: Rys.6. Nazwy warunków brzegowych

- Na wstępie nadajmy nazwy warunków brzegowych (Patrz rysunek). **W analizie trójwymiarowej naszymi warunkami brzegowymi są powierzchnie.** Metoda zaznaczania powierzchni jest taka sama jak w systemie zaznaczania w DesignModelerze. Po zaznaczeniu powierzchni wciskamy **n** na klawiaturze i wypełniamy nazwę warunku brzegowego.

UWAGA zauważ, że design modeler podzielił naszą powierzchnie śmigła na dwie części. W górnej belce w zakładce **Display** możemy wyświetlić kierunek linii opcją **Direction** w polu **Edge**. Dzięki temu możesz się upewnić czy obydwie powierzchnie są tak samo zorientowane (Zasada prawej dłoni). Orientacja naszej powierzchni śmigła jest ważna w obliczeniach.

- Jeżeli obie powierzchnie są tak samo zorientowane zaznaczymy je razem i nazywamy razem.
 - Jeżeli orientacje powierzchni różnią się od siebie. Nazwijmy je dodając cyfrę - fan_1, fan_2.
- Przejdźmy do ustawień siatki.
 - W drzewie historii, w menu **Mesh**:
 - Zakładka **Defaults** - Upewniamy się, że **Physics Preference** jest ustawione na **CFD**.

- Zakładka **Sizing**:
 - Włączamy opcje **Capture Curvature** (powierzchnia wirnika jest okrągła)

- Wygeneruj siatkę. Sprawdź czy geometria skrzydła jest odwzorowana.
- Zaznacz powierzchnię skrzydła oraz powierzchnię wirnika. Utwórz dla nich element **Sizing**:

- Type: **Element size**
- Element size: **10 mm** (Dla osób ze słabszym sprzętem **20mm**)
- Behavior: **Hard**

Generate

- Utwórz kolejny element typu **Sizing**:

- **Scope/Geometry** zaznacz bryłę reprezentującą powietrze. **Upewnij się, że zaznaczasz objętość a nie powierzchnię**
- Type: **Sphere of Influence**
- Sphere Radius: **500 mm**
- Element size: **30 mm** (Dla osób ze słabszym sprzętem **50mm**)

Generate

Przyjrzyj się siatce. Co się zmieniło?

Dla chętnych ciąg dalszy

- Utwórz kolejny element typu **Sizing**:

- **Scope/Geometry** zaznacz bryłę reprezentującą powietrze. **Upewnij się, że zaznaczasz objętość a nie powierzchnię**
- Type: **Body of influence**
- Bodies of Influence: **Zaznaczamy stworzoną dodatkową objętość w punkcie 13**
- Element size: **30 mm**

Generate

Znów przeanalizuj zmianę, zastanów się po co stworzyliśmy dodatkowo:

9. Wychodzimy z programu Mesh

Obliczenia w programie Fluent

1. Otwieramy program fluent

2. Wstępne ustawienia solvera:

- Dimension: **3d**
- Display Mesh After Reading

3. Ustawienia warunków analizy:

- General:
 - Type: **Pressure-Based**
 - Time: **Steady**
- Models
 - Model turbulencji: **Spalart-Allmaras**
- Materials
 - Powietrze z standardowymi ustawieniami
- Cell zone conditions
 - Upewnij się, że materiałem w domenie jest powietrze
- Boundary conditions (kliknij dwukrotnie na menu lub w belce górnej w zakładce **Physics**, wejdź w **Boundaries** z polu **Zones**)
 - **Inlet** - 10 m/s, intensywność turbulencji 2%, skala turbulencji 0.5 cm.
 - **Symmetry** - sprawdź czy został założony odpowiedni warunek
 - **Wing** - upewnij się, że dla skrzydła ustawiony został warunek ściany. Przy ustawieniu warunku brzegowego na **wall** zauważ, że fluent stworzy drugą powierzchnię. Zastanów się dlaczego.
 - **fan**
 - * Sprawdź w jaki kierunek ma normalna na powierzchni wirnika (Składowa X wektora), jeżeli normalna jest w złym kierunku zmień ją zaznaczając opcję **Reverse Fan Direction**.

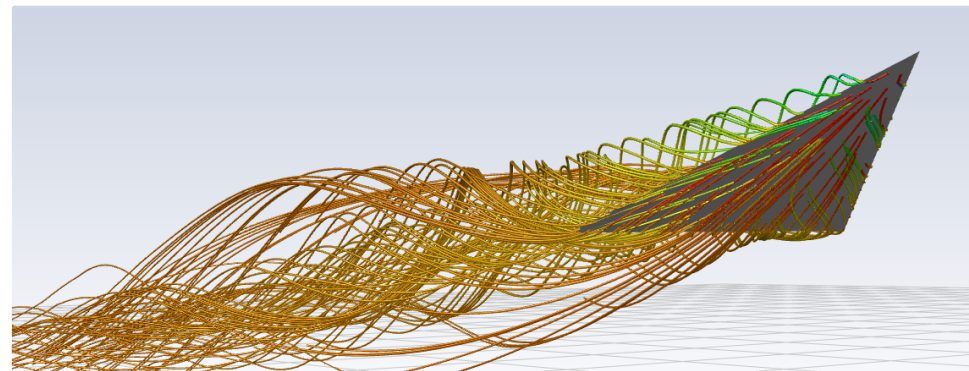


Figure 7: **Rys.7.** Jedna z wizualizacji przepływu

- * W menu rozwijanym **Pressure Jump (jednostka)** wybierz **constant**
- * W tym momencie przeprowadzimy obliczenia bez śmigła - wpisujemy **0.0**

– **Outflow** - domyślne ustawienia

4. Ustawienia solvera:

- Methods:
 - Schemat: **Coupled**
- Monitors/Residual
 - Domyślne wartości zbieżności

5. Zainicjalizuj **standardową metodą inicjalizacji**

Jako punkt odniesienia wybierz wlot.

6. Prowadź obliczenia aż do osiągnięcia oczekiwanej zbieżności. (W zakładce Run Calculation zmień tylko **Number of Iterations** w polu **Parameters**)

Ze względu na obliczenia trójwymiarowe, czas obliczeń będzie zauważalnie

7. Stwórz wizualizacje przepływu Twojej analizy. Zastanów się jakie wizualizacje najlepiej powiedzą o stworzonej analizie. Zaprezentuj je.

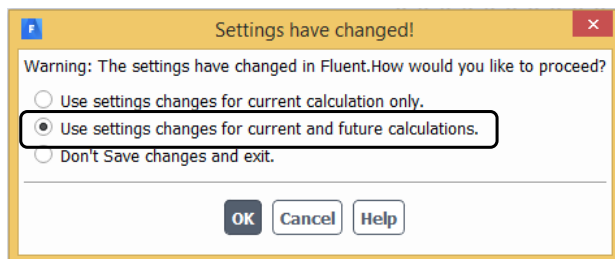


Figure 8: **Rys.8.** *Opcje zapisu*

8. Wyjdź z programu fluent. Przy wychodzeniu z programu zaznacz drugą odpowiedź. Pozwoli to na zachowanie wszystkich ustawień postprocesingu (wizualizacji i obróbki danych).
9. Zduplikuj system obliczeniowy.
10. “Włącz śmigło” - W warunku brzegowym **fan** wpisz wartość **200** Pa (patrz punkt 3).
11. Zainicjalizuj przypadek i prowadź obliczenia aż do osiągnięcia oczekiwanej zbieżności.
12. Powtórz wizualizacje i porównaj z wynikami bez śmigła.