

UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY IN OLSZTYN
The Faculty of Technical Sciences
POLAND, 10-957 Olsztyn, M. Oczapowskiego 11
tel.: (48)(89) 5-23-32-40, fax: (48)(89) 5-23-32-55
URL: <http://www.uwm.edu.pl/edu/sobieski/> (in Polish)



Obliczeniowa Dynamika Płynów

Computational Fluid Dynamics – CFD

Modelowanie geometrii

wersja: 5 kwietnia 2024

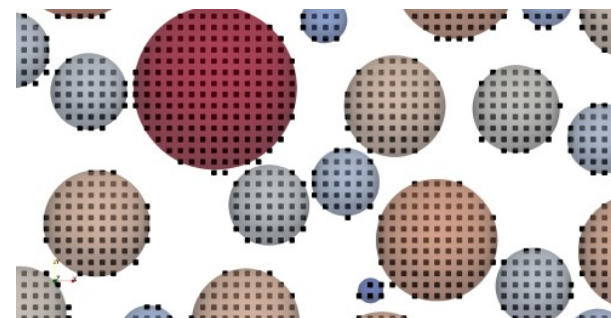
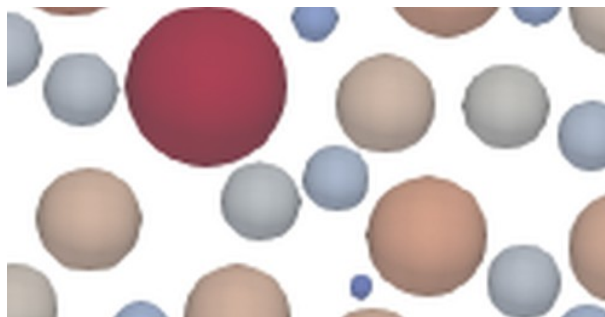
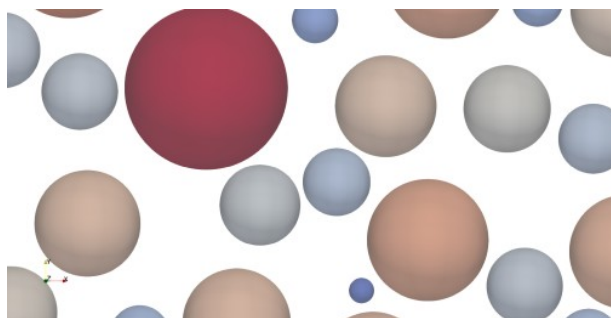
Wojciech Sobieski

Olsztyn, 2003-2024

Rodzaje geometrii/grafiki

Rodzaje geometrii/grafiki:

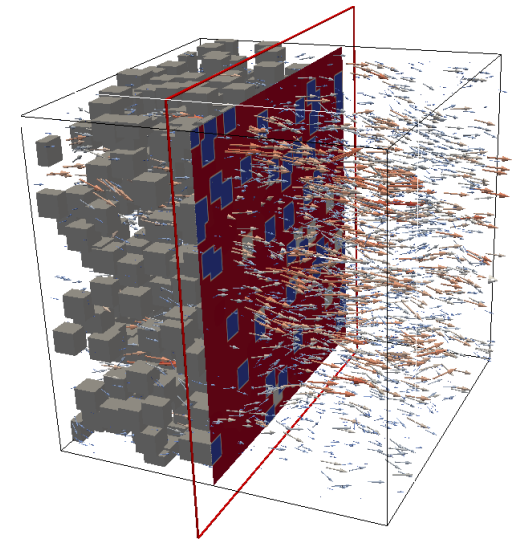
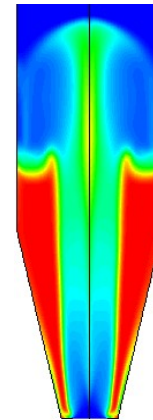
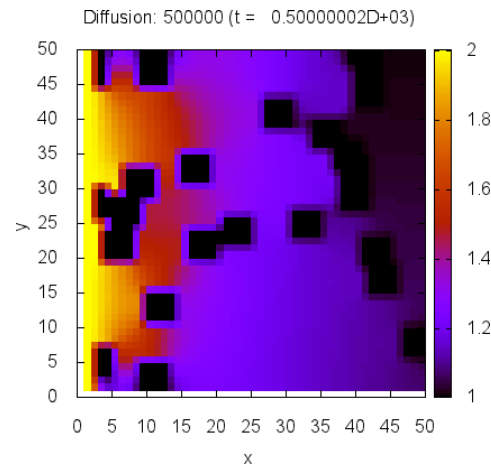
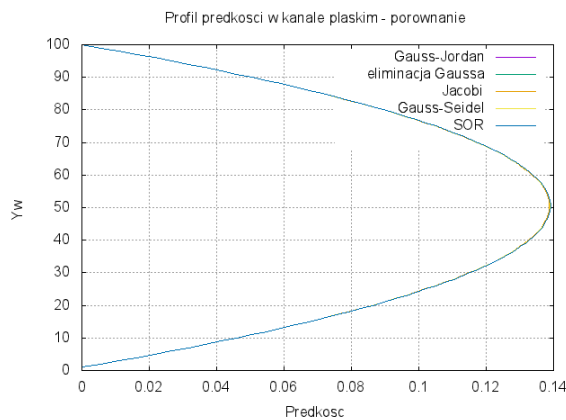
- geometria/grafika wektorowa (bezstratna)
 - programy rysunkowe, algorytmy ... ,
- geometria/grafika rastrowa (kompresja bezstratna lub stratna)
 - aparaty cyfrowe, programy graficzne, konwersja, ... ,
- geometria/grafika binarna (bezstratna lub stratna)
 - programy graficzne, algorytmy,



Liczba wymiarów geometrii

Podział rodzajów geometrii względem liczby wymiarów:

- jednowymiarowa (np. profil prędkości w kanale płaskim),
- dwuwymiarowa (np. rozwiązanie równania dyfuzji),
- dwuwymiarowa osiowo-symetryczna (np. złoże fontannowe),
- trójwymiarowa (np. przepływ przez ośrodek porowaty).



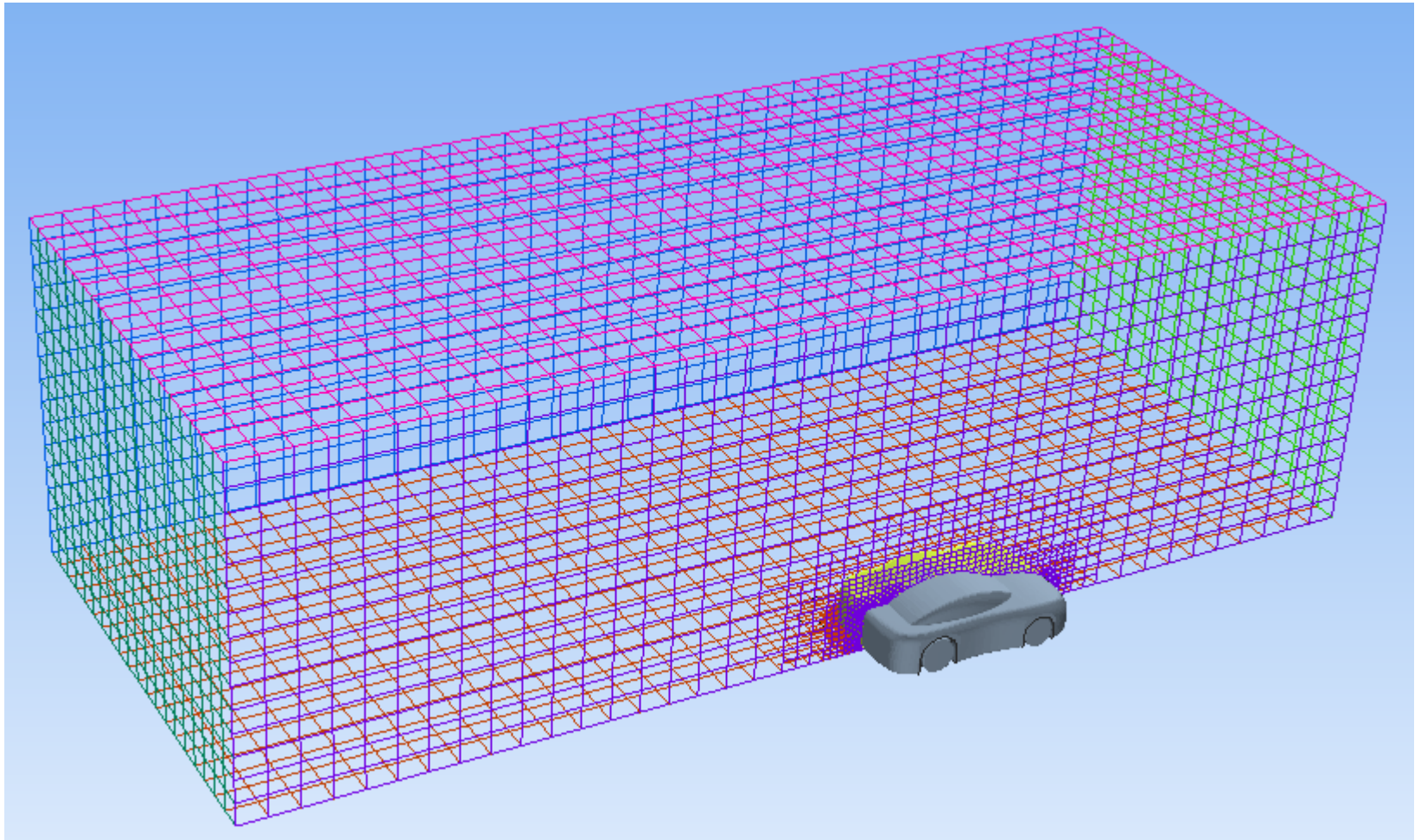
MRS, kod własny.

MRS, kod własny.

MOS, Fluent.

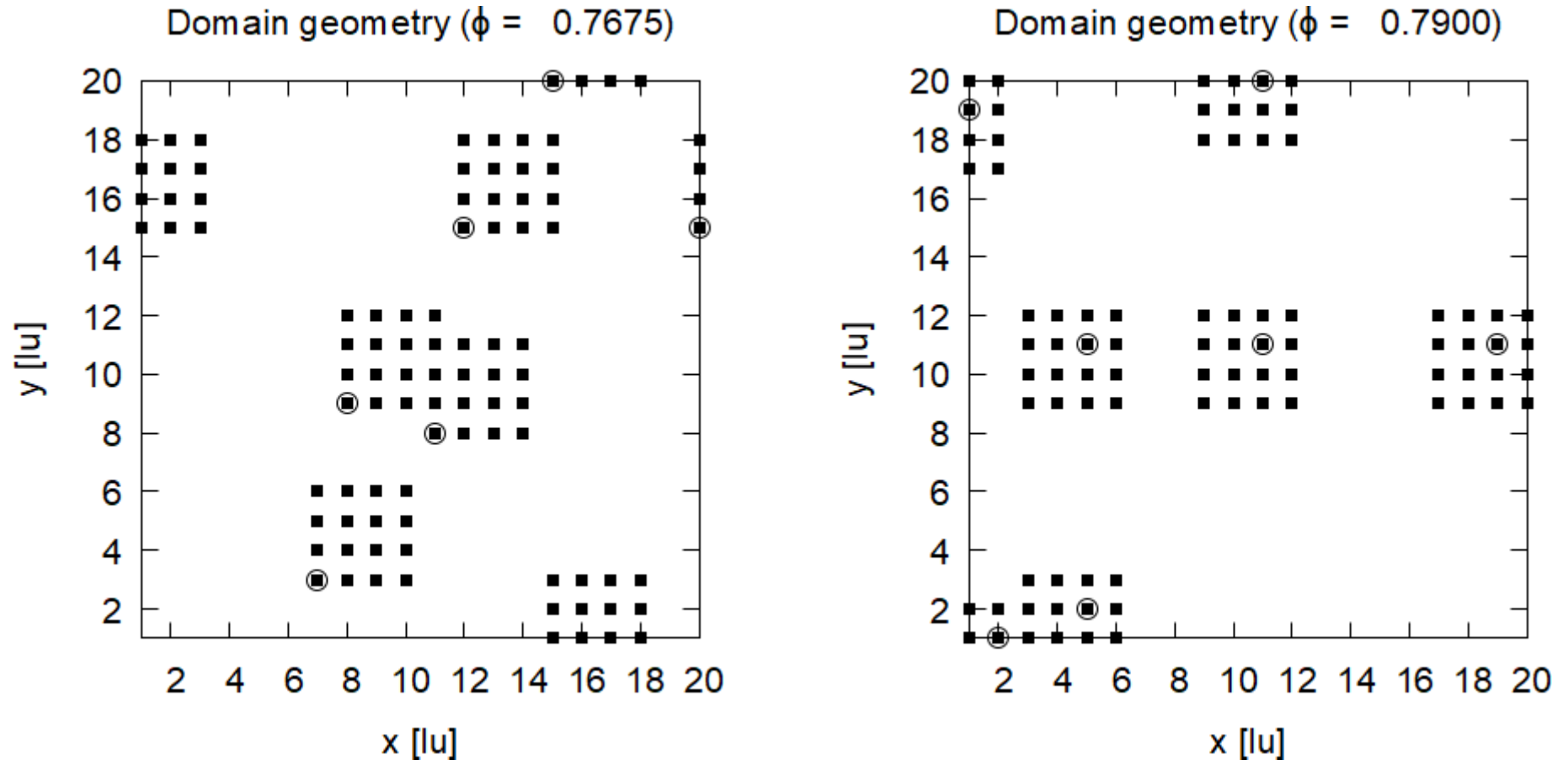
MGSB, Palabos.

Domeny symetryczne



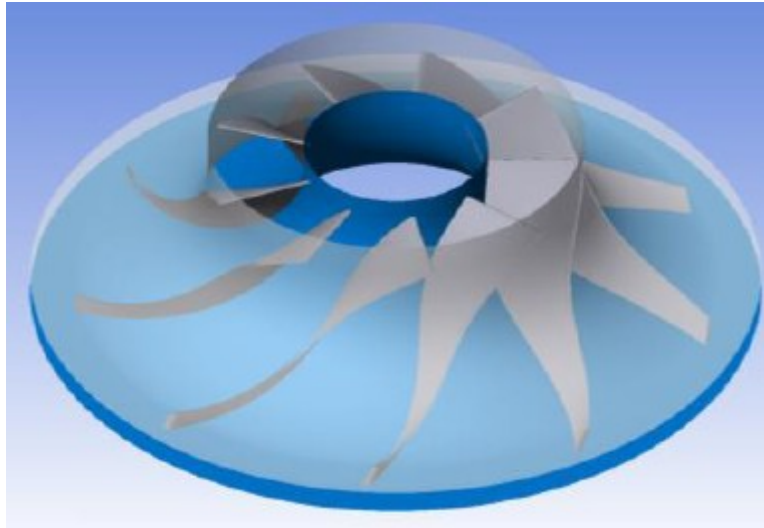
Przykład zastosowania symetrii lustrzanej [Wojciech Sobieski, wg samouczka SimFlow].

Domeny periodyczne

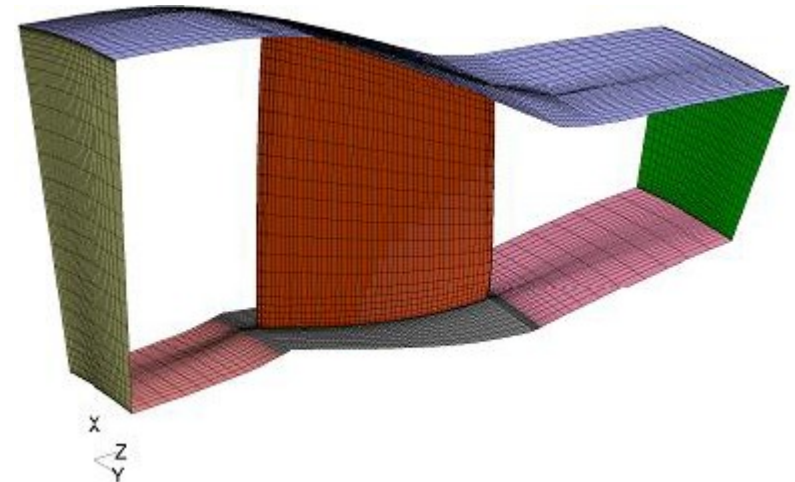
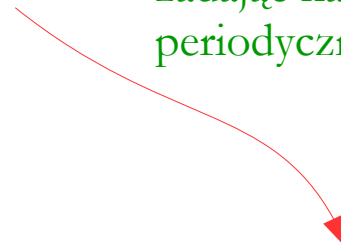


Przykład zastosowania warunków okresowych [Wojciech Sobieski, kod własny]:
ze spójnymi (po lewej) i niespójnymi (po prawej) granicami domen.

Domeny periodyczne



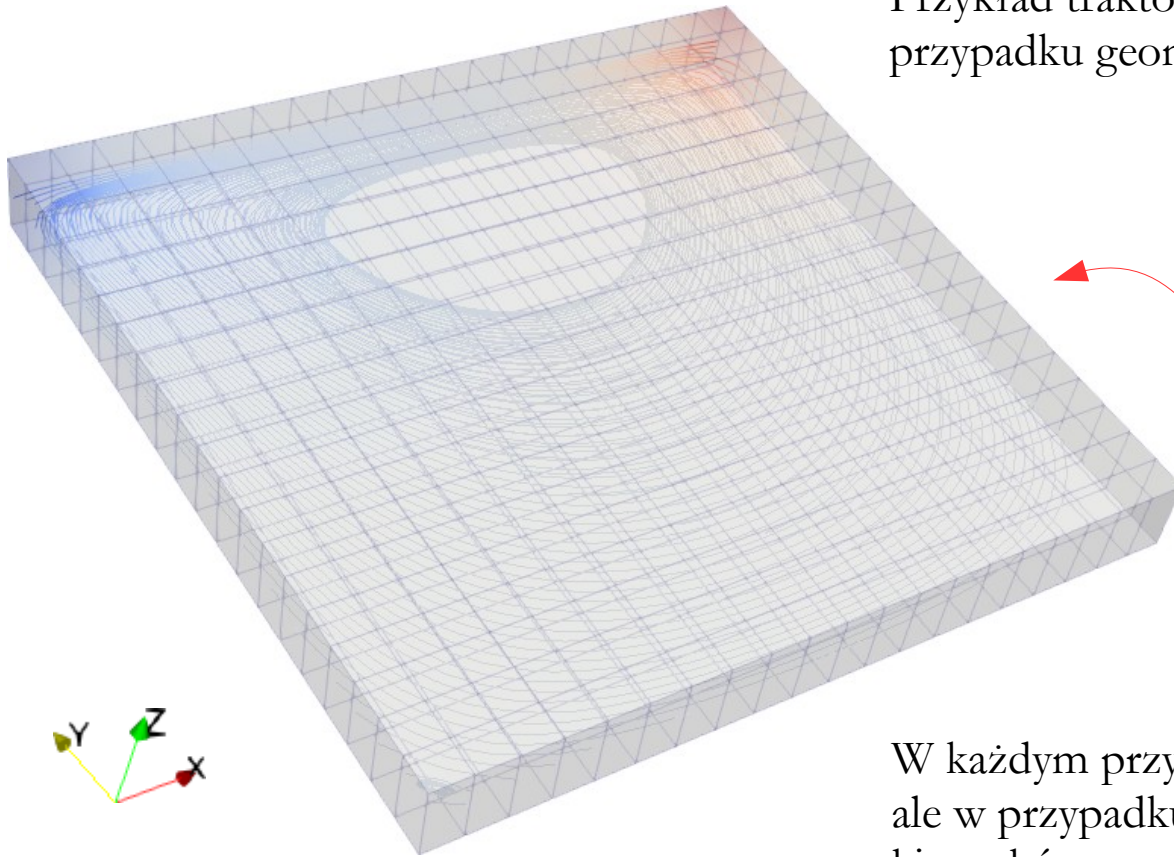
Zamiast przeprowadzać symulacji dla całej geometrii, jako domenę obliczeniową przyjmuje się jeden charakterystyczny obszar (tu: zawierający w środku łopatkę wirnika), zadając na odpowiednich brzegach warunki periodyczne.



Przykład zastosowania warunków okresowych w modelowaniu maszyn wirnikowych (materiały szkoleniowe firmy SymKom).

2D vs. 3D

Przykład traktowania geometrii 2D jako szczególnego przypadku geometrii 3D (OpenFOAM).



UWAGA: Obecnie narzędzie SnappyHexMesh wymaga siatki w pełni trójwymiarowej!

W każdym przypadku używane są tablice trójwymiarowe, ale w przypadku geometrii 2D wymiar tablic w jednym z kierunków wynosi 1.

Dodatkowo trzeba określić specjalne warunki brzegowe dla kierunku, który nie jest rozwiązywany w modelu (w przykładzie jest to kierunek Z).

2D vs. 3D

```
! Przypisanie pamięci:
allocate (geo (0:nx+1,0:ny+1,0:nz+1))

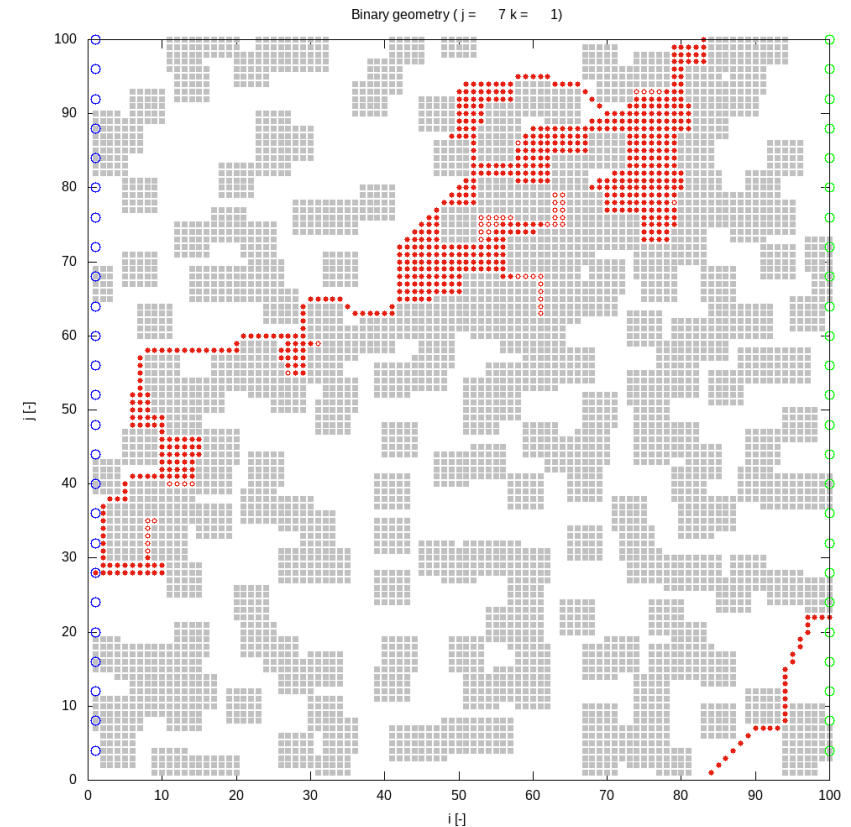
...

! Odczyt pliku z geometria:
geo = 0
open (1,file='geo.lbm',err=1000)
do i = 1, nx
  do j = 1, ny
    do k = 1, nz
      read (1, '(I2$) ') geo (i,j,k)
    end do
  end do
end do
close (1)
```

...

Fragment kodu autorskiego programu astar

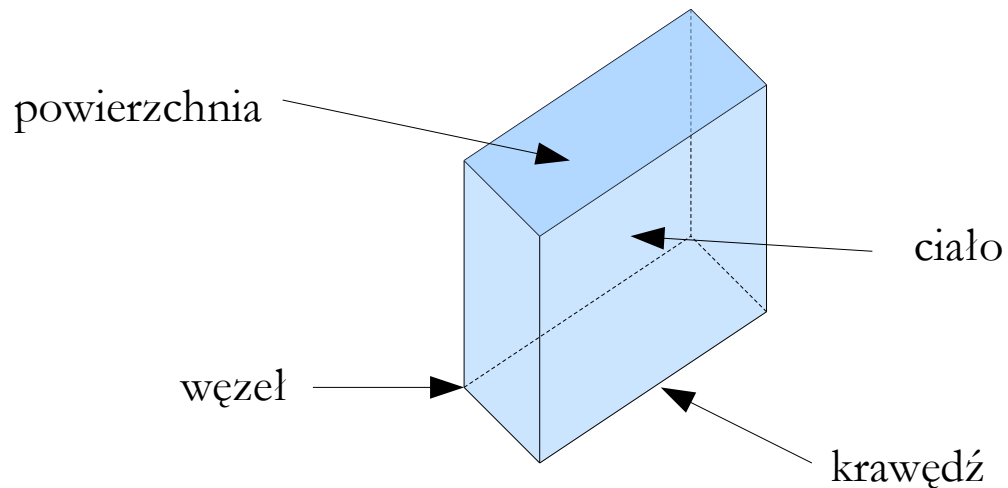
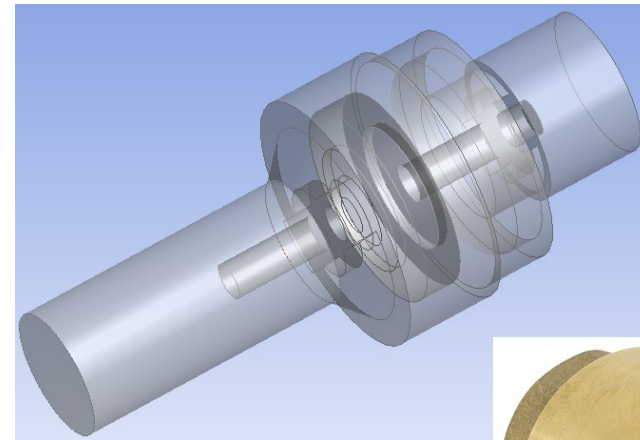
– dla działania programu nie ma znaczenia czy $n_z > 1$ czy też $n_z = 1$.



Podstawowe elementy geometrii

Podstawowe elementy geometrii:

- punkty (nodes),
- krawędzie (edges),
- powierzchnie (faces),
- ciała lub bryły (bodies, solids).



Elementy te mogą służyć do tworzenia zarówno geometrii bryłowej, jak i powierzchniowej.

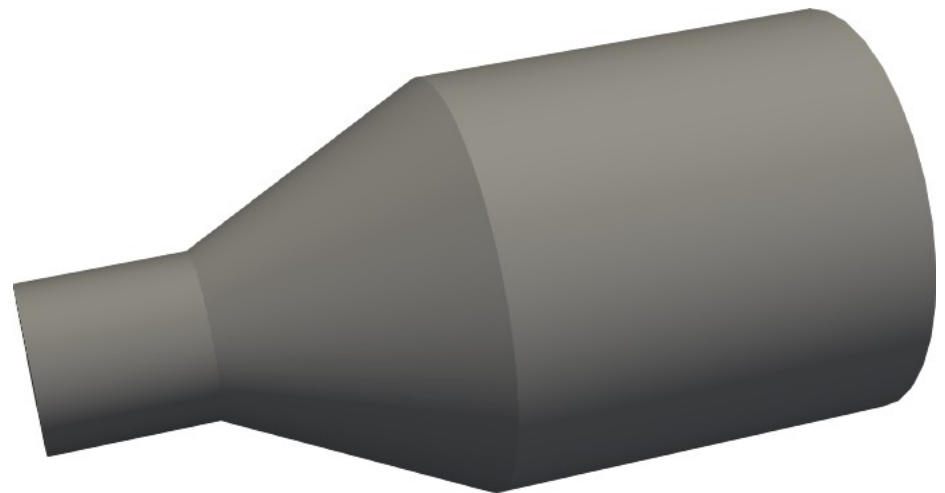


Geometria bryłowa i powierzchniowa

Modelowanie bryłowe – tworzenie geometrii poprzez stosowanie brył o zadanych cechach i relacjach. Istnieją 2 opcje modelowania:

1. Bezpośrednie tworzenie brył z kształtów prostych (prostokątów, walców, stożków, sfer, itp.).

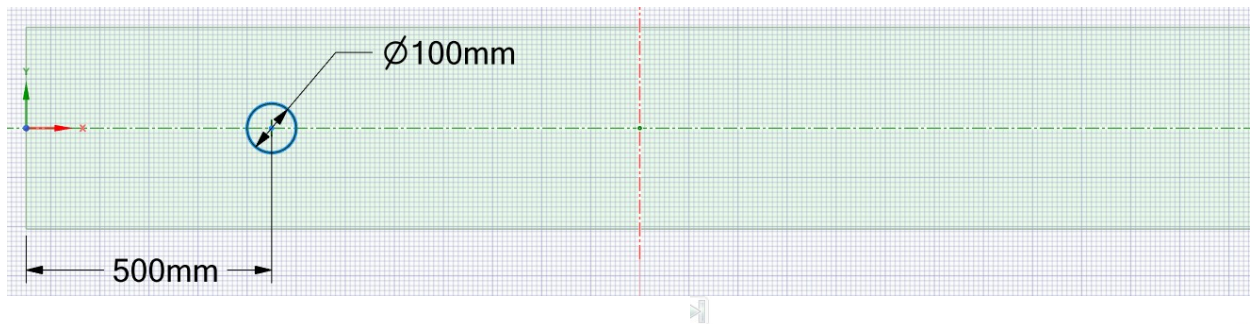
Przykład geometrii utworzonej z 3 kształtów podstawowych (ParaView).



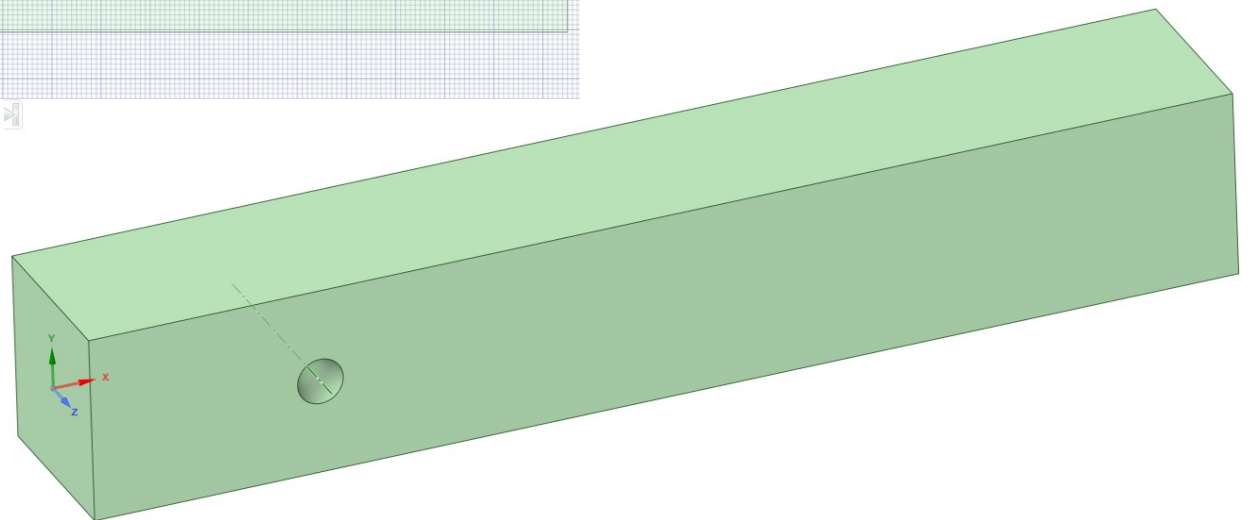
Geometria bryłowa i powierzchniowa

Modelowanie bryłowe – tworzenie geometrii poprzez stosowanie brył o zadanych cechach i relacjach. Istnieją 2 opcje modelowania:

2. Pośrednie tworzenie brył na podstawie szkiców 2D i dalszej ich obróbki (wyciągnięcia prostego, wyciągnięcia po ścieżce, obrotu, itp.).

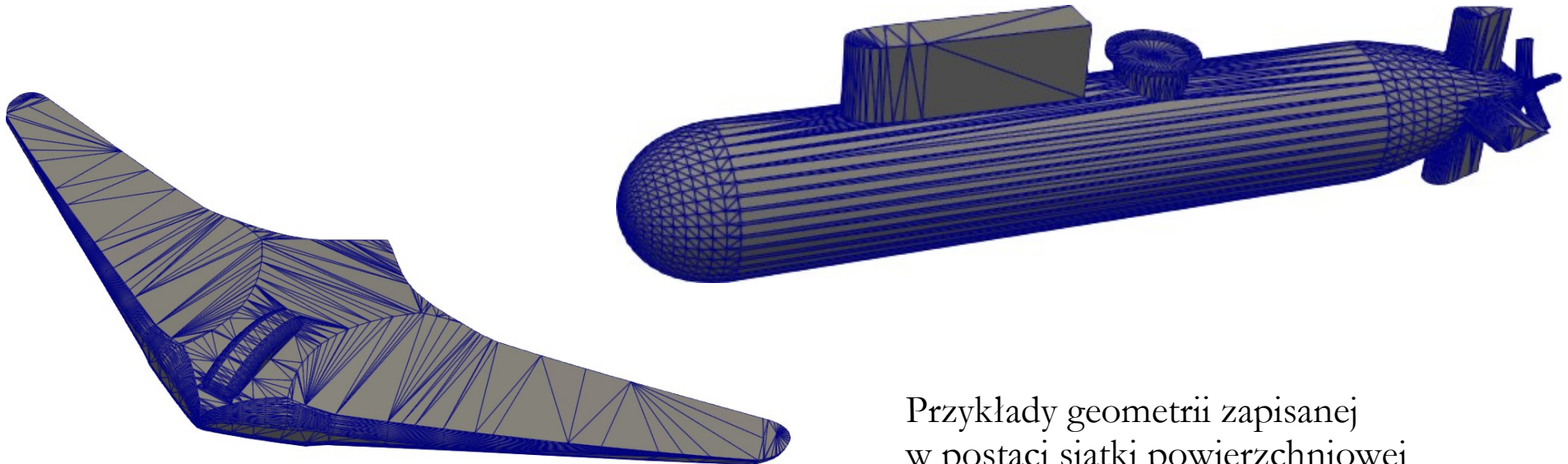


Przykład geometrii utworzonej z wyciągnięcia szkicu 2D (SpaceClaim).



Geometria bryłowa i powierzchniowa

Modelowanie powierzchniowe – tworzenie geometrii poprzez definiowanie linii lub powierzchni ją ograniczających.



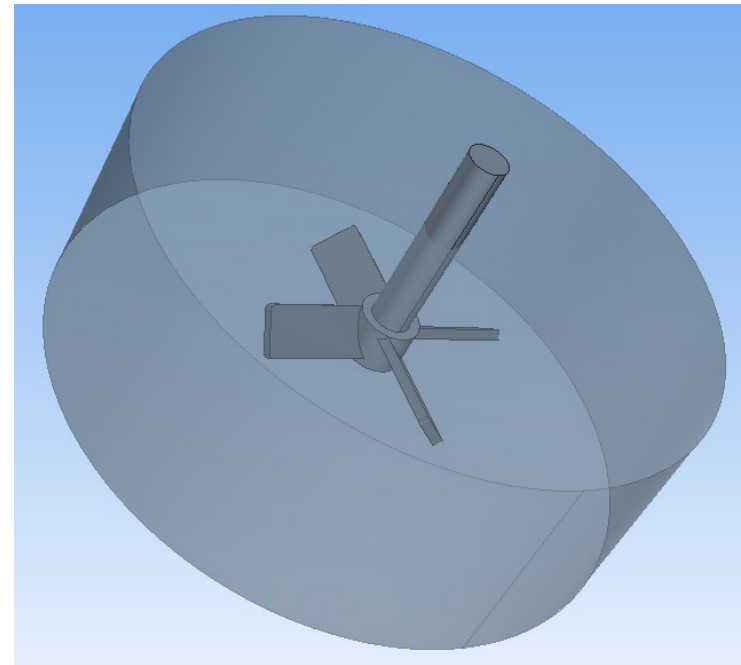
Przykłady geometrii zapisanej w postaci siatki powierzchniowej (wizualizacja w ParaView).

Transformacja geometrii

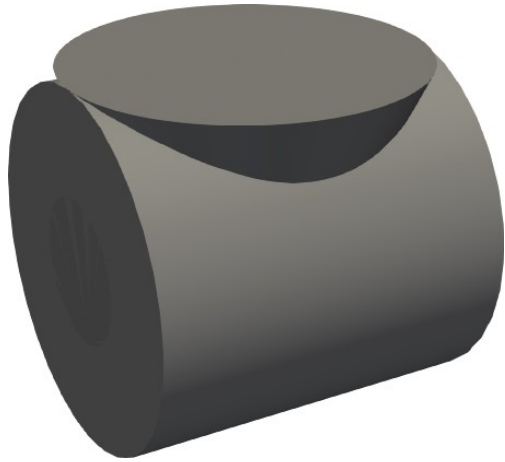
Podstawowe formy transformacji:

- przesunięcie,
- obrót,
- skalowanie.

Celem transformacji jest dopasowanie do siebie rozmiarów i położenia poszczególnych elementów tworzących daną geometrię.

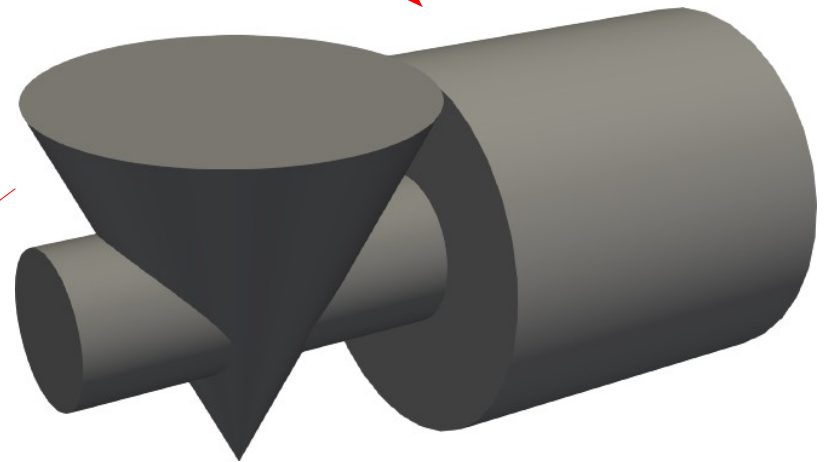


Transformacja geometrii

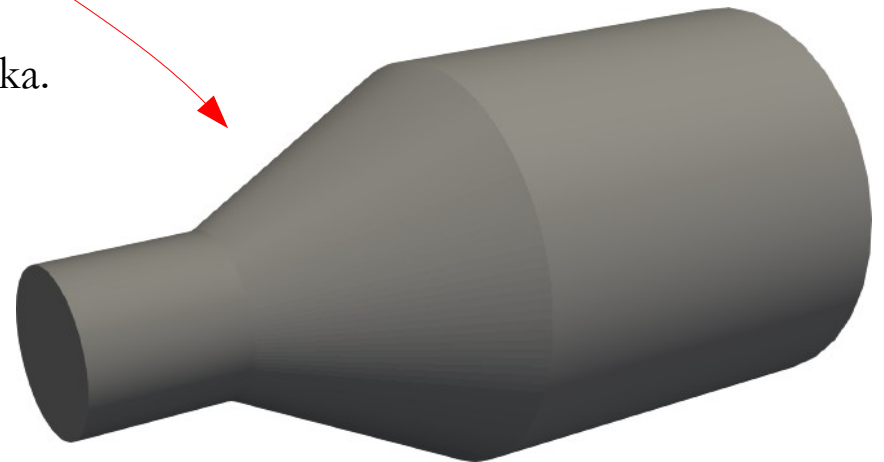


Wstawienie trzech kształtów prostych.

Przesunięcie jednego walca.

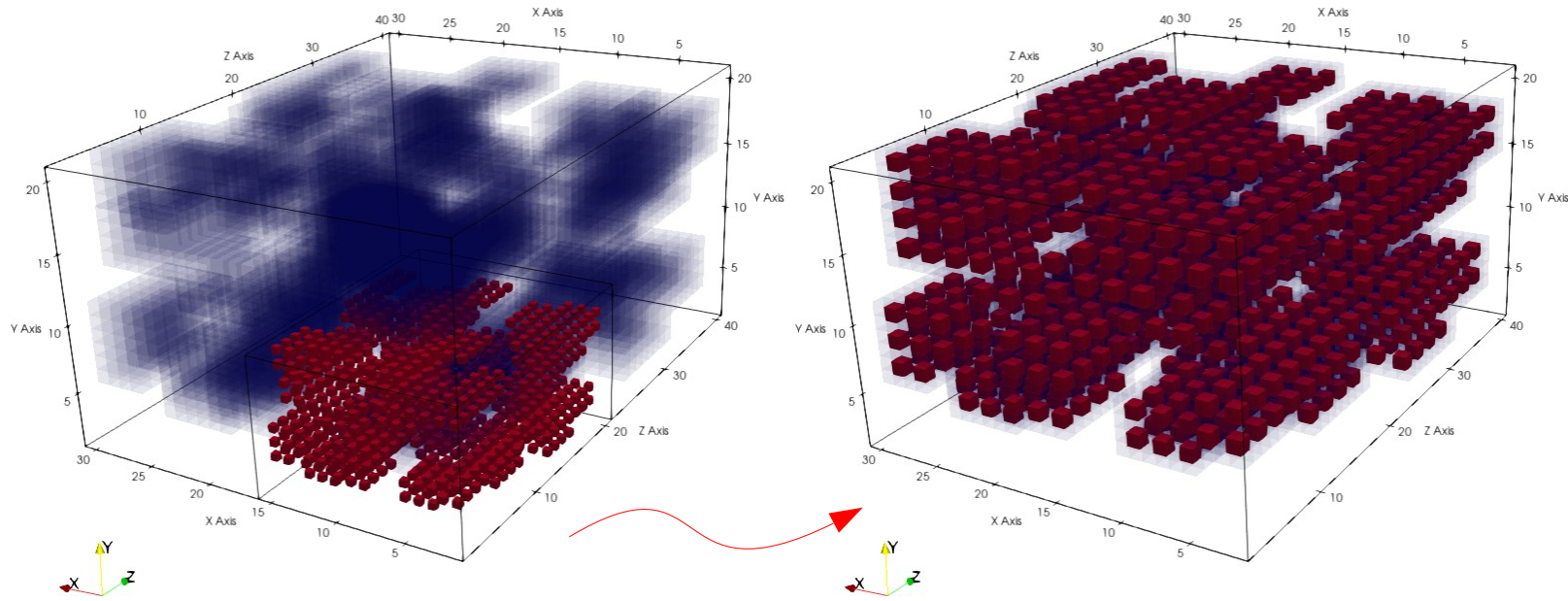


Obrót stożka.



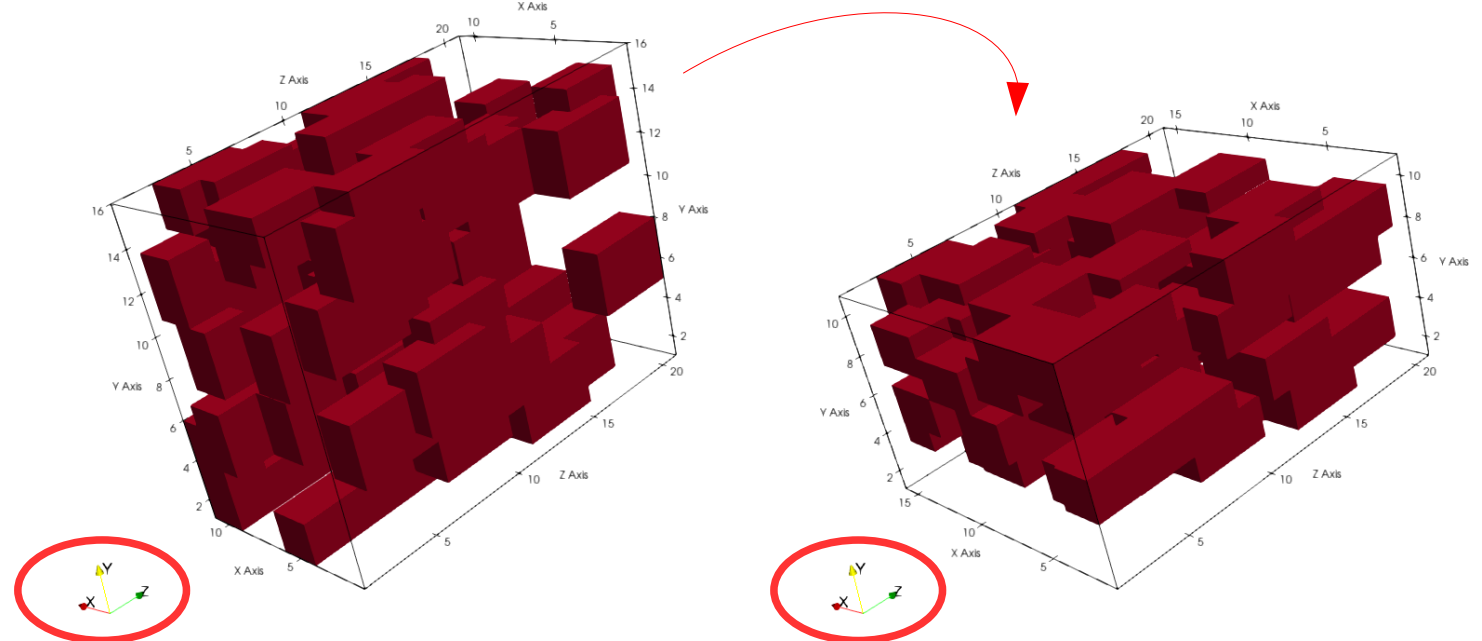
Przykład transformacji elementów (ParaView).

Transformacja geometrii



Przykład skalowania geometrii binarnej.

Przykład obrotu geometrii binarnej.



Formaty plików

Standardy zapisu geometrii bryłowej:

- **STEP/STP** (Standard for the Exchange of Product Data) – format, w którym zapisywane są wszystkie informacje o obiektach, ich cechach i relacjach. Jest to format uniwersalny, umożliwiający wymianę danych między różnymi programami.
- **IGES** (Initial Graphics Exchange Specification) – poprzednik standardu STEP, przechowujący nieco mniej informacji.

Format STEP jest zalecany podczas pracy w pakiecie **ANSYS**.

Formaty plików

Standardy zapisu geometrii powierzchniowej:

- **STL** (Standard Tessellation Language) – format, w którym obiekty zapisywane są jako powierzchnie składające się ze zbioru trójkątów.

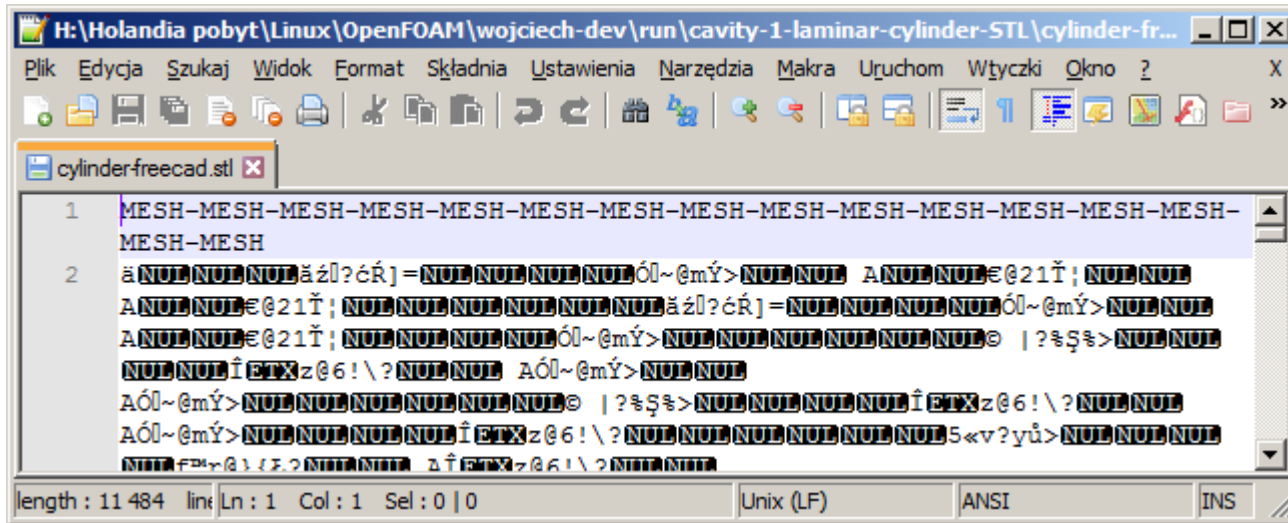
```
solid name
  facet normal  $n_i, n_j, n_k$ 
    outer loop
      vertex  $v1_x, v1_y, v1_z$ 
      vertex  $v2_x, v2_y, v2_z$ 
      vertex  $v3_x, v3_y, v3_z$ 
    endloop
endsolid name
```

Struktura formatu STL ASCII

Istnieje jeszcze format binarny, w którym pliki mają mniejszą objętość.

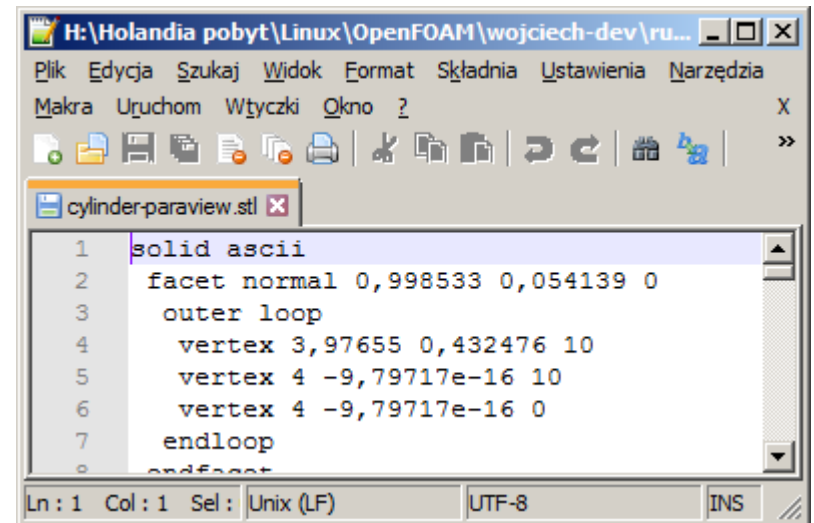
Format STL jest zalecany podczas pracy w pakiecie **OpenFOAM**.

Formaty plików



A screenshot of a text editor window titled 'cylinder-freecad.stl'. The window shows a file with a length of 11,484 lines. The content is a binary STL file, represented by a long sequence of non-printable characters. The status bar at the bottom indicates 'Unix (LF)' line endings and 'ANSI' encoding.

Plik *.STL binarny.



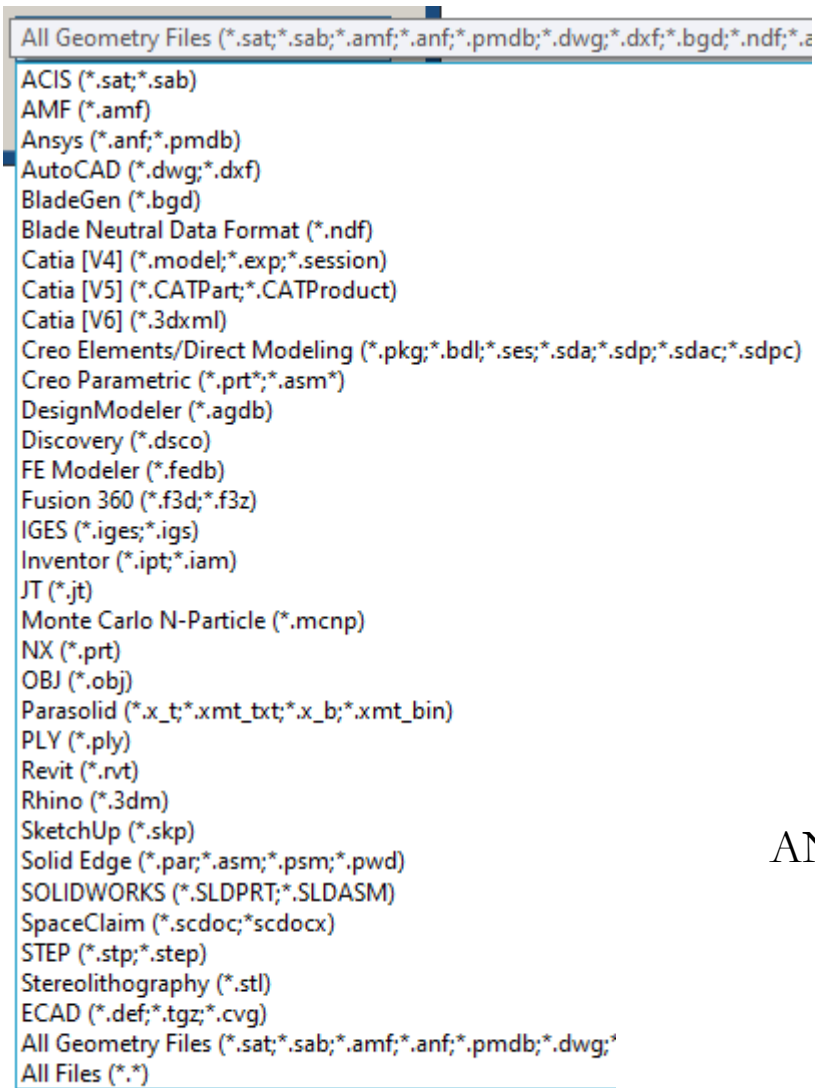
A screenshot of a text editor window titled 'cylinder-paraview.stl'. The window shows a file with a length of 11,484 lines. The content is an ASCII STL file, showing the following text:

```
1 solid ascii
2 facet normal 0,998533 0,054139 0
3 outer loop
4 vertex 3,97655 0,432476 10
5 vertex 4 -9,79717e-16 10
6 vertex 4 -9,79717e-16 0
7 endloop
8 endfacet
```

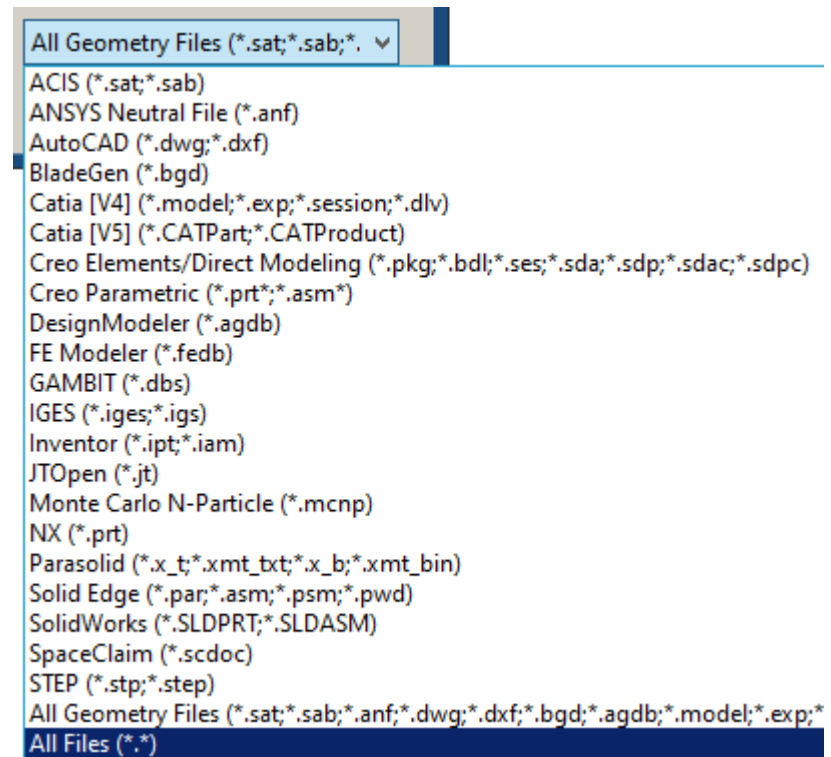
The status bar at the bottom indicates 'Unix (LF)' line endings and 'UTF-8' encoding.

Plik *.STL ASCII.

Formaty plików

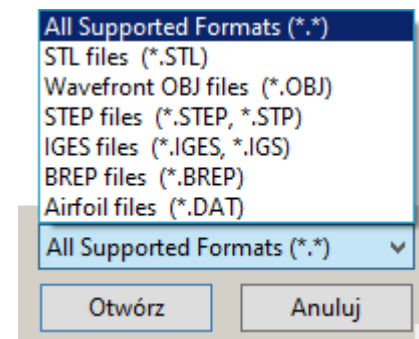


ANSYS SpaceClaim (2022 R1).

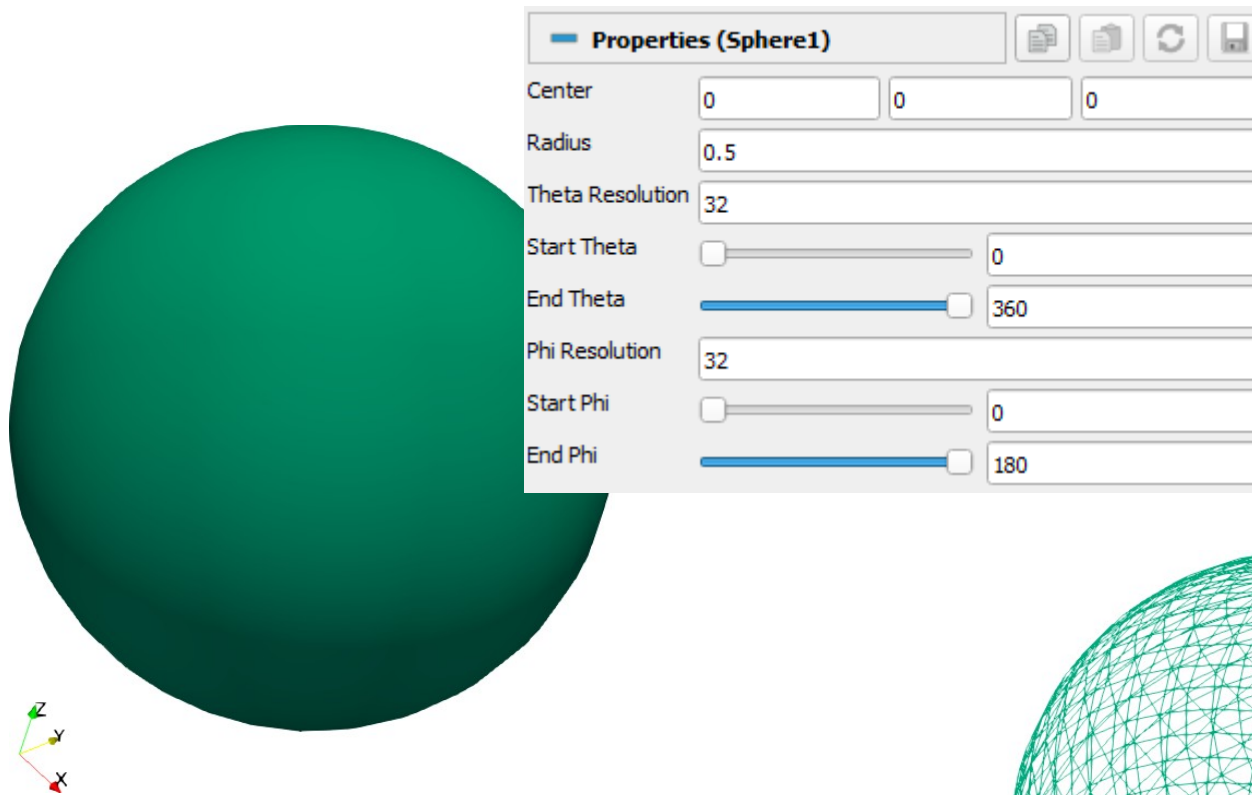


ANSYS DesignModeller (14.5).

SimFlow (4.0).



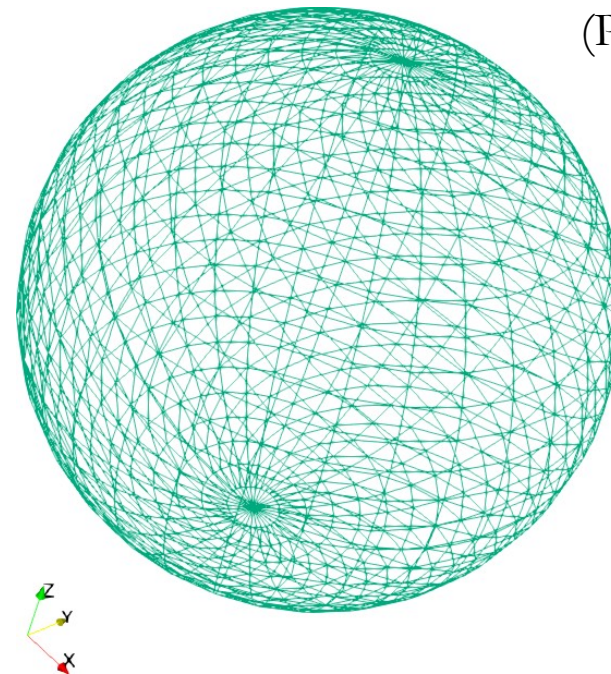
Przykłady konwersji formatów danych



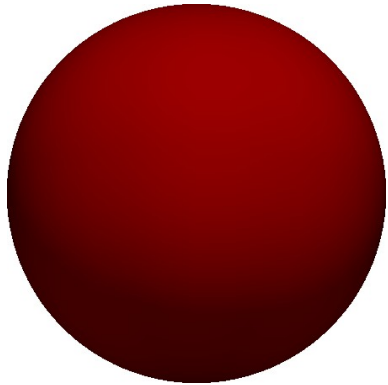
Sfera utworzona poprzez podanie współrzędnych środka oraz promienia (ParaView).

Sfera zapisana w formacie STL (ParaView).

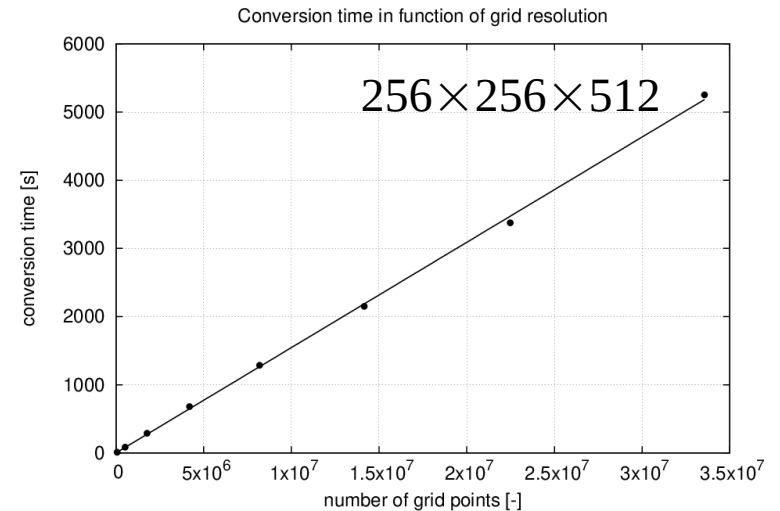
Przykład konwersji geometrii pojedynczej sfery (geometria wektorowa) na sieć trójkątów (geometria wektorowa).



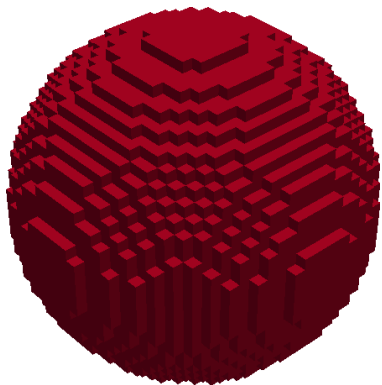
Przykłady konwersji formatów danych



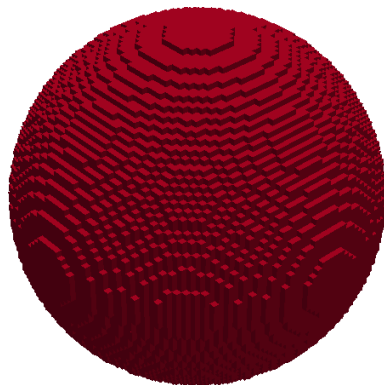
Przykład konwersji geometrii pojedynczej sfery (geometria wektorowa) na sieć węzłów (geometria binarna).



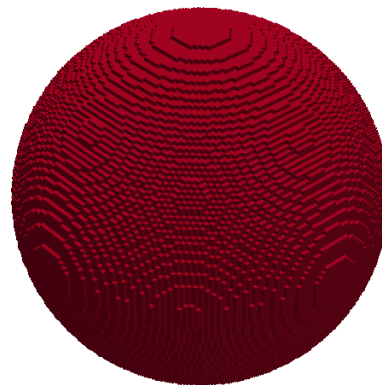
4096000 węzłów – większej rozdzielczości nie dało się wizualizować!



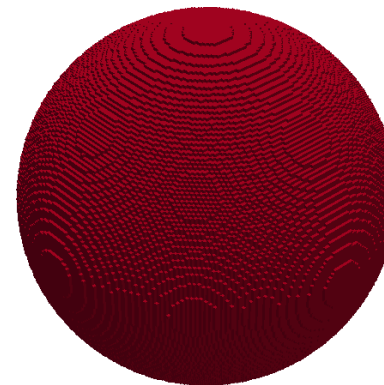
$32 \times 32 \times 32$



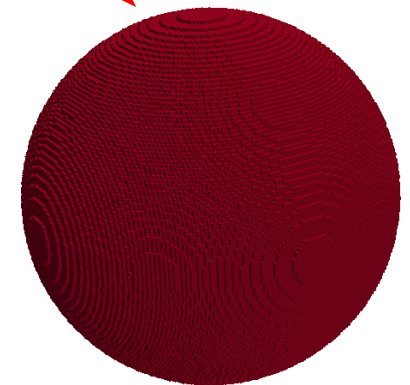
$64 \times 64 \times 64$



$96 \times 96 \times 96$

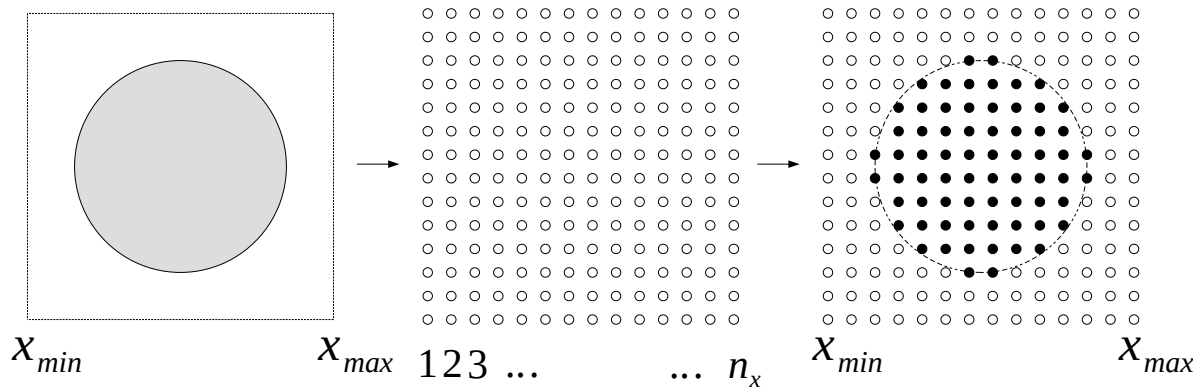


$128 \times 128 \times 128$



$160 \times 160 \times 160$

Przykłady konwersji formatów danych

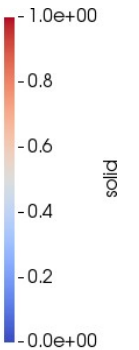
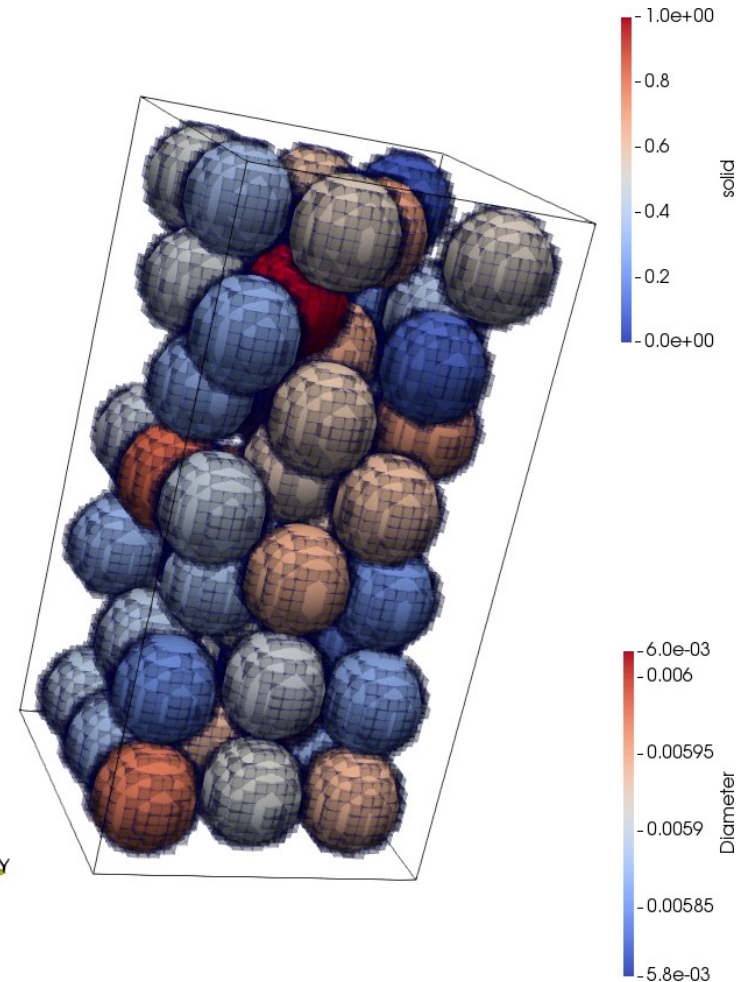
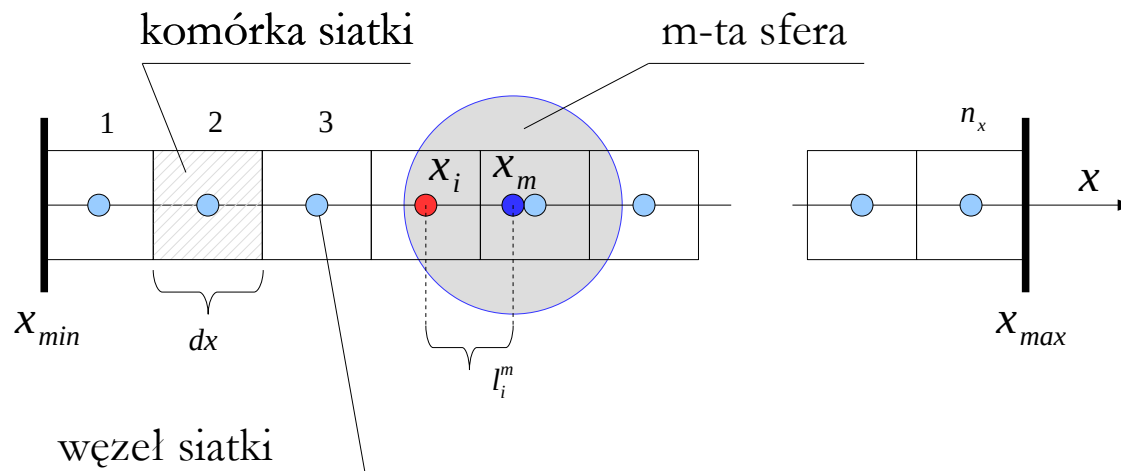


geometria wektorowa

siatka punktów

geometria binarna

Idea konwersji geometrii wektorowej na binarną – przykład złoża granularnego.

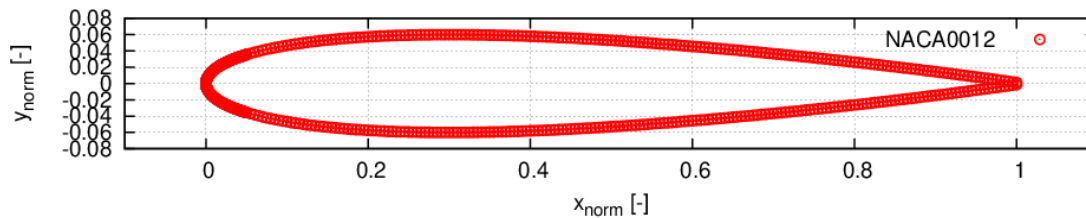


Przykłady konwersji formatów danych

```
NACA0012.dat — Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
1.000000 0.001260
0.995000 0.001959
0.990000 0.002654
0.985000 0.003345
0.980000 0.004032
0.975000 0.004714
```

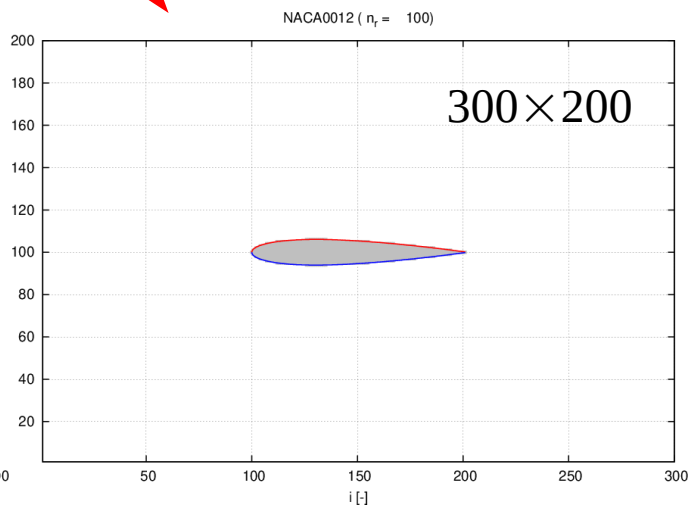
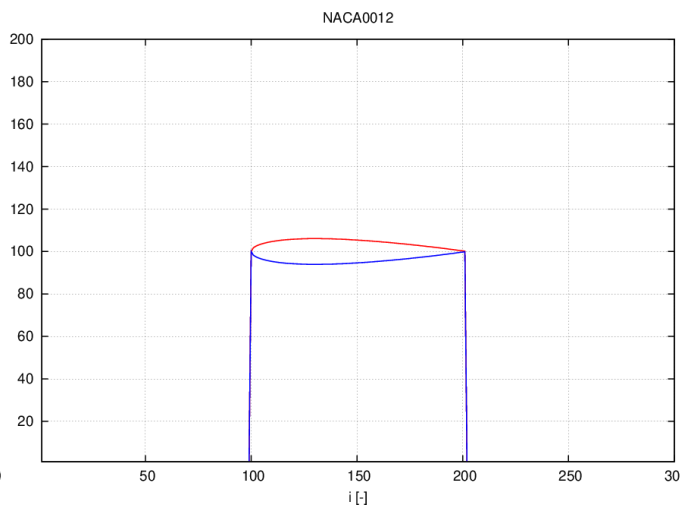
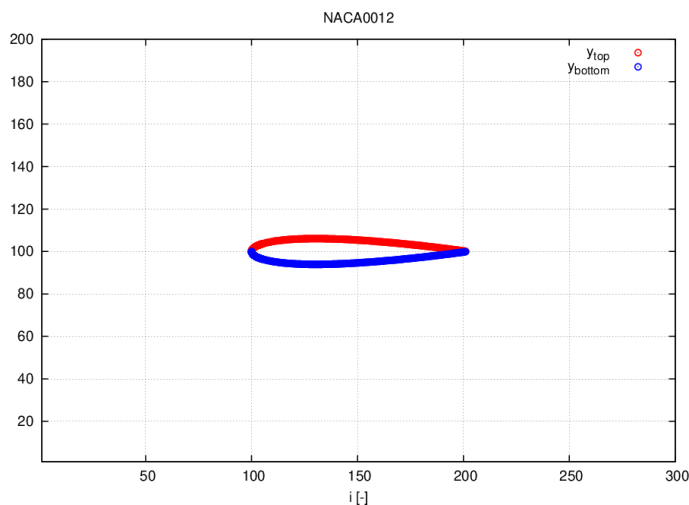
Przykład konwersji geometrii wektorowej na binarną:

1. Utworzenie pliku ze współrzędnymi węzłów profilu.
2. Ustalenie rozmiaru domeny i przesunięcie profilu.
3. Obrys profilu dwiema liniami: górną i dolną.
4. Konwersja na geometrię binarną.



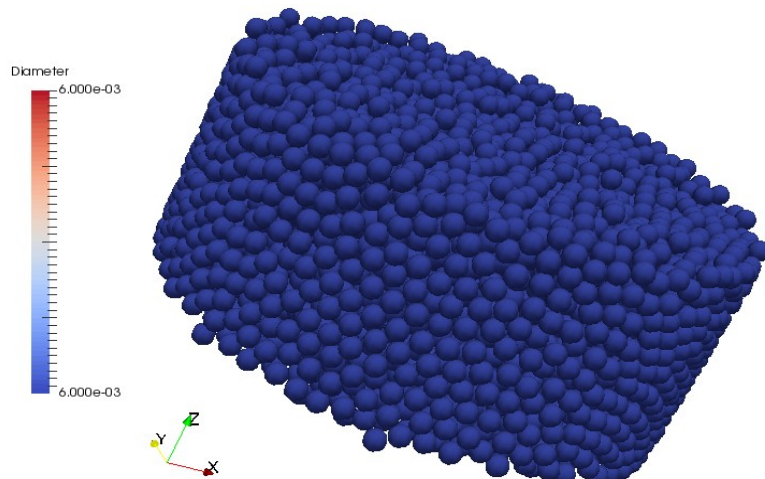
liczby rzeczywiste
(współrzędne znormalizowane)

liczby całkowite



Przykłady konwersji formatów danych

Przykład odtworzenia geometrii złoża granularnego na podstawie analizy obrazu.

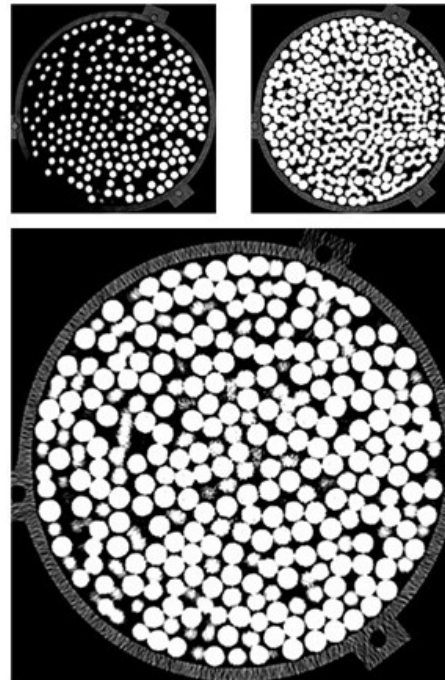


Wizualizacja fragmentu próbki złoża granularnego.

Tomograf medyczny użyty w badaniach.

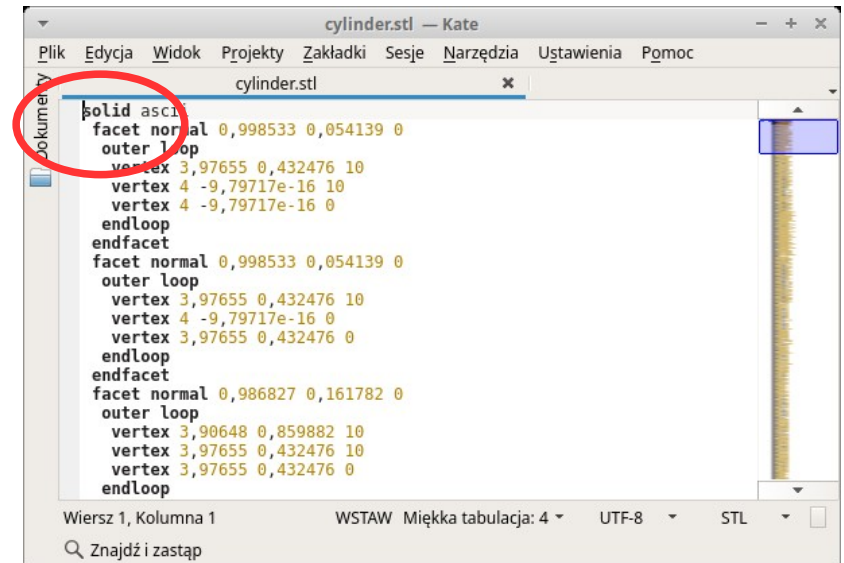
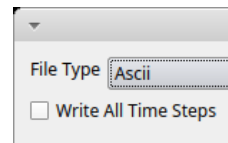
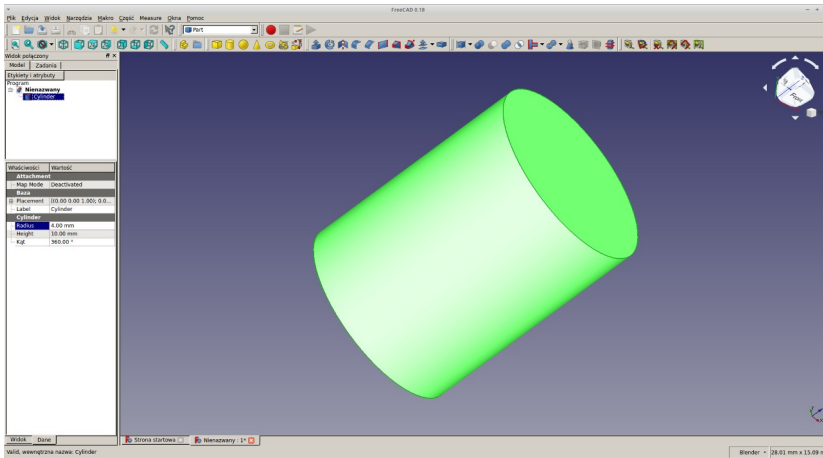


Analiza obrazu (wykrywanie cząstek).



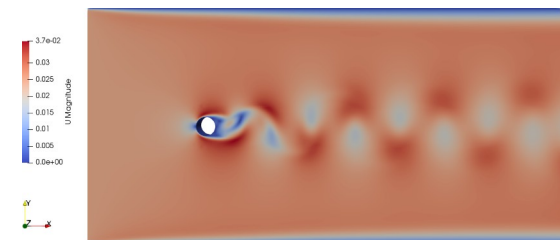
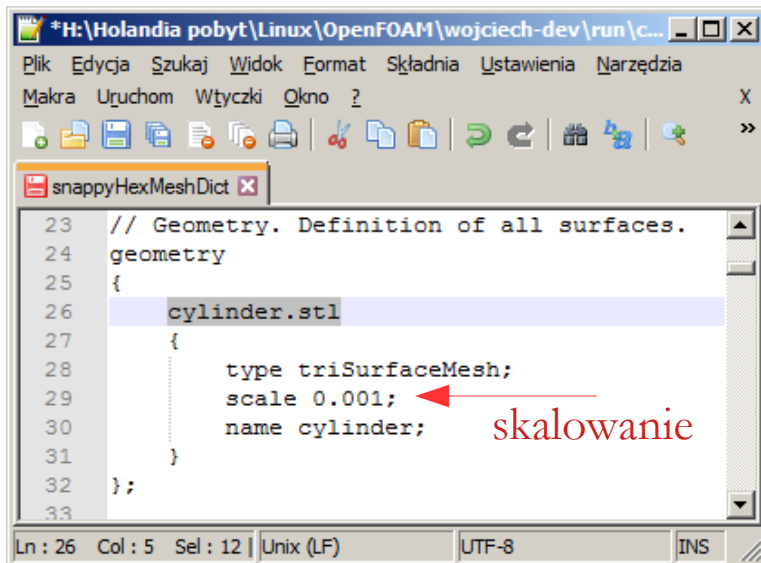
Próbka złoża granularnego.

Przykłady konwersji formatów danych



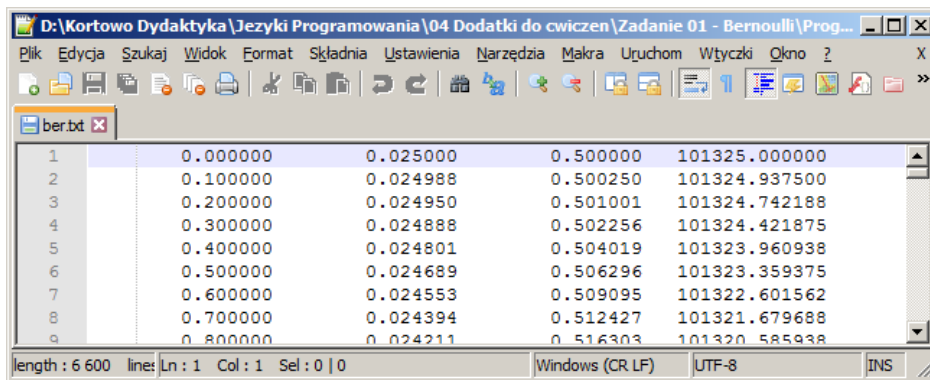
Przykład konwersji:

1. Obiekt w formacie binarnym *.STL (FreeCAD).
2. Konwersja do pliku *.STL ASCII (ParaView).
3. Zmiana nazwy obiektu (dowolny edytor plików tekstowych).
4. Definiowanie pliku z geometrią (OpenFOAM).

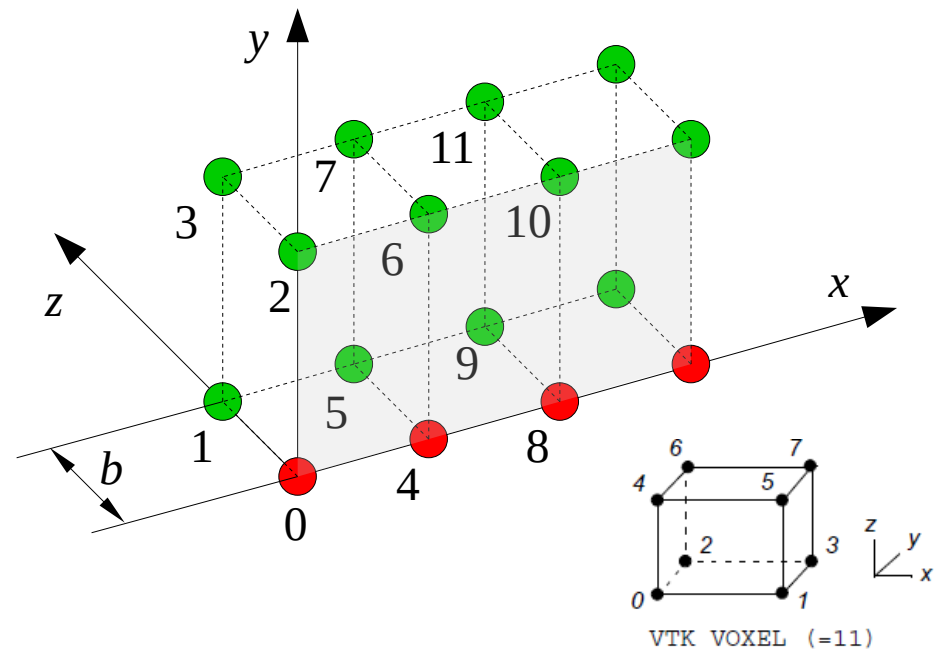
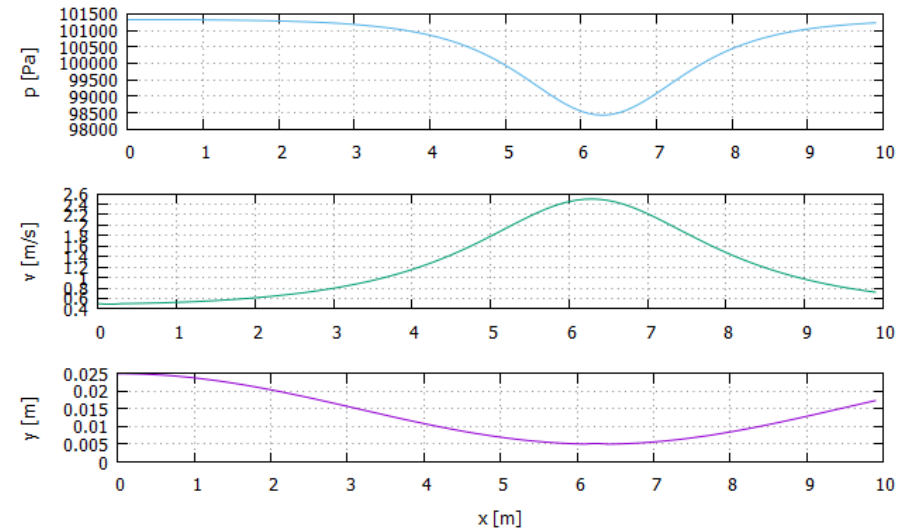
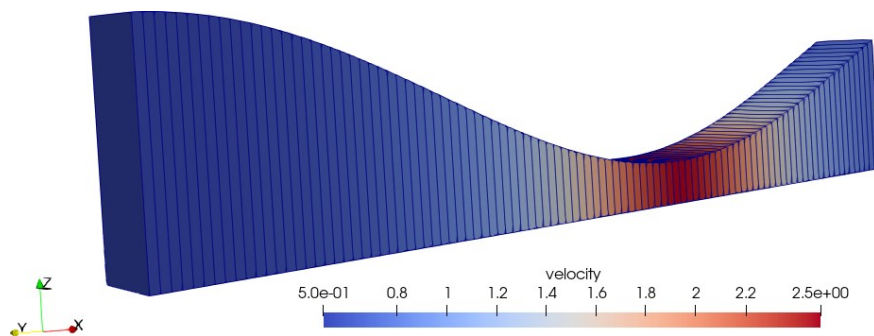


Przykłady konwersji formatów danych

Na przedmiocie Języki Programowania omawiany jest przykład konwersji formatu (dane z pliku tekstowego na format VTK) połączony z konwersją liczby wymiarów (domena 1D na 3D).

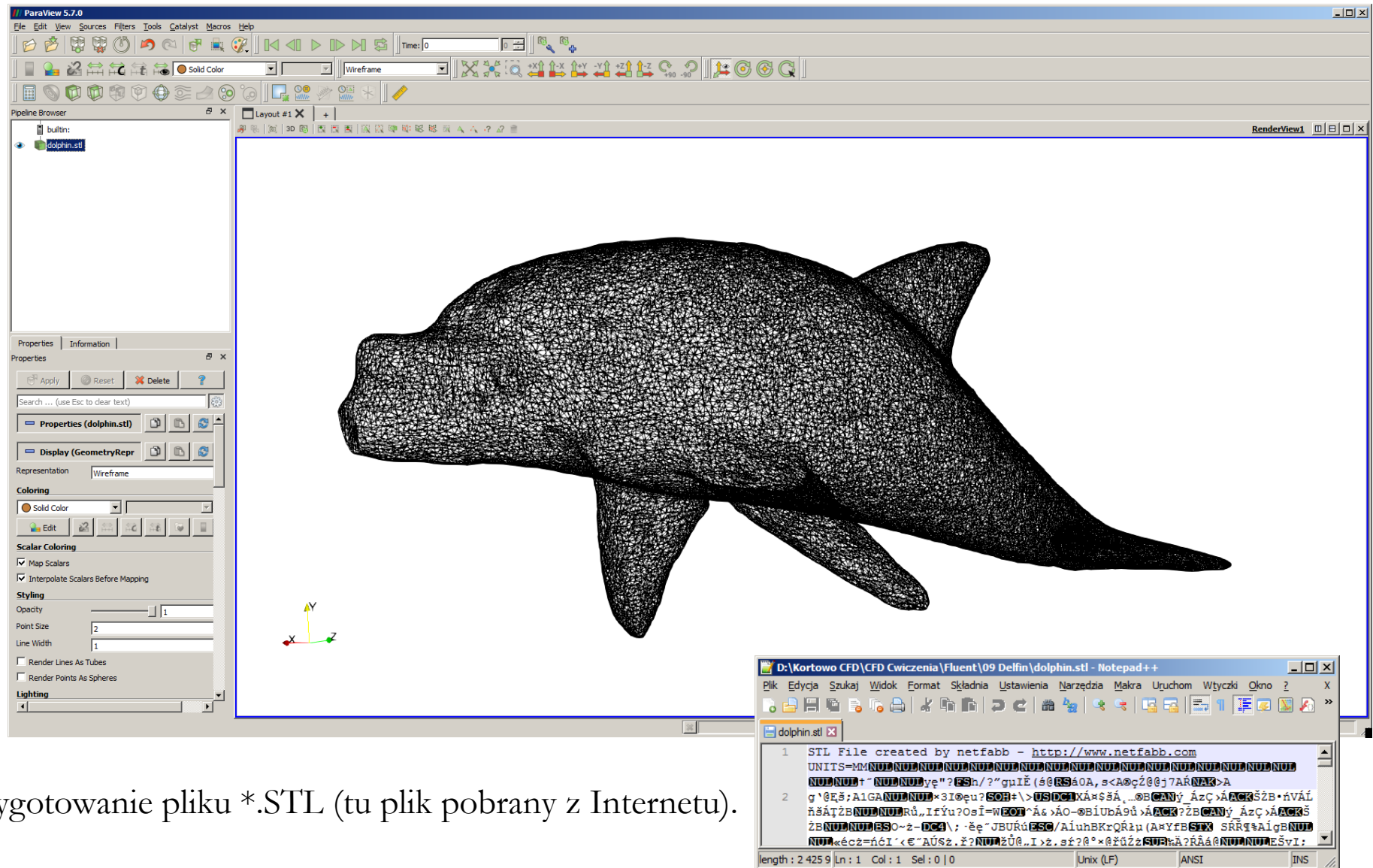


1	0.000000	0.025000	0.500000	101325.000000
2	0.100000	0.024988	0.500250	101324.937500
3	0.200000	0.024950	0.501001	101324.742188
4	0.300000	0.024888	0.502256	101324.421875
5	0.400000	0.024801	0.504019	101323.960938
6	0.500000	0.024689	0.506296	101323.359375
7	0.600000	0.024553	0.509095	101322.601562
8	0.700000	0.024394	0.512427	101321.679688
9	0.800000	0.024211	0.516303	101320.585938



Przykłady konwersji formatów danych

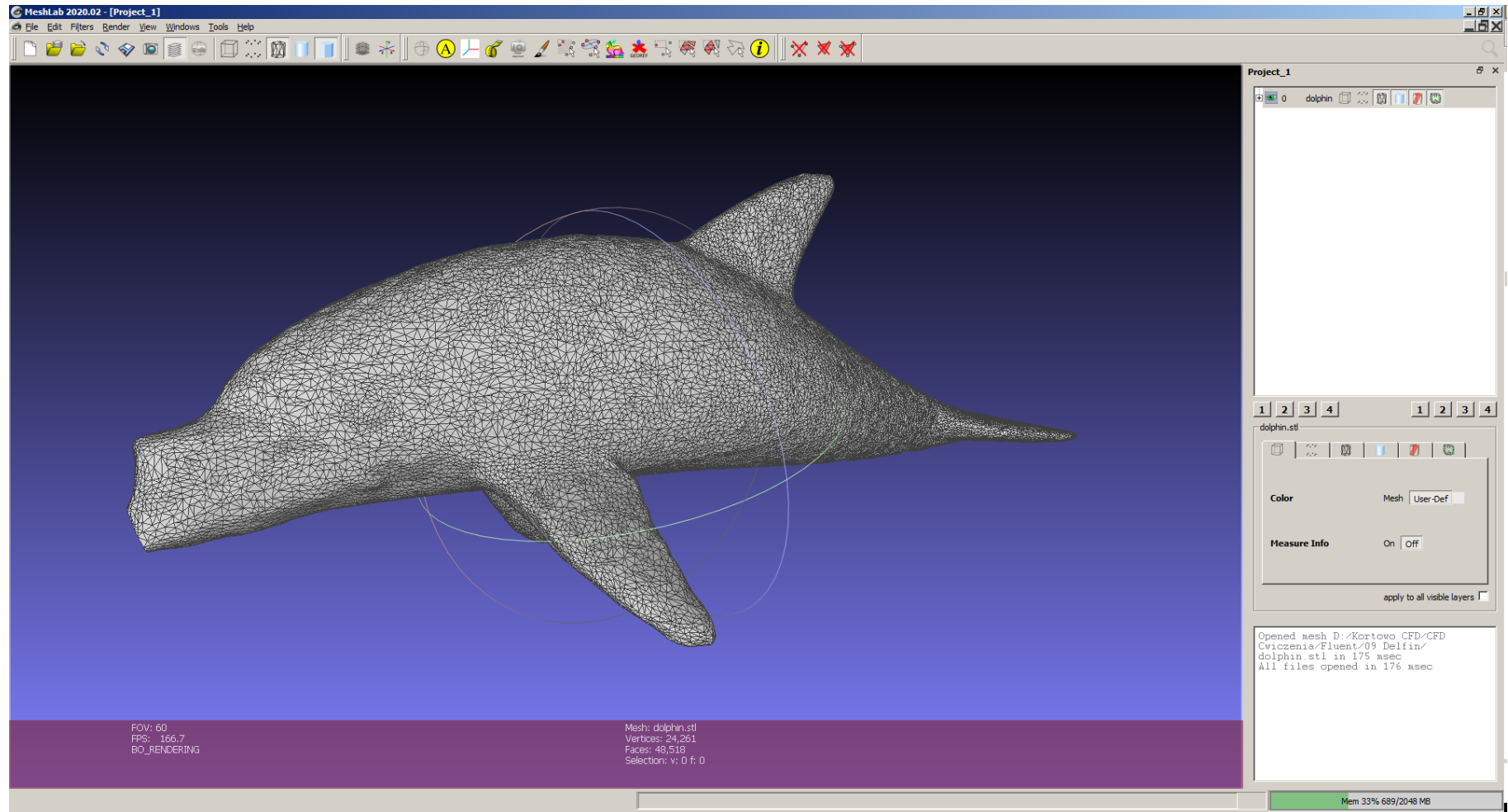
Przykład:
krok 1.



- Przygotowanie pliku *.STL (tu plik pobrany z Internetu).

Przykłady konwersji formatów danych

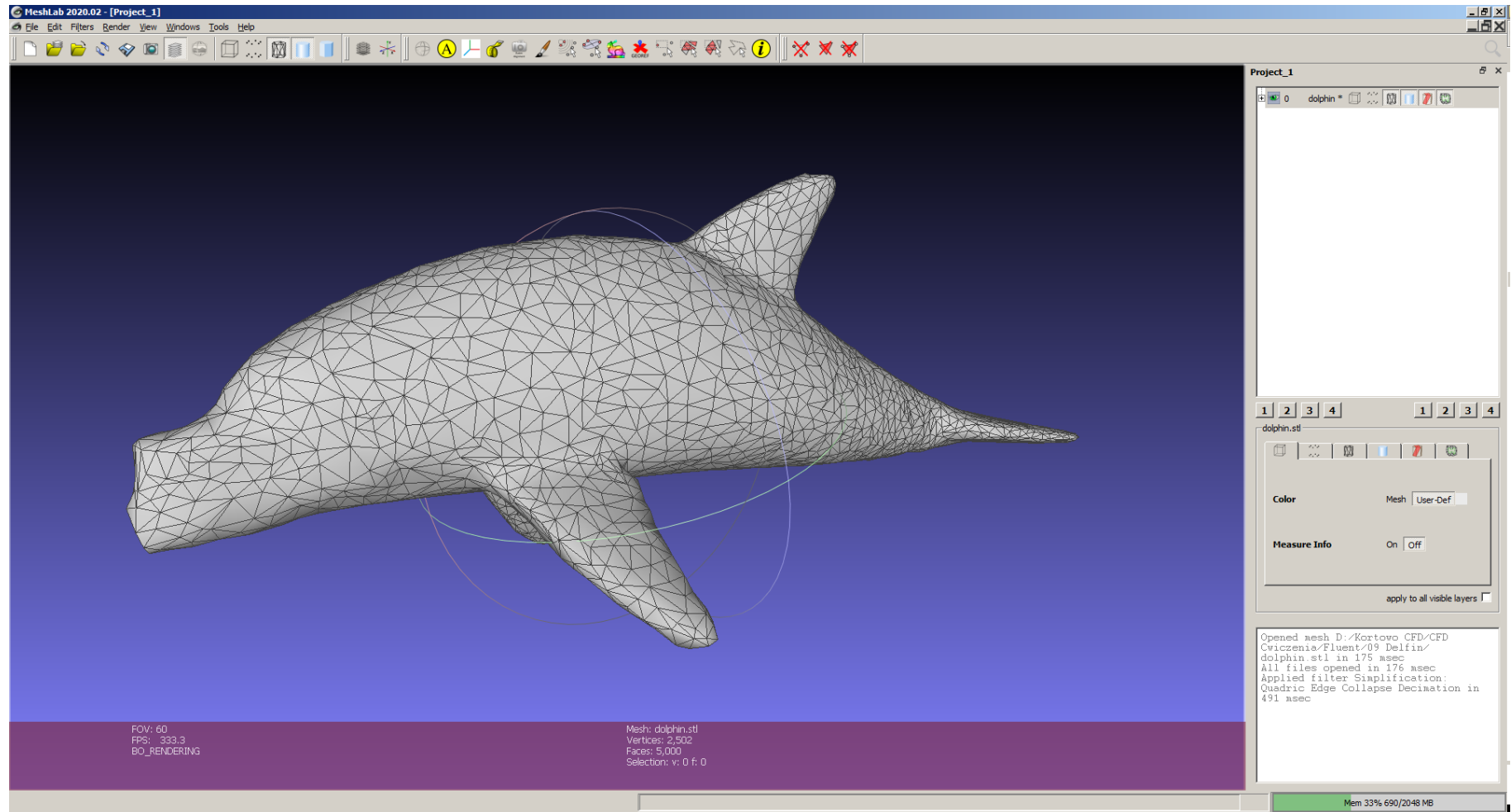
Przykład:
krok 2.



- Wczytanie geometrii w programie MeshLab.

Przykłady konwersji formatów danych

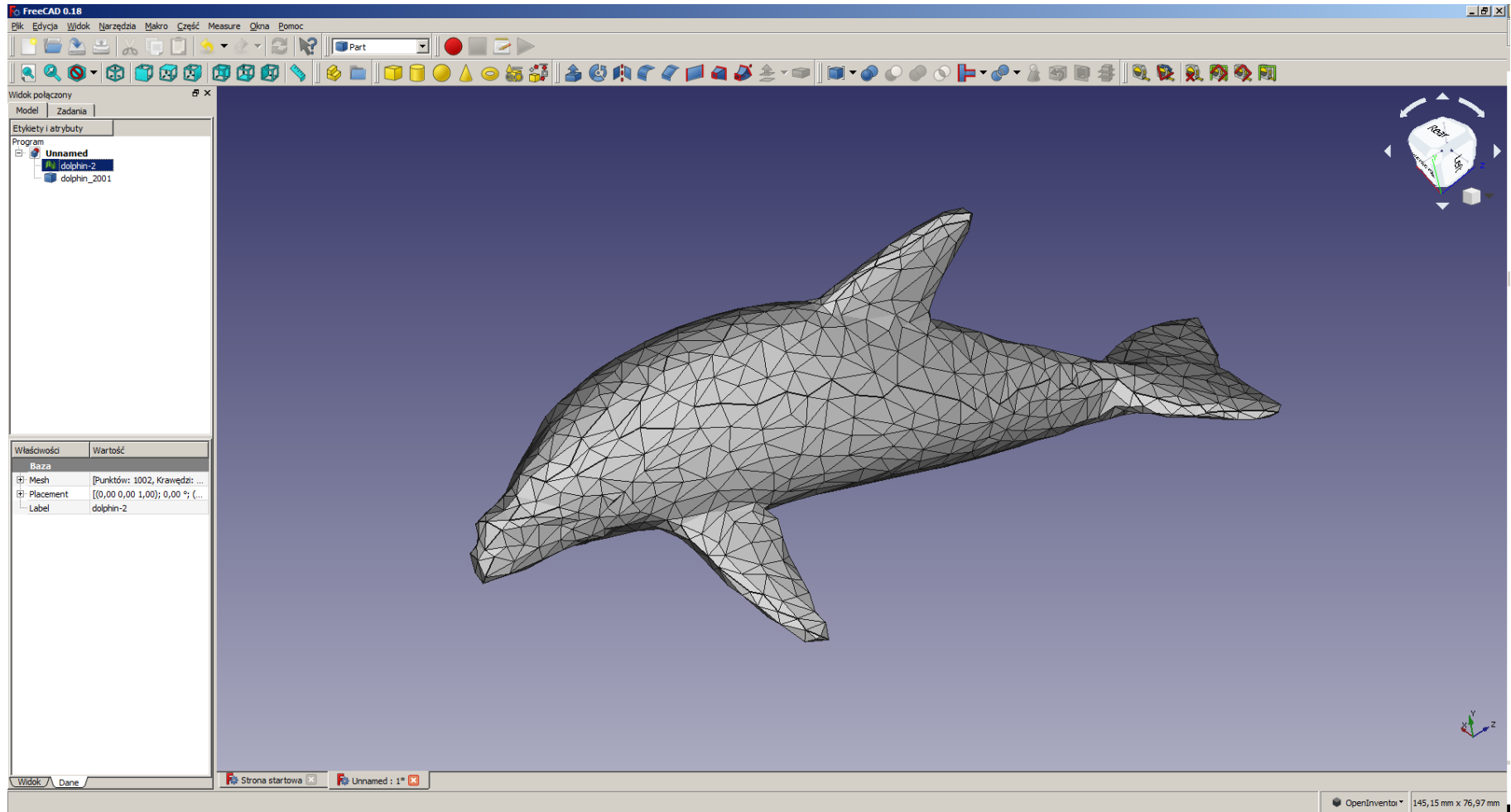
Przykład:
krok 3.



- Redukcja liczby trójkątów (tu do 5000):
”Filters – Remeshing, Simplification, and Reconstruction – Quadratic Edge Collapse Decimation”.
- Ponowny zapis geometrii w formacie *.STL.

Przykłady konwersji formatów danych

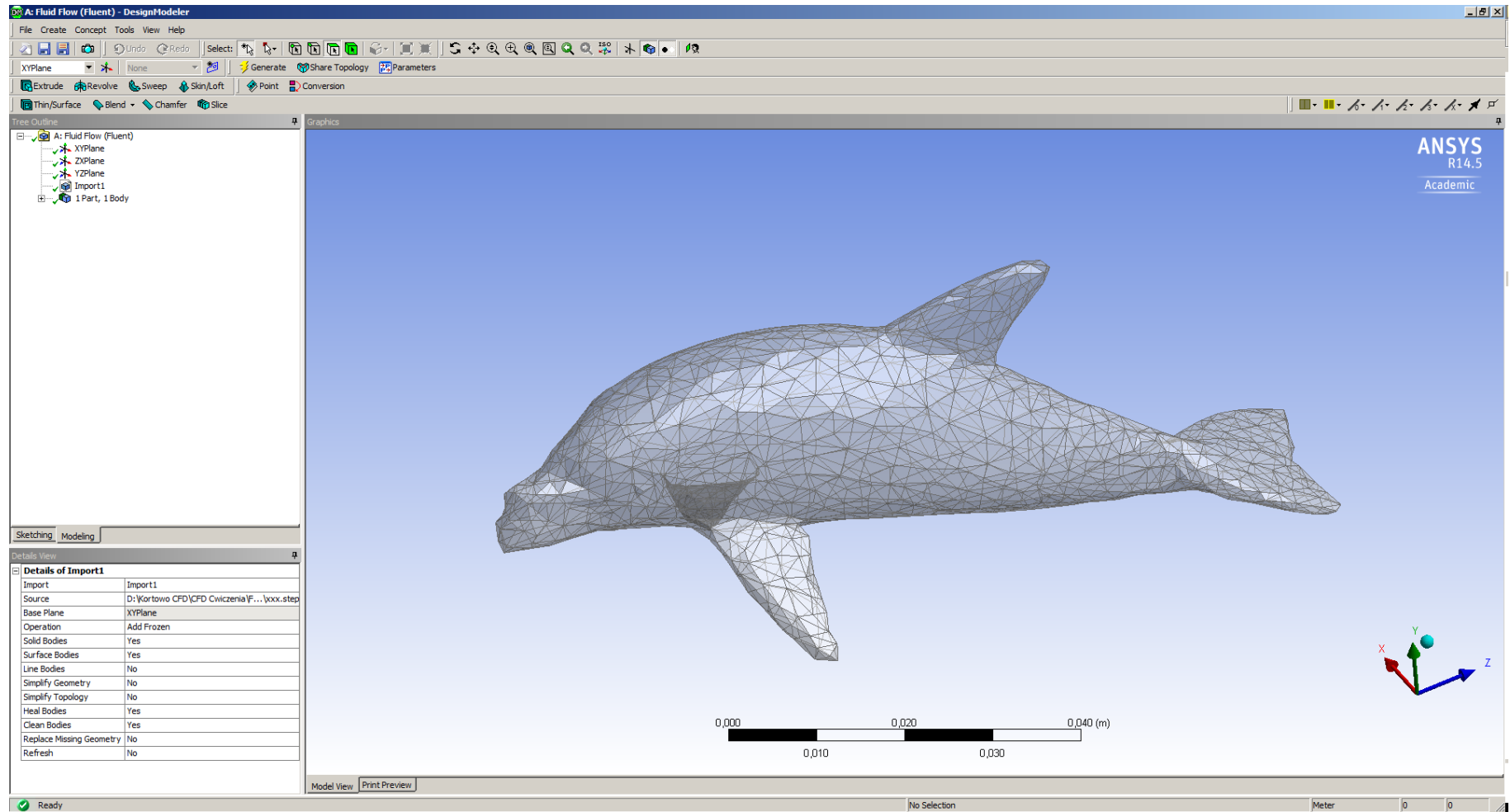
Przykład:
krok 4.



- Wczytanie geometrii (pliku *.STL) w programie FreeCAD.
- Zamiana powierzchni na bryłę: „Część – Utwórz kształt z siatki”.
- Eksport geometrii do formatu *.STEP.

Przykłady konwersji formatów danych

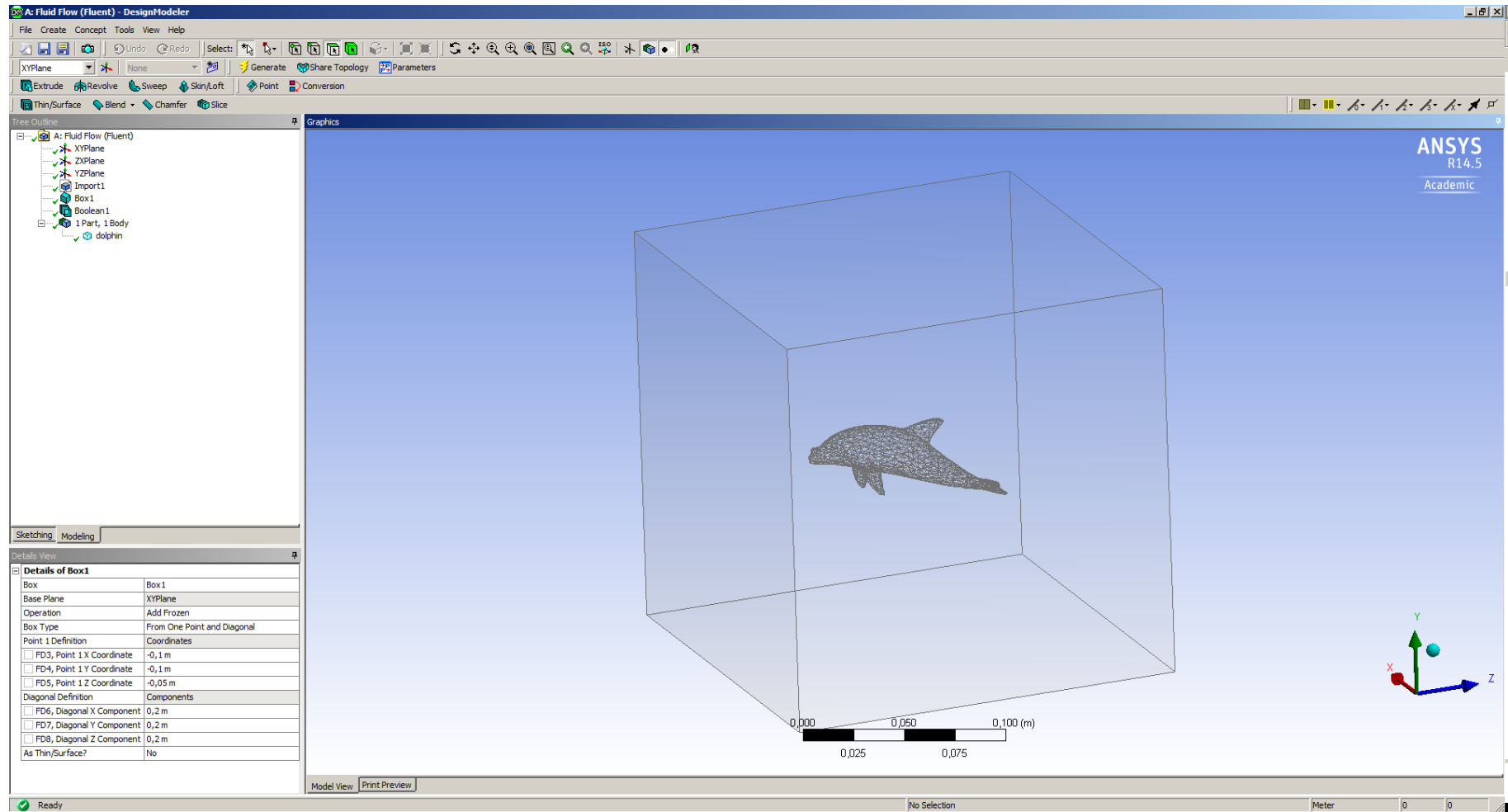
Przykład:
krok 5.



- Wczytanie geometrii (pliku *.STEP) w programie ANSYS DesignModeller.

Przykłady konwersji formatów danych

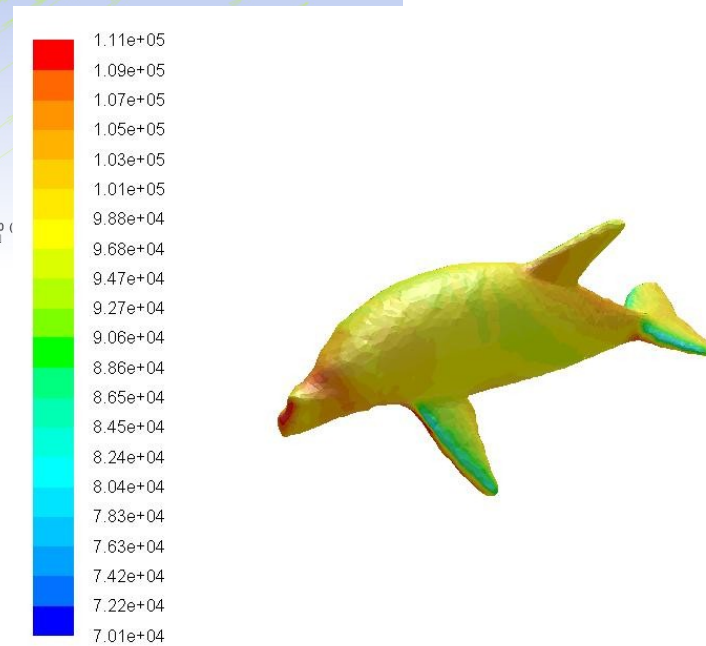
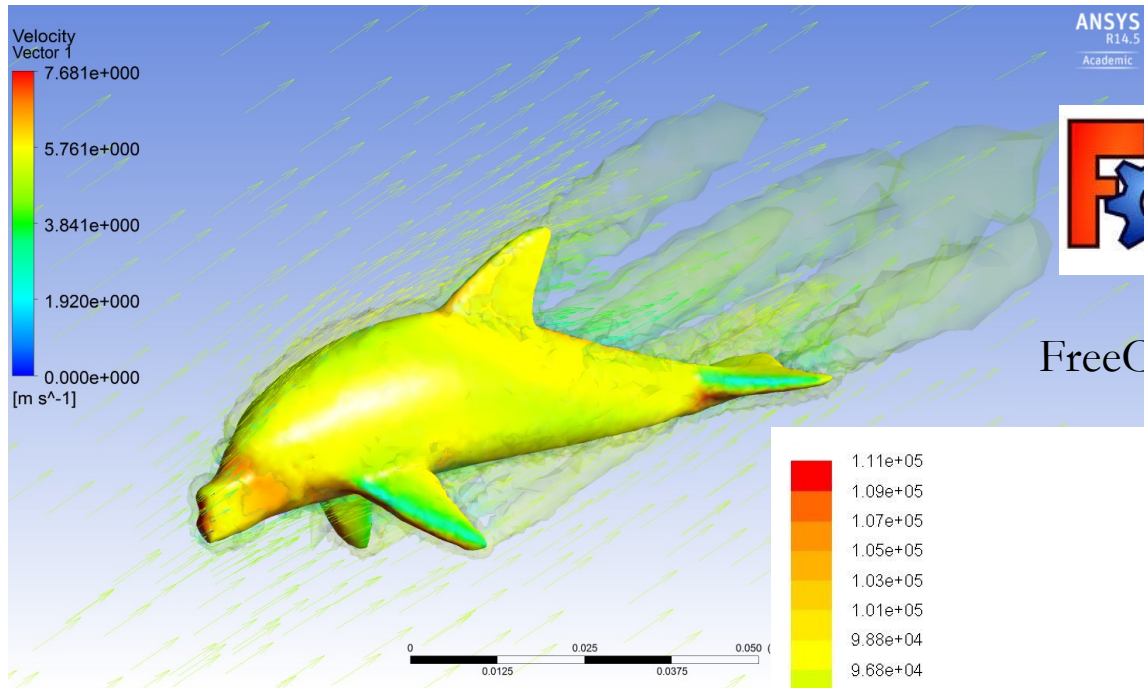
Przykład:
krok 6.



- Dodanie kształtu typu „box” (przestrzeń otaczająca opływany obiekt).
- Operacja logiczna: wycięcie obiektu („tool body”) z przestrzeni otaczającej („target body”).

Przykłady konwersji formatów danych

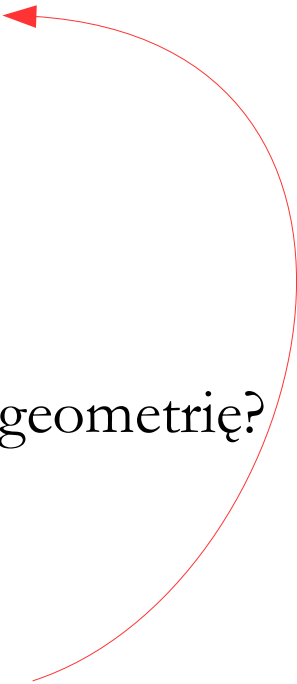
Przykład:
krok 7.



- Wykonanie symulacji numerycznej przepływu zewnętrznego.

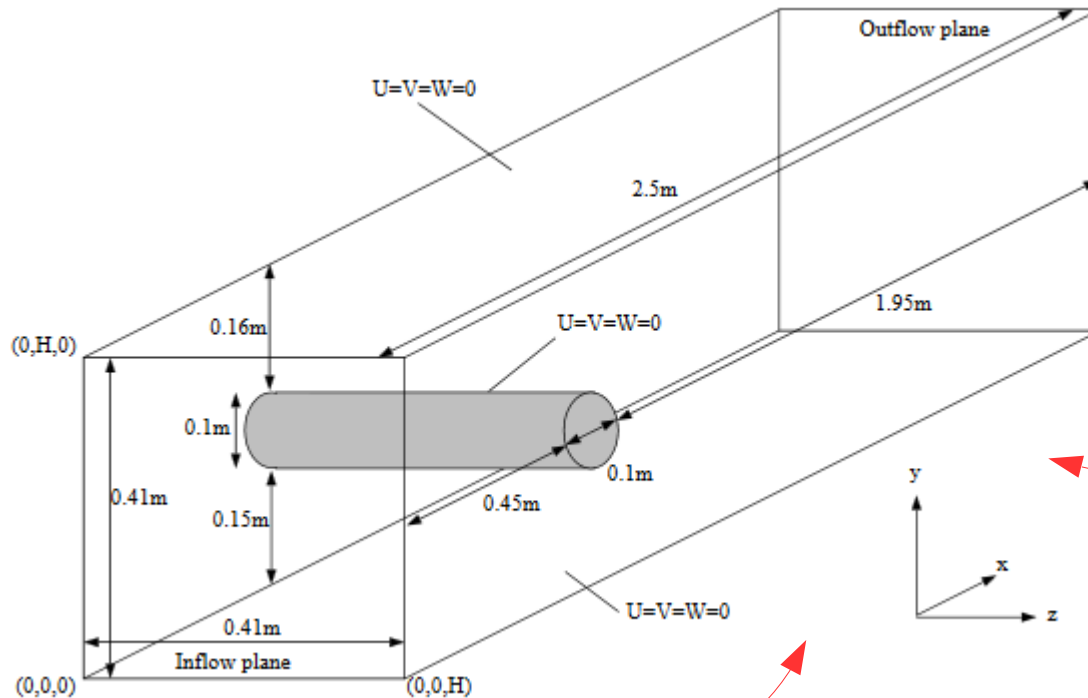
Strategie modelowania geometrii

Podstawowe założenia dotyczące domen obliczeniowych:

1. Ile przyjąć wymiarów przestrzeni?
 2. Czy zastosować warunki symetrii lub okresowości?
 3. Czy będą stosowane specjalne warunki graniczne, np. strefy obrotowe, strefy porowate, ...?
 4. Jak ustawić granice domeny w stosunku do geometrii?
 5. Gdzie będą wloty i wyloty?
 6. Które szczegóły geometrii można pominąć?
 7. Czy korzystać z narzędzi dedykowanych czy importować geometrię?
 8. W jakim formacie przygotować i zapisać geometrię?
 9. Jaka siatka numeryczna ma być później wygenerowana?
 10. Czy model posiada jakieś nietypowe cechy?
- 

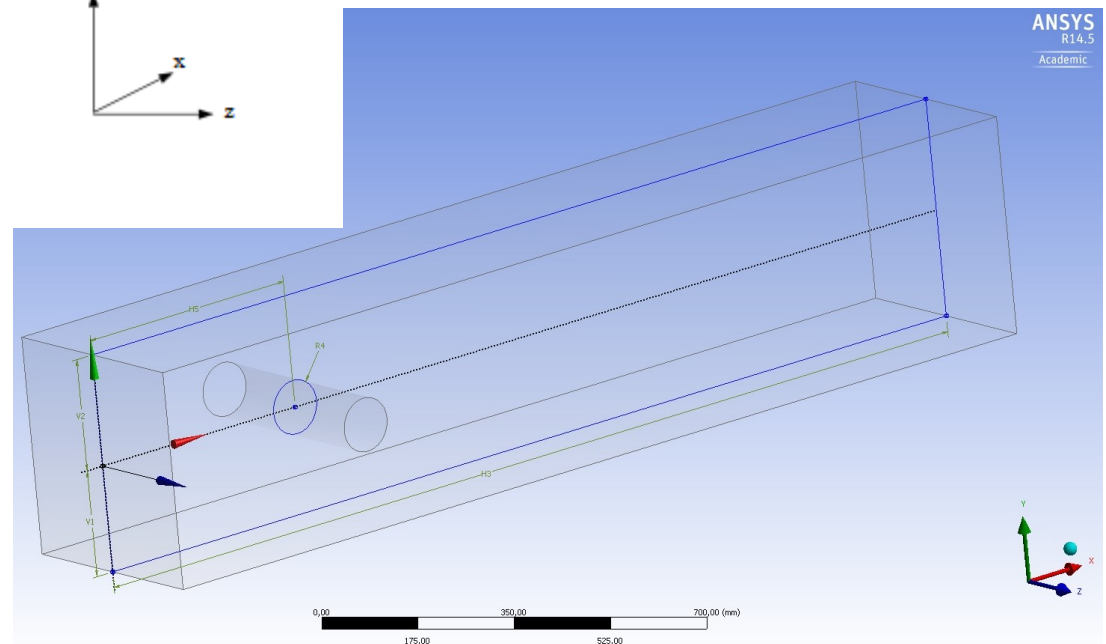
Należy to wszystko przemyśleć,
PRZED rozpoczęciem modelowania!

Strategie modelowania geometrii

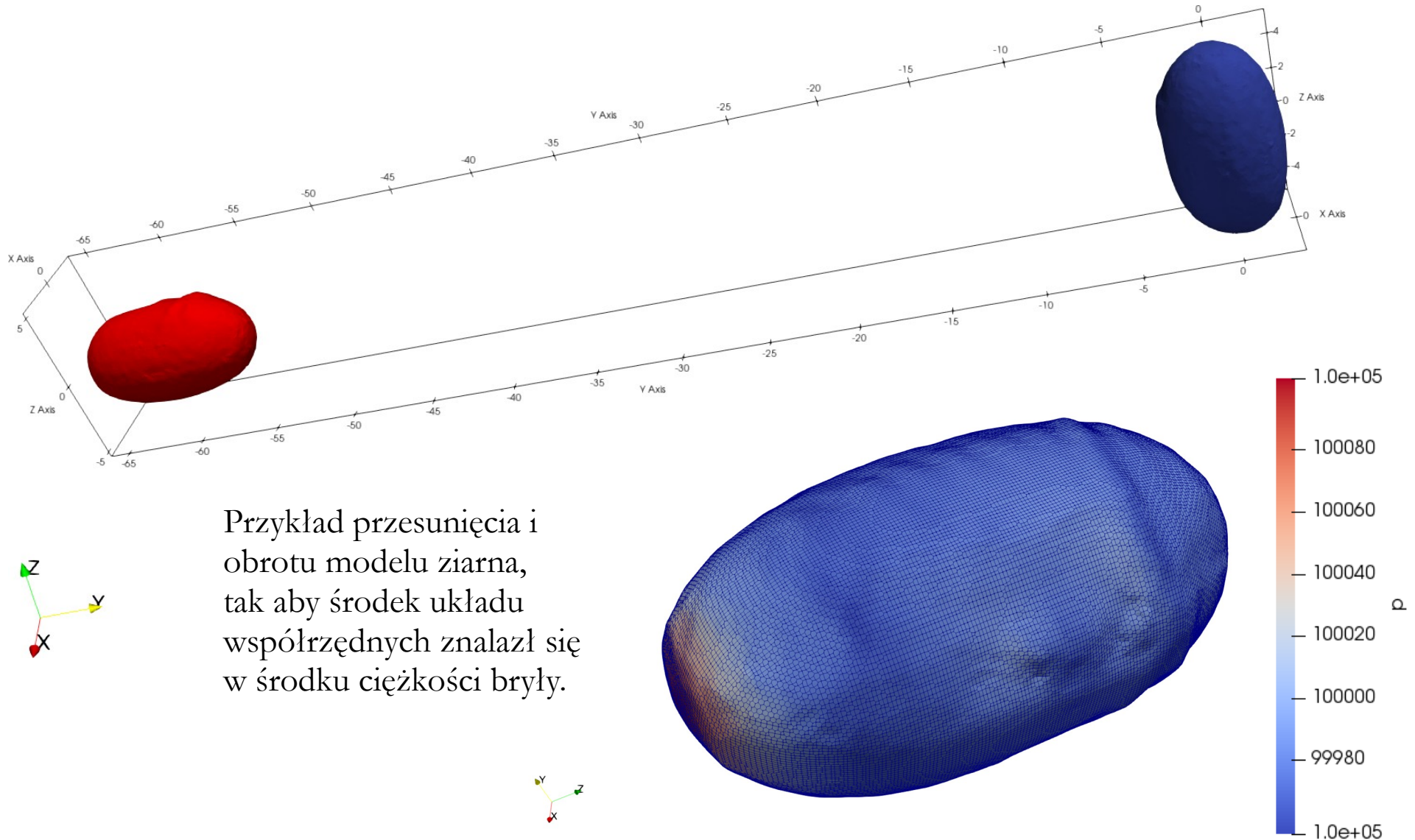


Dobłą praktyką jest wcześniejsze przygotowanie rysunku lub szkicu.

Znajomość orientacji układu współrzędnych, położenia jego środka oraz rozpiętość wymiarów domeny jest bardzo przydatna w późniejszych etapach pracy (np. podczas postprocesingu).



Strategie modelowania geometrii



Przykład przesunięcia i obrotu modelu ziarna, tak aby środek układu współrzędnych znalazł się w środku ciężkości bryły.

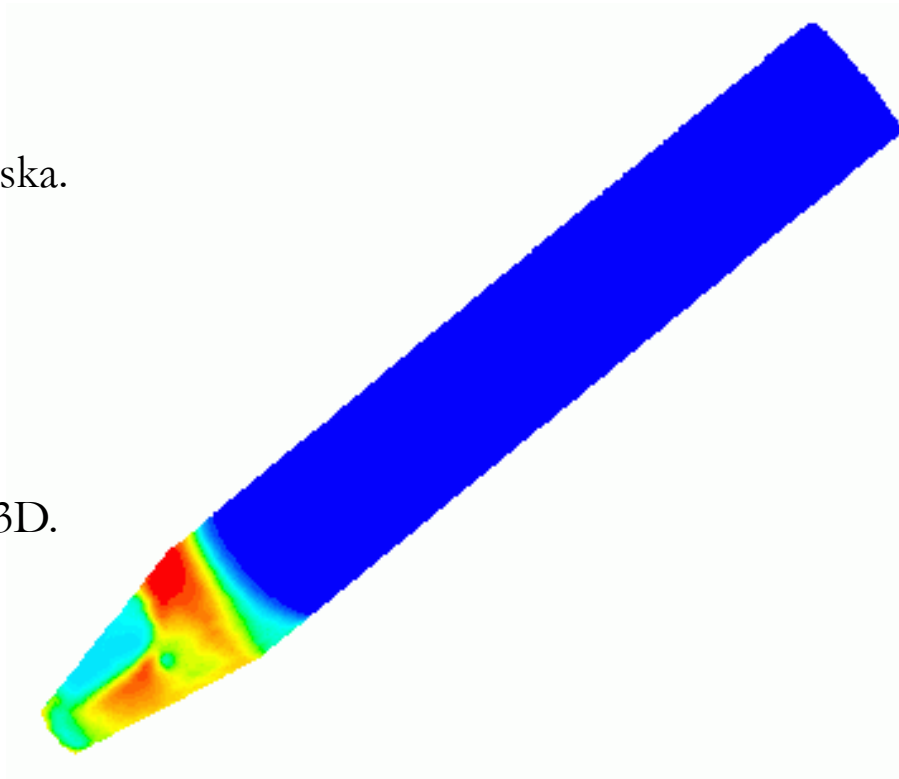
Strategie modelowania geometrii

Przykład poszukiwania liczby wymiarów
oraz lokalizacji granic domeny.

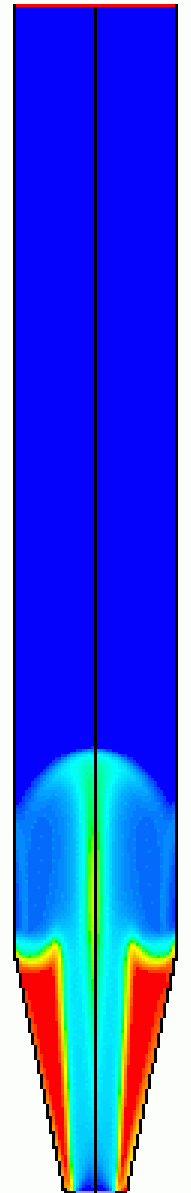
Przestrzeń 2D – płaska.



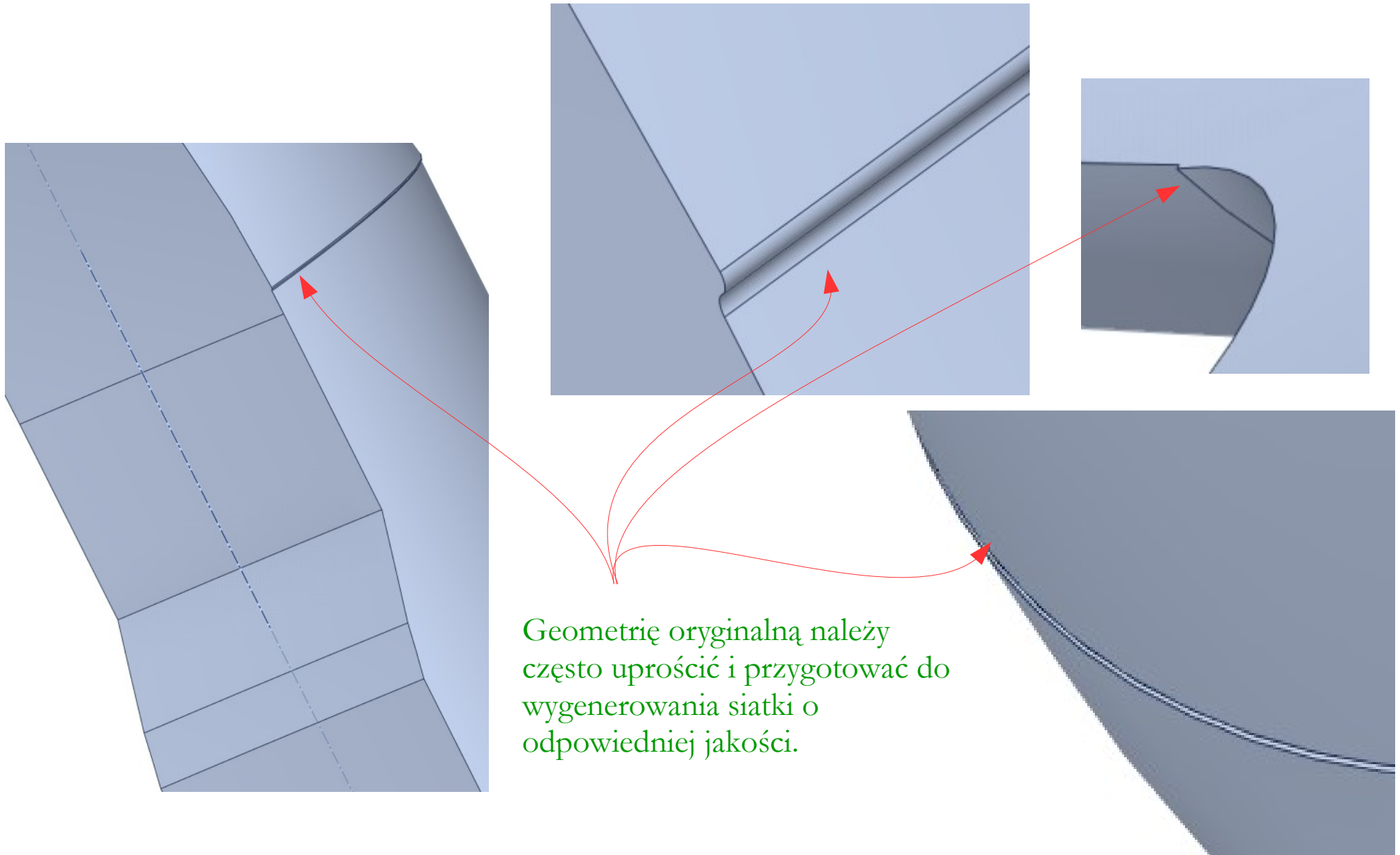
Przestrzeń 3D.



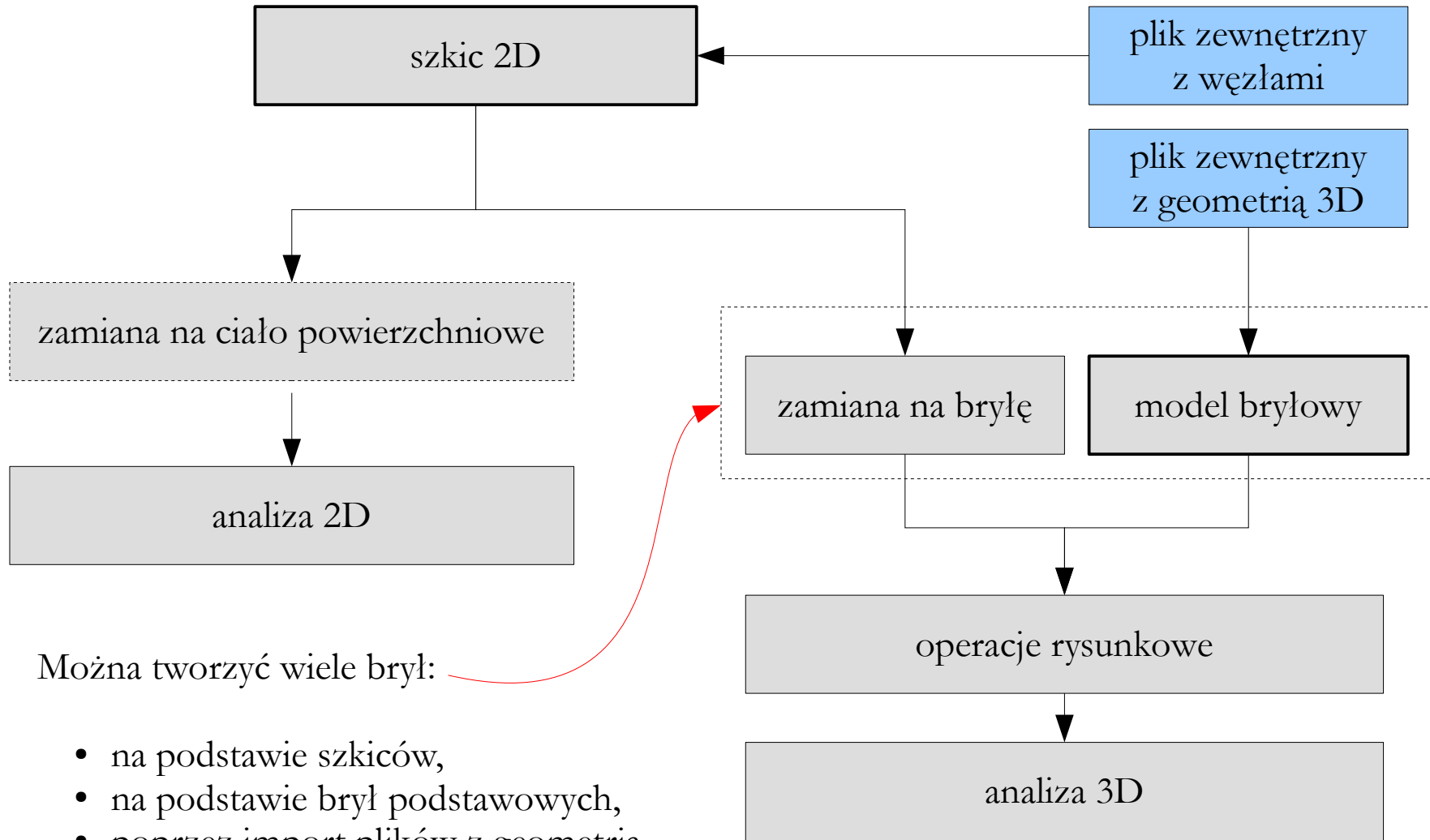
Przestrzeń 2D – osiowo-symetryczna.



Strategie modelowania geometrii



Strategie modelowania geometrii

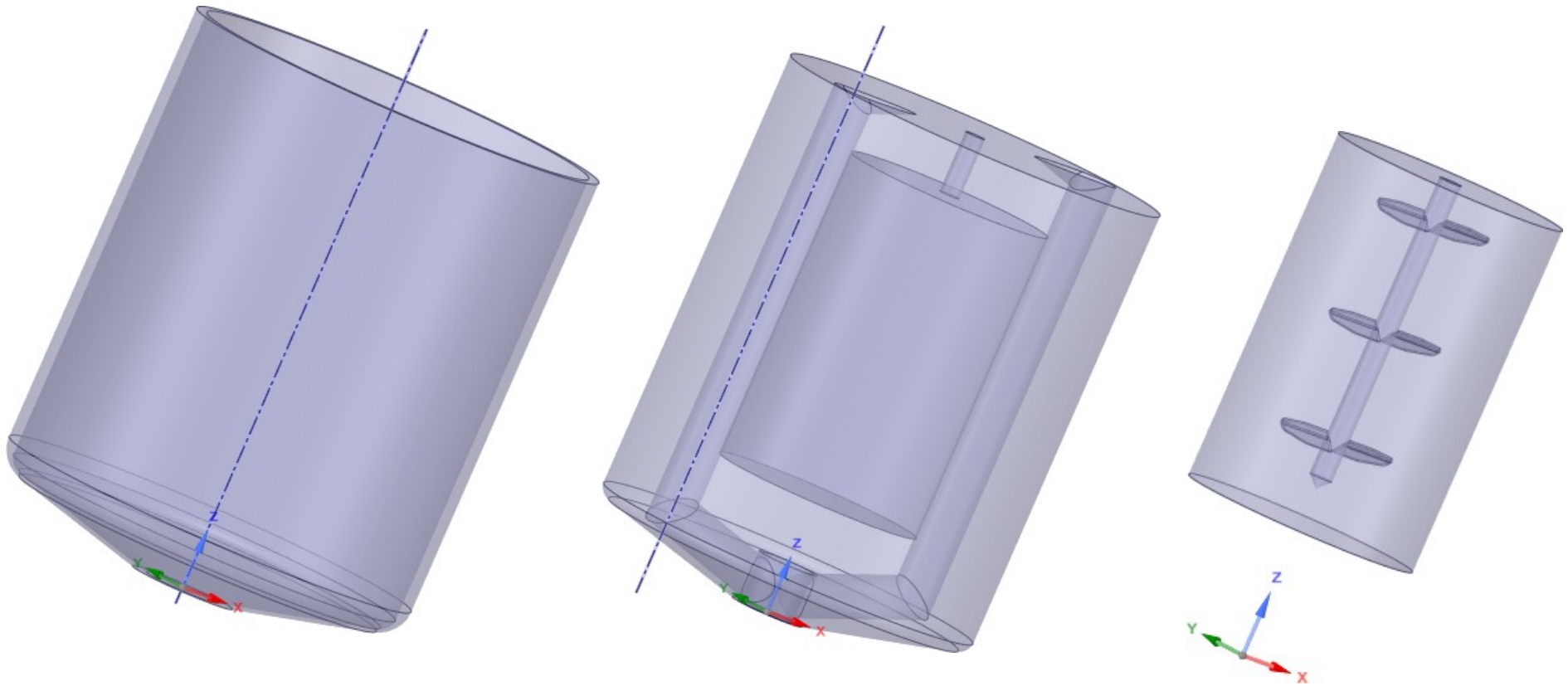


Można tworzyć wiele brył:

- na podstawie szkiców,
- na podstawie brył podstawowych,
- poprzez import plików z geometrią.

Na bryłach i ciałach powierzchniowych można wykonywać operacje logiczne (suma, różnica itp.).

Strategie modelowania geometrii



Przykład strategii mieszanej [Wojciech Sobieski, ANSYS SpaceClaim]:

- geometria mieszadeł zaimportowana z zewnętrznego pliku w formacie *.STP,
- geometria zbiornika utworzona bezpośrednio w programie SpaceClaim,
- podział na strefy (tu stosowana jest technika Multiple Reference Frame) w programie SpaceClaim.

Praca w pakiecie ANSYS

Strategia modelowania geometrii w pakiecie ANSYS:



Bezpośrednie użycie modułów pakietu ANSYS i tworzenie geometrii za ich pomocą.

3D



Pośrednie użycie modułów pakietu ANSYS poprzez import i dalszą modyfikację geometrii utworzonej w dowolnym innym programie.

Praca w pakiecie ANSYS

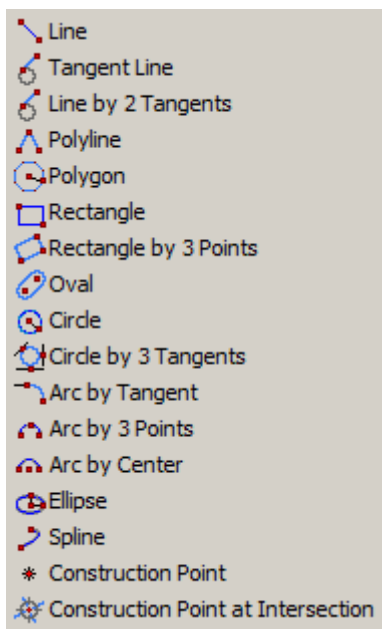
Modelowanie w oparciu o szkice 2D

– celem jest uzyskanie zamkniętej powierzchni:

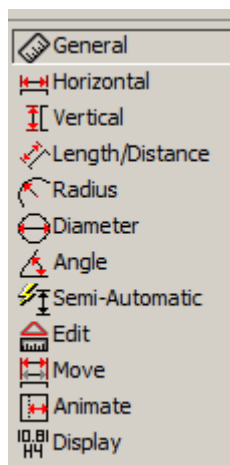
- wykorzystanie podstawowych obiektów geometrycznych (punkty, linie, prostokąty, okręgi, łuki itp.),
- wykorzystanie więzów między elementami (prostokątłość, równoległość, styczność, symetria itp.).
- nadanie wymiarów:
 - ♦ parametrycznie,
 - ♦ nieparametrycznie,
- modyfikacje kształtu elementów (kopiowanie, wklejanie, wydłużanie, obcinanie, zaokrąglenie itp.),
- modyfikacje lokalizacji i orientacji elementów (przesunięcie, obrót itp.).

Praca w pakiecie ANSYS

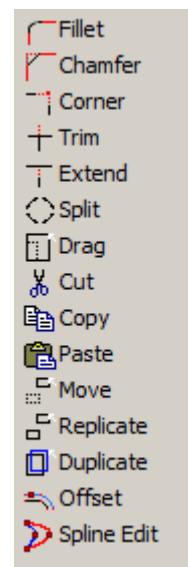
Sekcja „Draw”.



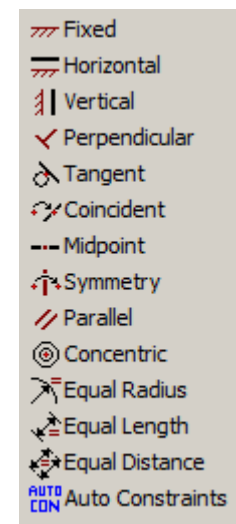
Sekcja „Dimensions”.



Sekcja „Modify”.

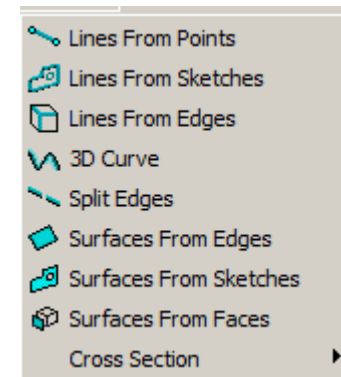


Sekcja „Constraints”.

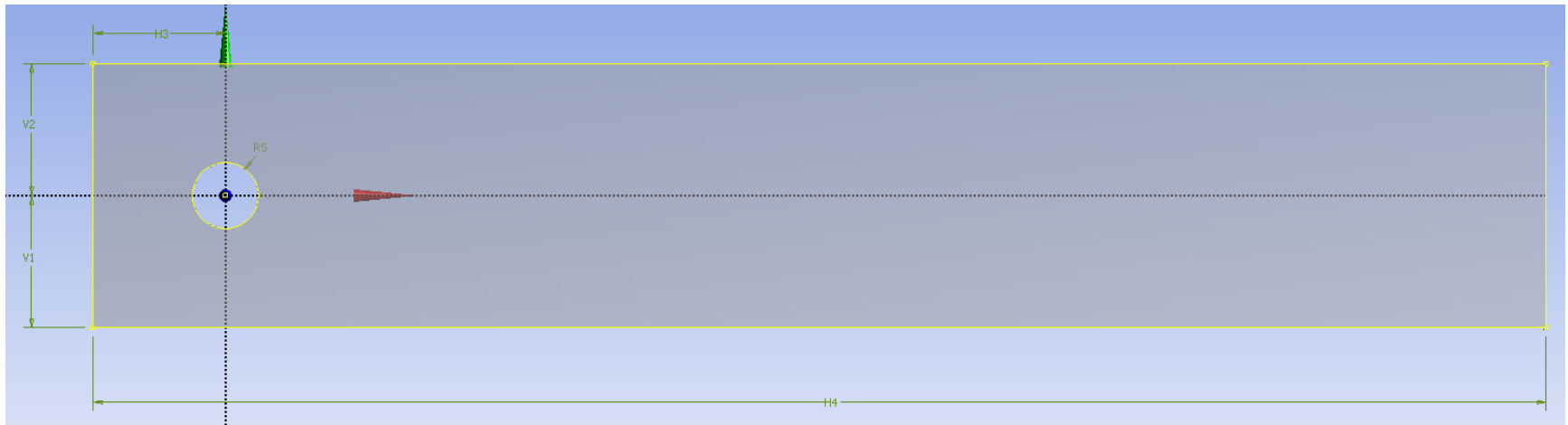
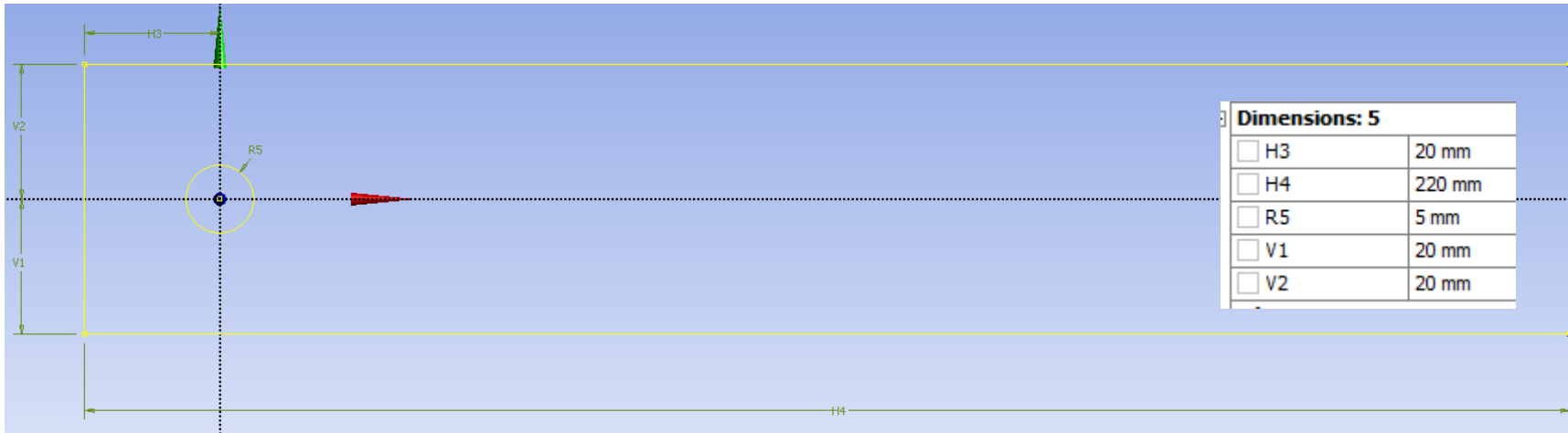


Podstawowe narzędzia rysunkowe przeznaczone do tworzenia szkiców, dostępne w programie DesignModeller (14.5).

Sekcja „Concept”.

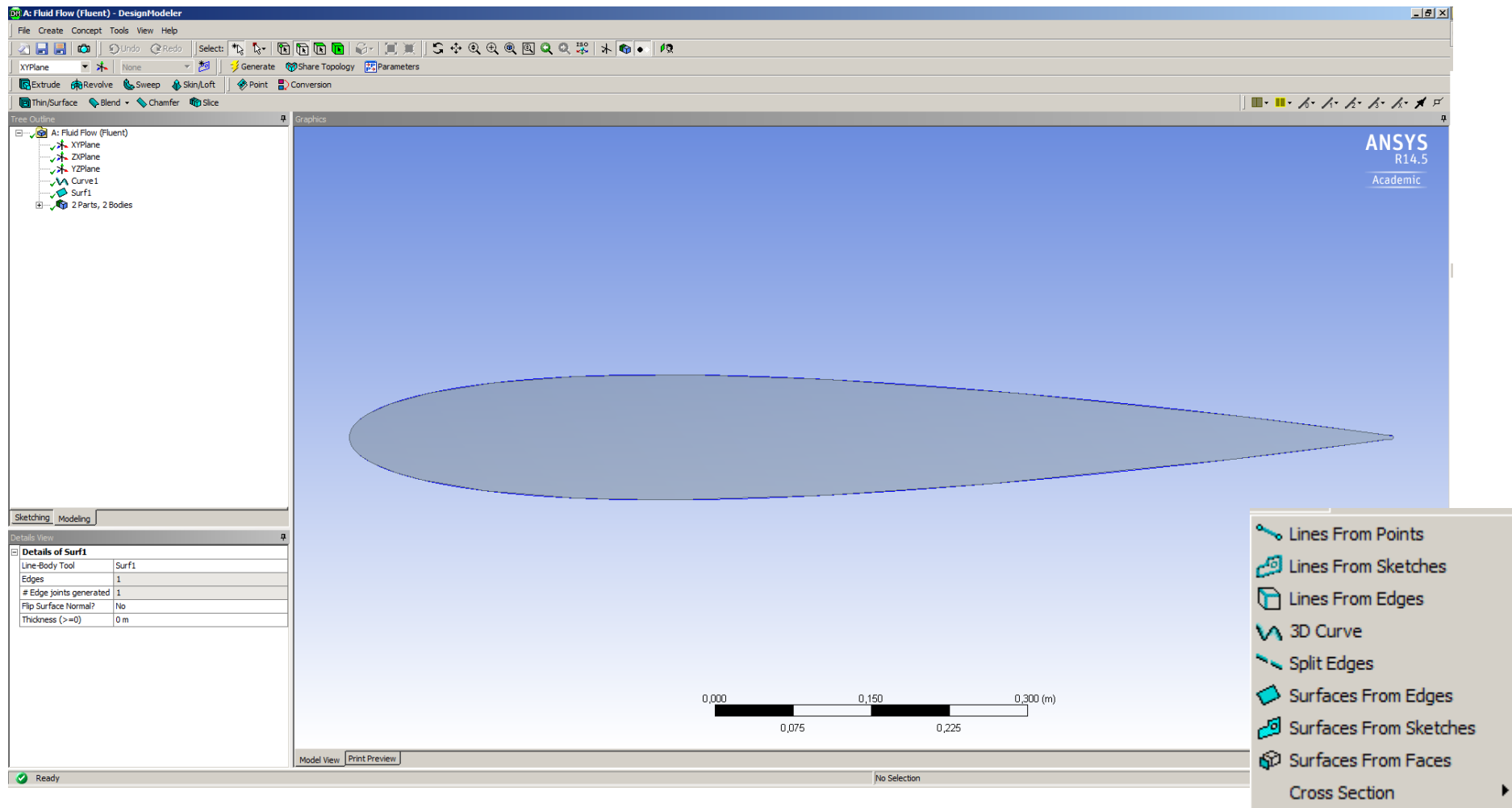


Praca w pakiecie ANSYS



Przykład modelowania parametrycznego w oparciu o szkic (DesignModeler):
szkic (u góry) i ciało powierzchniowe (u dołu).

Praca w pakiecie ANSYS



Przykład wykorzystania narzędzi „3D Curve” oraz „Surfaces from Edges” (DesignModeller):

- profil skrzydła zaimportowany z zewnętrznego pliku tekstowego,
- dalsza obróbka w celu uzyskania zamkniętej powierzchni 2D.

format pliku

Praca w pakiecie ANSYS

Applications
 Airfoil database search
 My airfoils
 Airfoil plotter
 Airfoil comparison
 Reynolds number calc
 NACA 4 digit generator
 NACA 5 digit generator

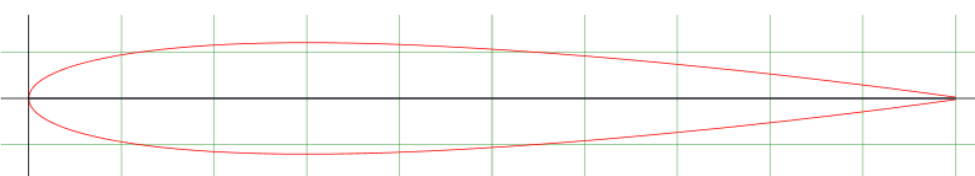
Information
 Airfoil data
 Lift/drag polars
 Generated airfoil shapes

Searches
 Symmetrical airfoils
 NACA 4 digit airfoils
 NACA 5 digit airfoils
 NACA 6 series airfoils

Airfoils A to Z
 A a18 to avistar (88)
 B b29root to bw3 (22)
 C c141a to curtisc72 (40)

NACA 0012 AIRFOILS (n0012-il)

NACA 0012 AIRFOILS - NACA 0012 airfoil



Details
 (n0012-il) NACA 0012 AIRFOILS
 NACA 0012 airfoil
 Max thickness 12% at 30% chord.
 Max camber 0% at 0% chord
[Source UIUC Airfoil Coordinates Database](#)
[Source dat file](#)
 The dat file is in Lednicer format

Dat file

```
NACA 0012 AIRFOILS
66. 66.
0.0000000 0.0000000
0.0005839 0.0042603
0.0023342 0.0084289
```

Parser
 No parser warnings

[Send to airfoil plotter](#)
[Add to comparison](#)
[Lednicer format dat file](#)
[Selg format dat file](#)

Internetowa baza danych profili lotniczych.

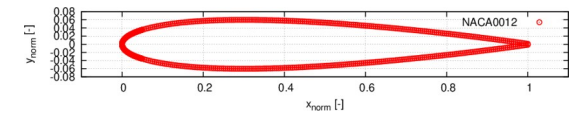
Plik utworzony w programie autorskim służącym do konwersji danych na format opisany w dokumentacji programu DesignModeller.

<http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=n0012-il>

NACA0012.dm — Notatnik

Plik Edycja Format Widok Pomoc

1	610	0.985000	-0.003345	0.000000
1	611	0.990000	-0.002654	0.000000
1	612	0.995000	-0.001959	0.000000
1	613	1.000000	-0.001260	0.000000
1	0			



zamknięcie obrysu

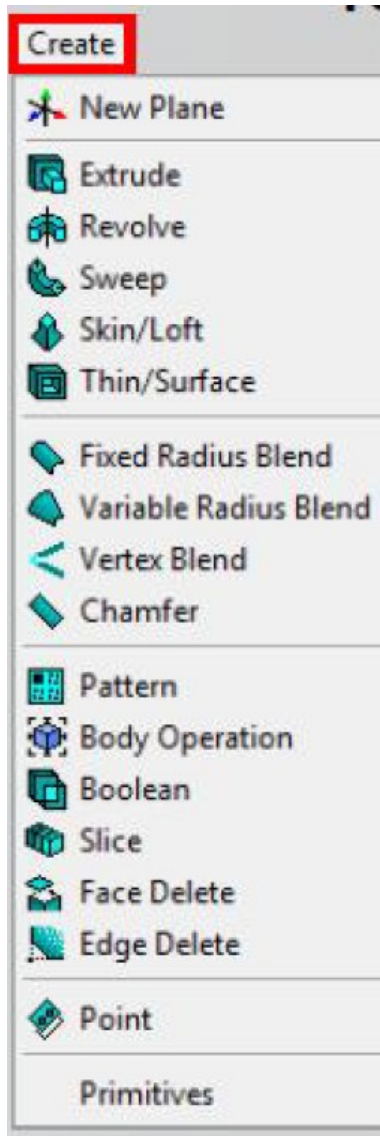
numer grupy

numer elementu w grupie

współrzędne: x, y, z

```
!zapis w formacie czytany Przez program DesignModeller:
open(1,file=trim(task)//sign//trim(task)//'.dat')
open(2,file=trim(task)//sign//trim(task)//'.dm')
do i = 1, n_all
  read(1,*,err=1000) a,b
  write(2,'(2I6,3F12.6)') 1, i, a, b, 0.0
end do
write(2,'(2I6)') 1, 0
close(1)
close(2)
```

Praca w pakiecie ANSYS



Narzędzia programu DesignModeller (14.5) służące do zamiany szkicu na bryłę.

Operacje tworzenia obiektów:

- Extrude – wyciągnięcie
- Revolve – obrót
- Sweep – wyciągnięcie po ścieżce
- Skin/Loft – tworzenie bryły z serii szkiców o takiej samej liczbie węzłów
- Thin/Surface – tworzenie cienkościennej bryły lub powłoki

Dodanie zaokrąglenia lub fazowania:

- Blend – tworzenie zaokrąglenia na wybranych krawędziach
- Chamfer – tworzenie fazowania na wybranych krawędziach

Modyfikacje istniejących obiektów:

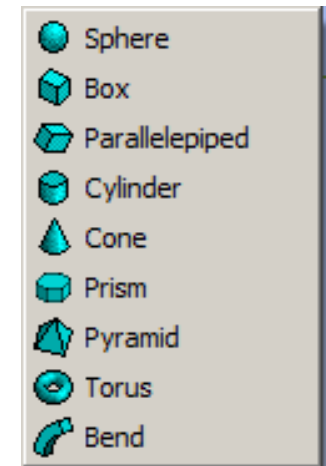
- Pattern – tworzenie kopii obiektu (na linii, okręgu lub w siatce)
- Body Operation – modyfikacja wybranego obiektu (skalowanie, obrót itp.)
- Boolean – wykonanie operacji logicznej na obiektach (suma, różnica itp.)
- Slice – przecięcie obiektu

Praca w pakiecie ANSYS

Modelowanie w oparciu o bryły podstawowe:

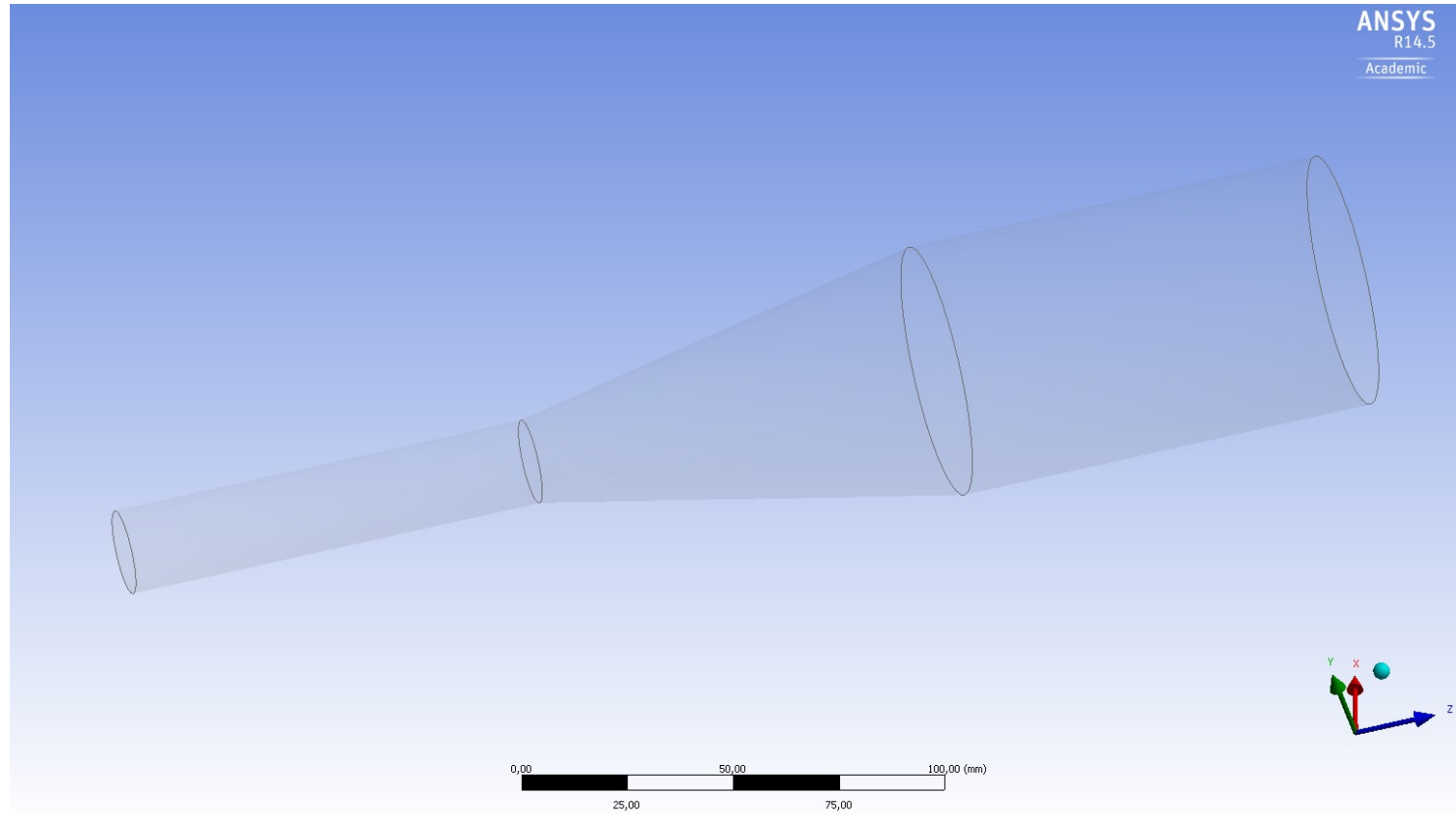
– celem jest uzyskanie pojedynczej bryły:

- wykorzystanie podstawowych obiektów geometrycznych (prostokątów, walec, stożek itp.),
- nadanie wymiarów:
 - ♦ parametrycznie,
 - ♦ nieparametrycznie,
- modyfikacje kształtu elementów (kopiowanie, wklejanie, wydłużanie, obcinanie, zaokrąglenie itp.),
- modyfikacje lokalizacji i orientacji elementów (przesunięcie, obrót itp.).



Podstawowe narzędzia rysunkowe przeznaczone do tworzenia brył o kształtach prostych, dostępne w programie DesignModeller (14.5).

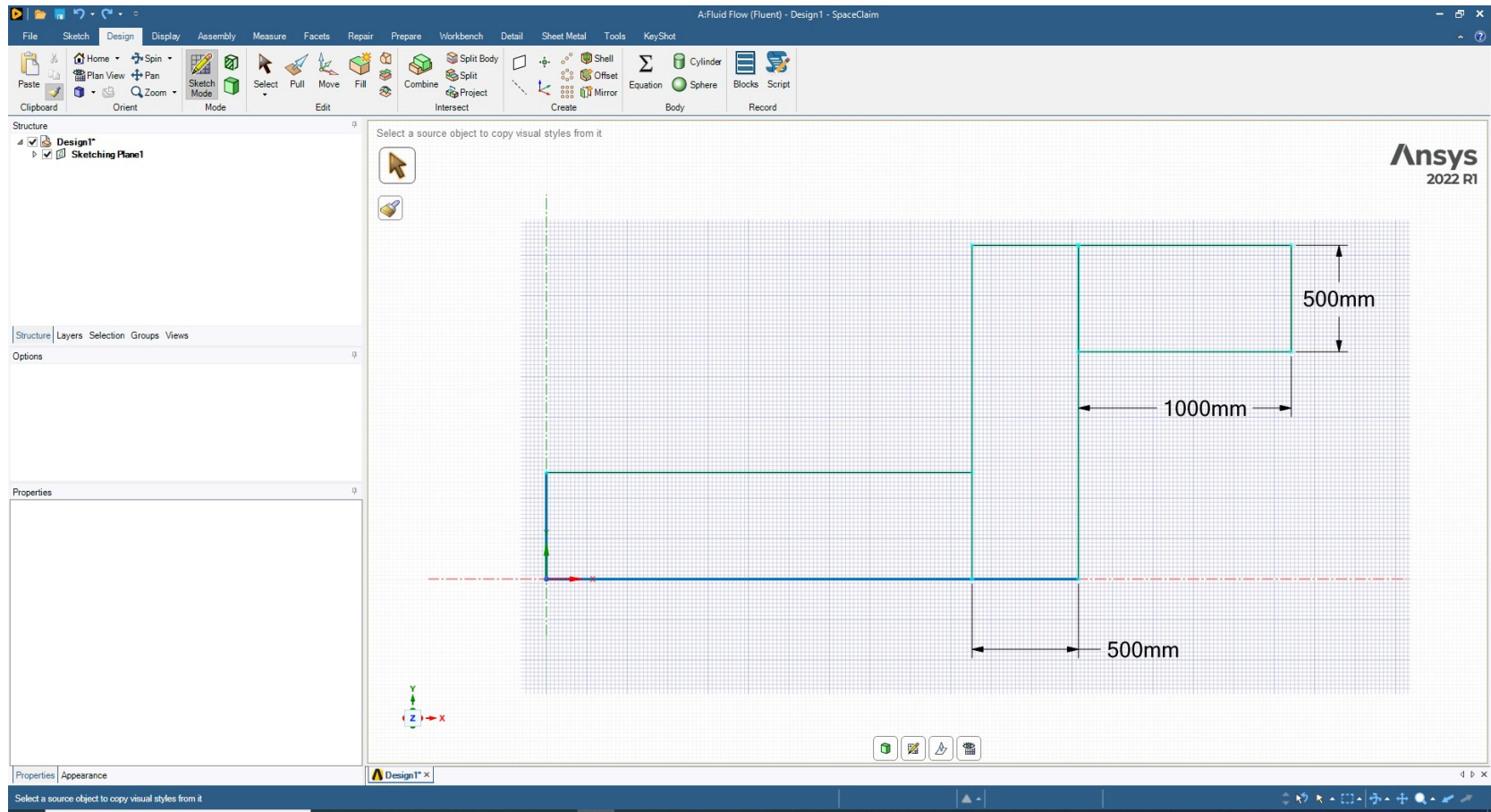
Praca w pakiecie ANSYS



Przykład modelowania bryłowego (DesignModeler):

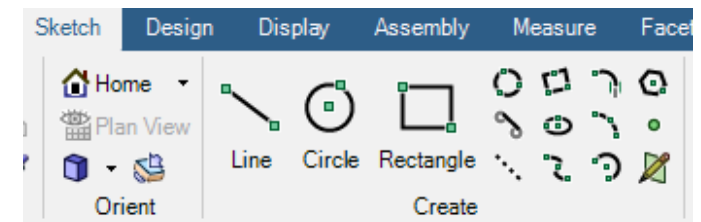
- cylinder ($l = 100$ [mm], $d = 10$ [mm]),
- stożek ($l=100$ [mm], $d1 = 10$ [mm], $d2 = 30$ [mm]), przesunięty o 100 [mm] wzdłuż osi Z,
- cylinder ($l = 100$ [mm], $d = 30$ [mm]), przesunięty o 200 [mm] wzdłuż osi Z.

Praca w pakiecie ANSYS

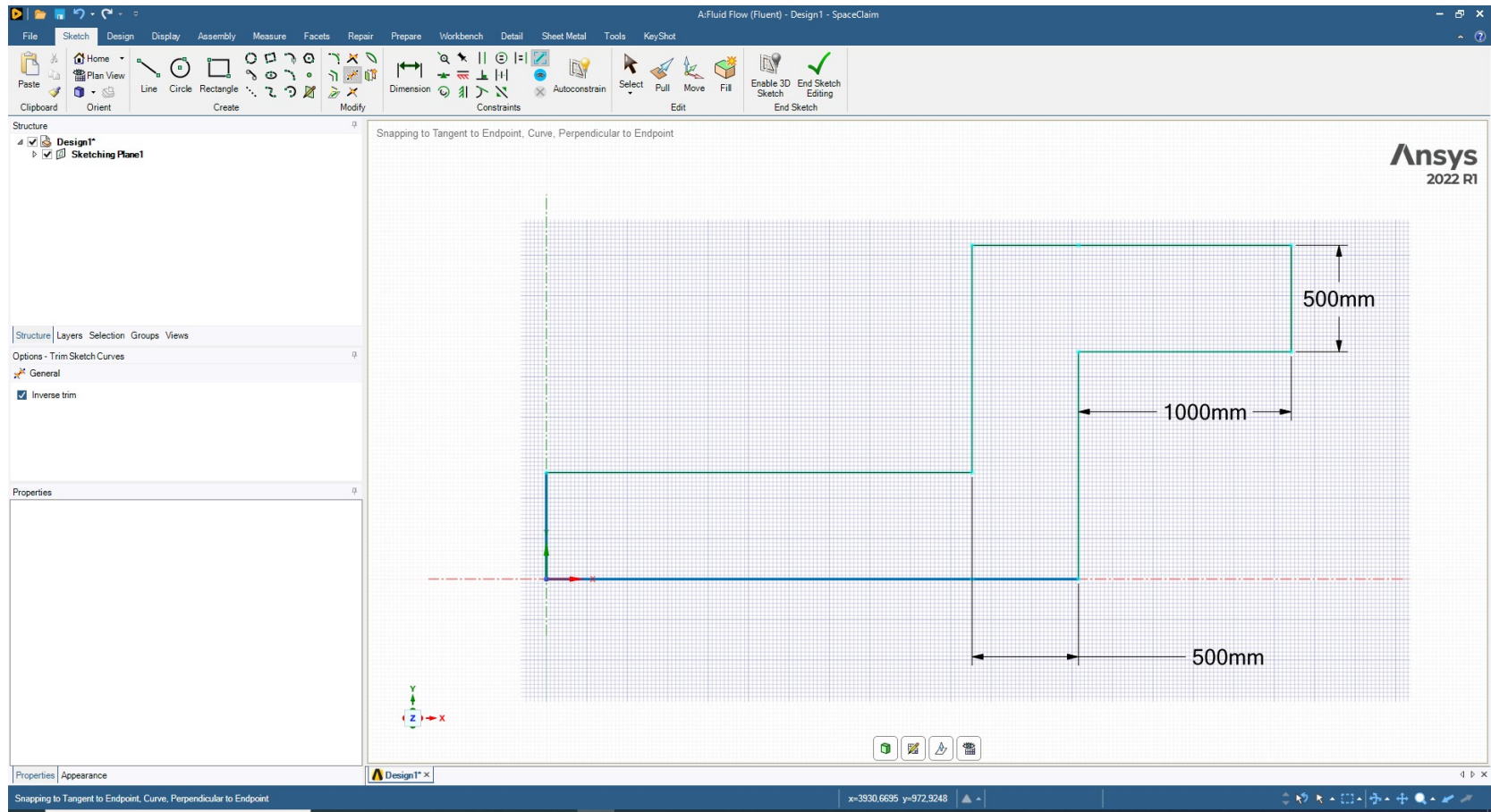


Przykład tworzenia szkicu (SpaceClaim):

- narysowanie trzech prostokątów o zadanych rozmiarach, lokalizacji i orientacji.

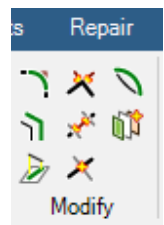


Praca w pakiecie ANSYS

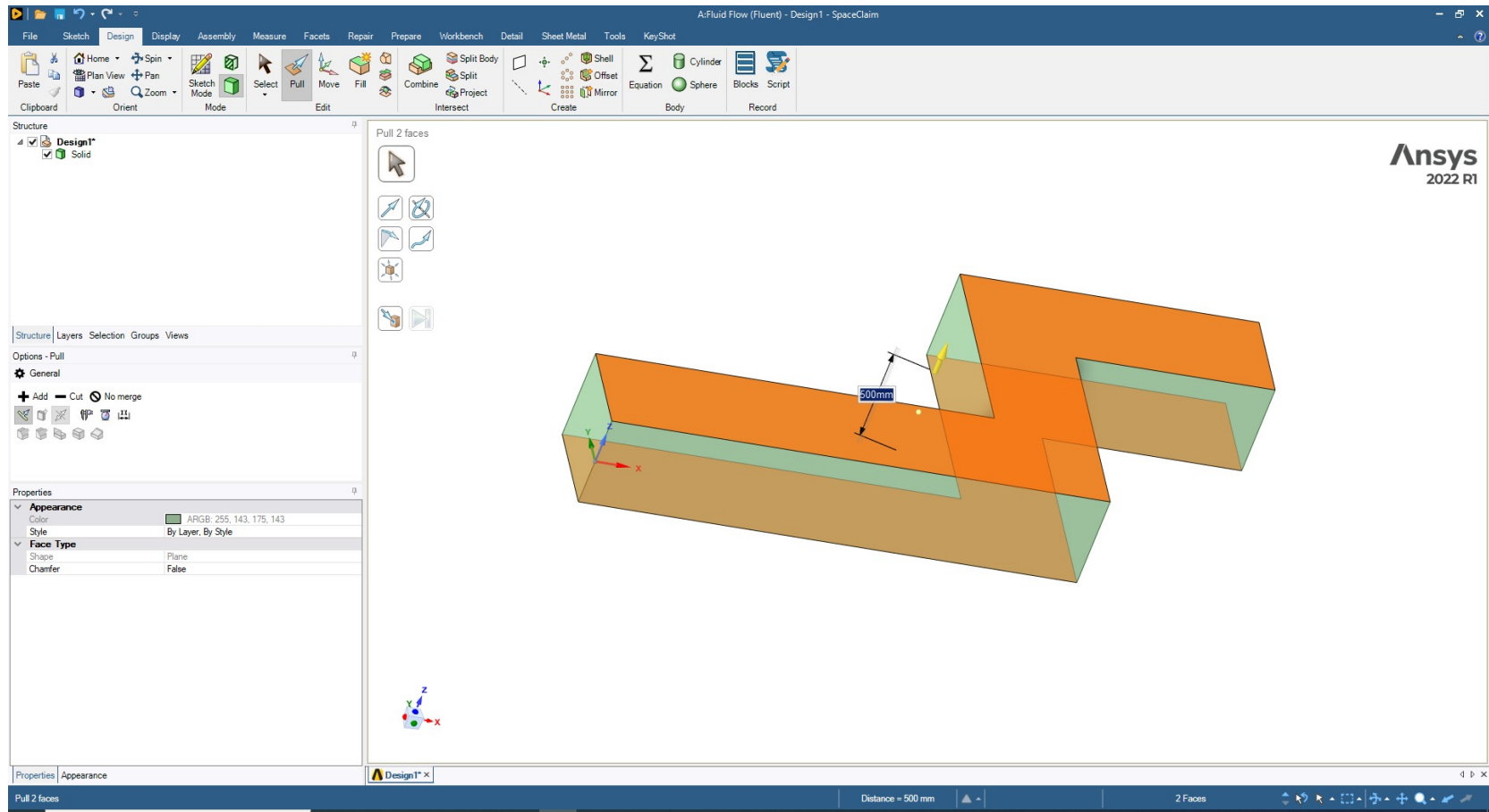


Przykład modyfikacji szkicu (SpaceClaim):

- usunięcie linii wewnątrz zarysu kanału narzędziem „Trim”.

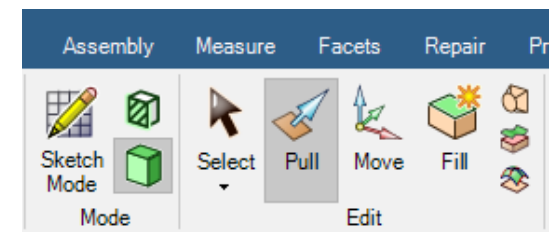


Praca w pakiecie ANSYS

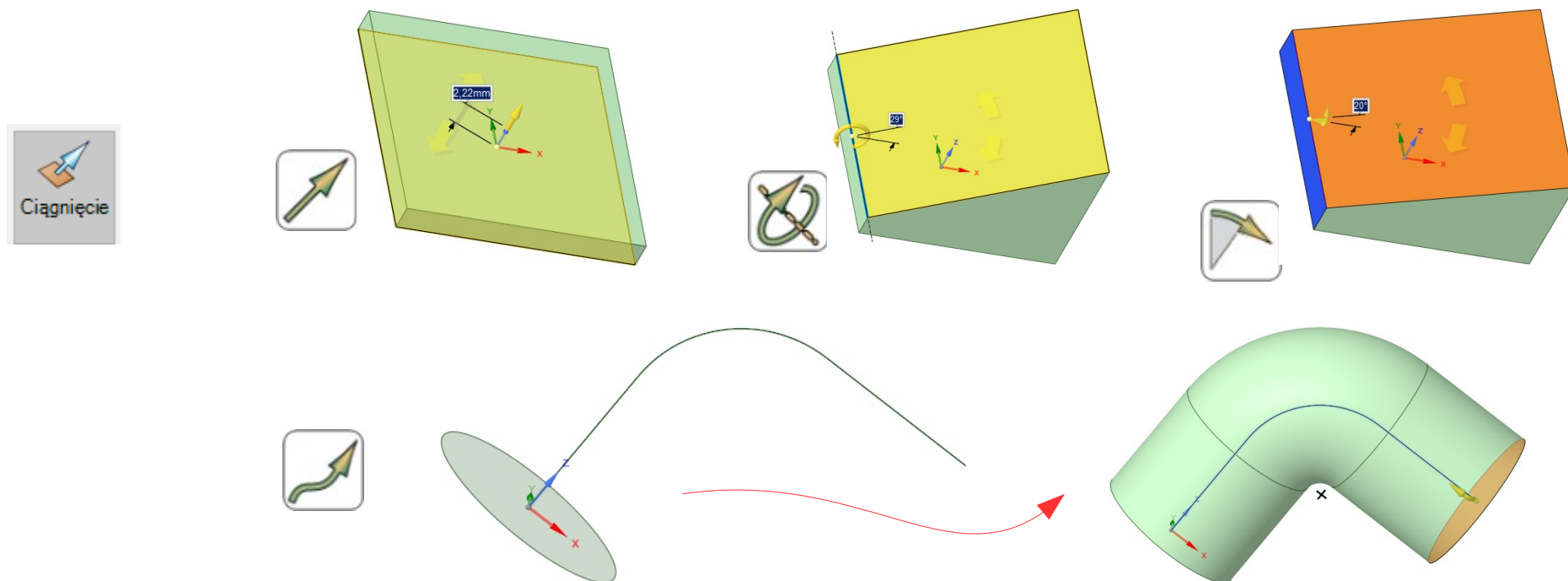


Przykład przekształcenia szkicu na bryłę (SpaceClaim):

- wyciągnięcie szkicu za pomocą narzędzia „Pull”.

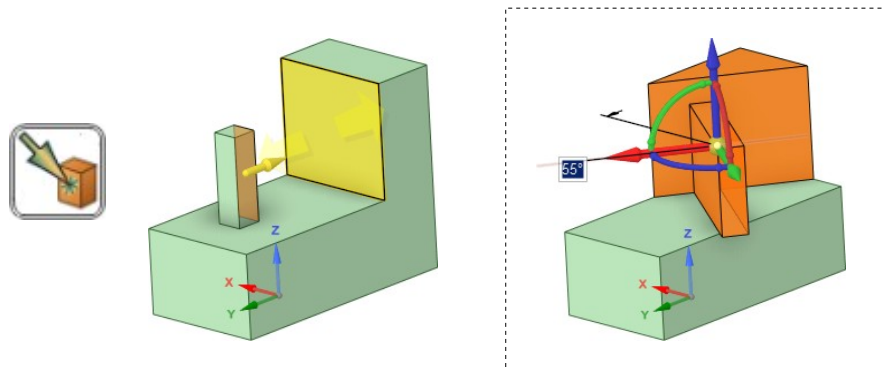


Praca w pakiecie ANSYS

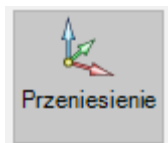


W SpaceClaim nie ma ścisłego podziału na szkicowanie i tworzenie brył.

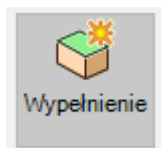
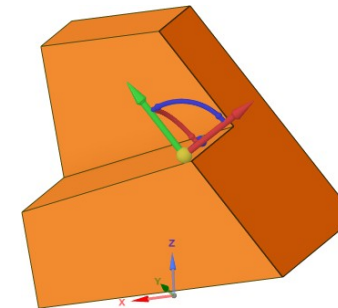
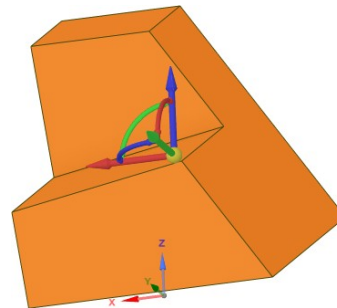
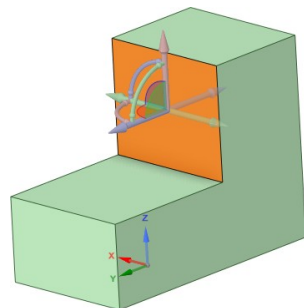
Przykłady narzędzi dostępnych w programie SpaceClaim (2022 R1).



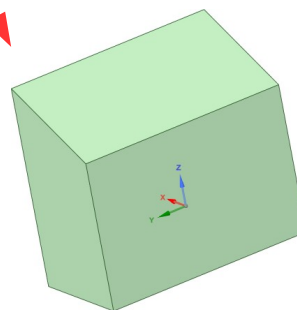
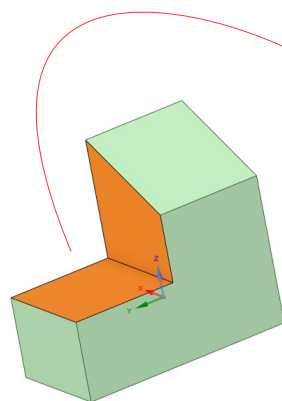
Praca w pakiecie ANSYS



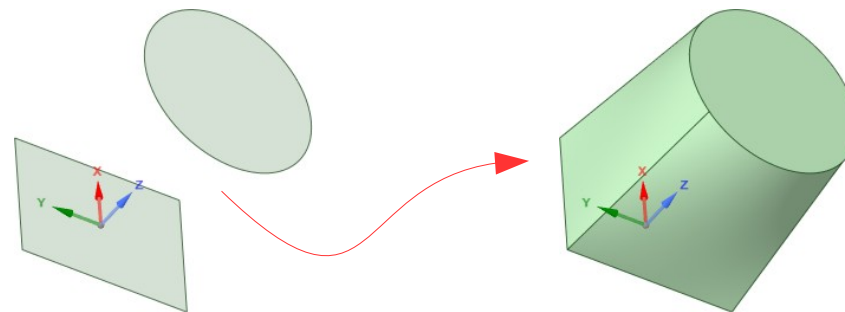
Przeniesienie



Wypełnienie



W programie SpaceClaim nie ma ścisłego podziału na szkicowanie i tworzenie brył.

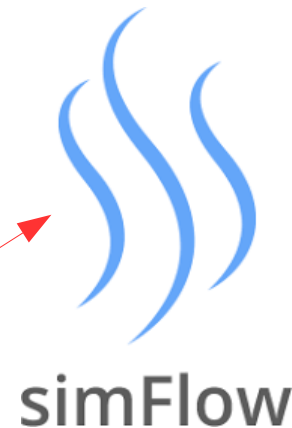


Przykłady narzędzi dostępnych w programie SpaceClaim (2022 R1).

Praca w pakiecie OpenFOAM

Strategia modelowania geometrii w pakiecie **OpenFOAM**:

Open  FOAM®




Korzystanie z nakładek ułatwiających pracę.

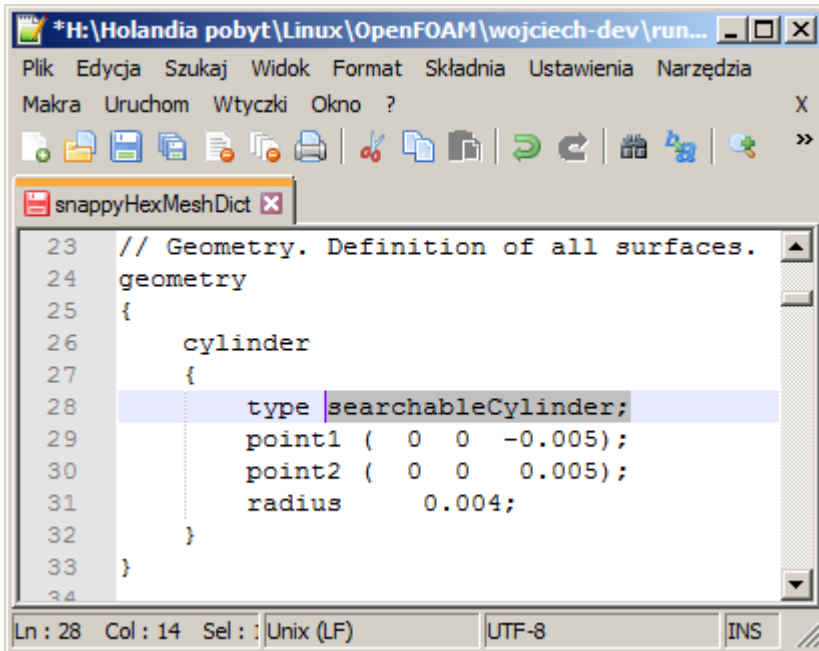
Bezpośrednia edycja plików tekstowych:

- definiowanie kształtów prostych,
- import plików zewnętrznych.

UWAGA: Opis pracy w OpenFOAM zawiera wiele elementów związanych z tworzeniem siatek, co wynika ze specyfiki tego pakietu.



Praca w pakiecie OpenFOAM

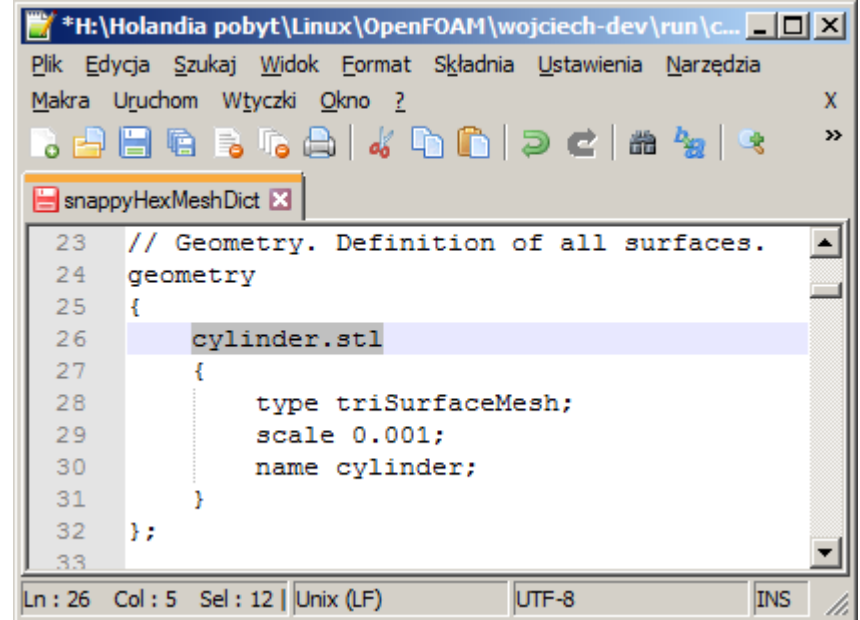


```
23 // Geometry. Definition of all surfaces.
24 geometry
25 {
26     cylinder
27     {
28         type searchableCylinder;
29         point1 ( 0 0 -0.005);
30         point2 ( 0 0 0.005);
31         radius 0.004;
32     }
33 }
34
```

Ln : 28 Col : 14 Sel : : Unix (LF) UTF-8 INS

Przykład modelowania bryłowego
(OpenFOAM, słownik „snappyHexMeshDict”):

point1 – początek osi cylindra
point2 – koniec osi cylindra
radius – promień cylindra



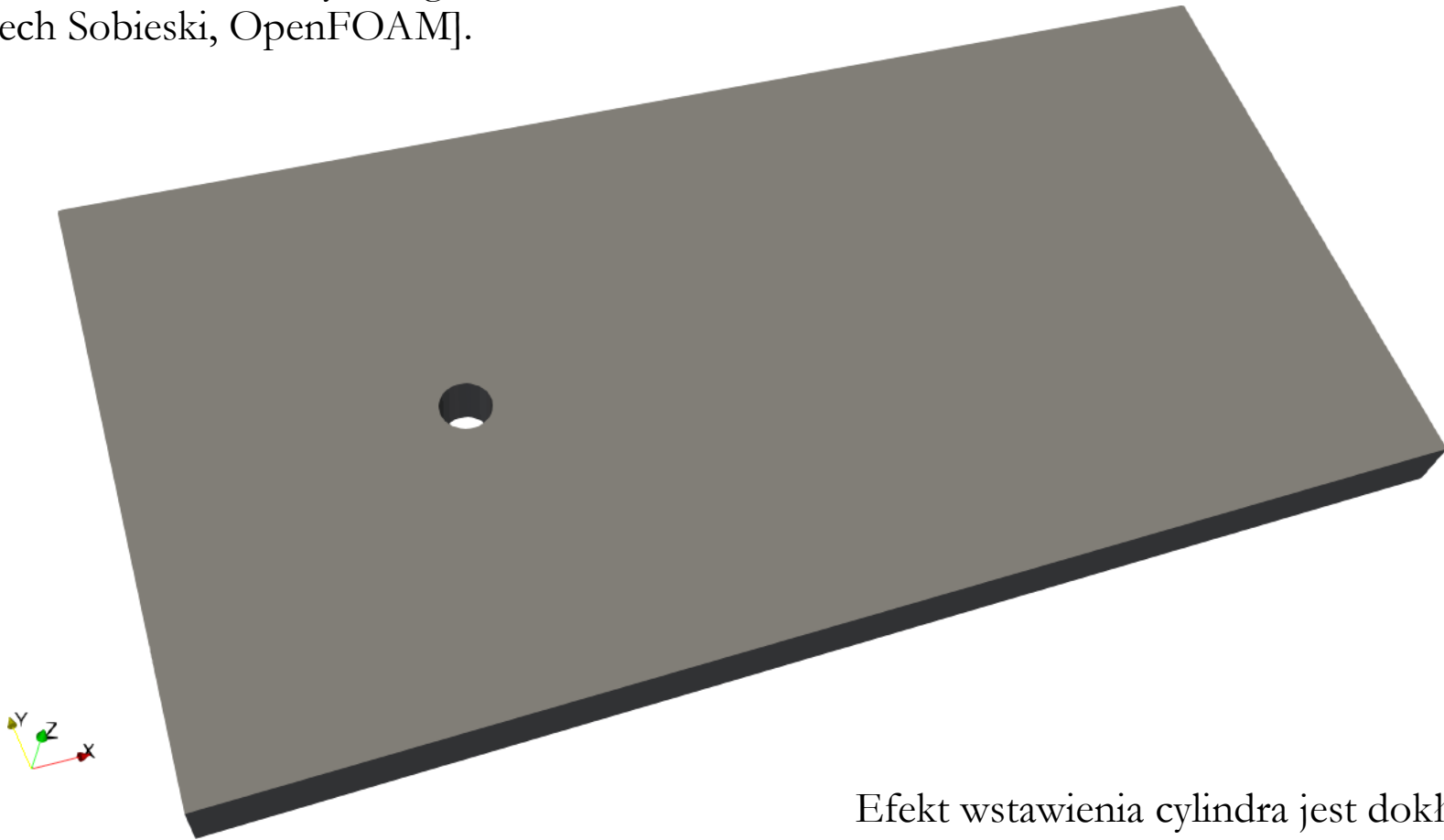
```
23 // Geometry. Definition of all surfaces.
24 geometry
25 {
26     cylinder.stl
27     {
28         type triSurfaceMesh;
29         scale 0.001;
30         name cylinder;
31     }
32 };
33
```

Ln : 26 Col : 5 Sel : 12 | Unix (LF) UTF-8 INS

UWAGA: wcześniej pokazany był przykład, w którym cylinder definiowany był za pomocą zewnętrznego pliku *.STL ASCII.

Praca w pakiecie OpenFOAM

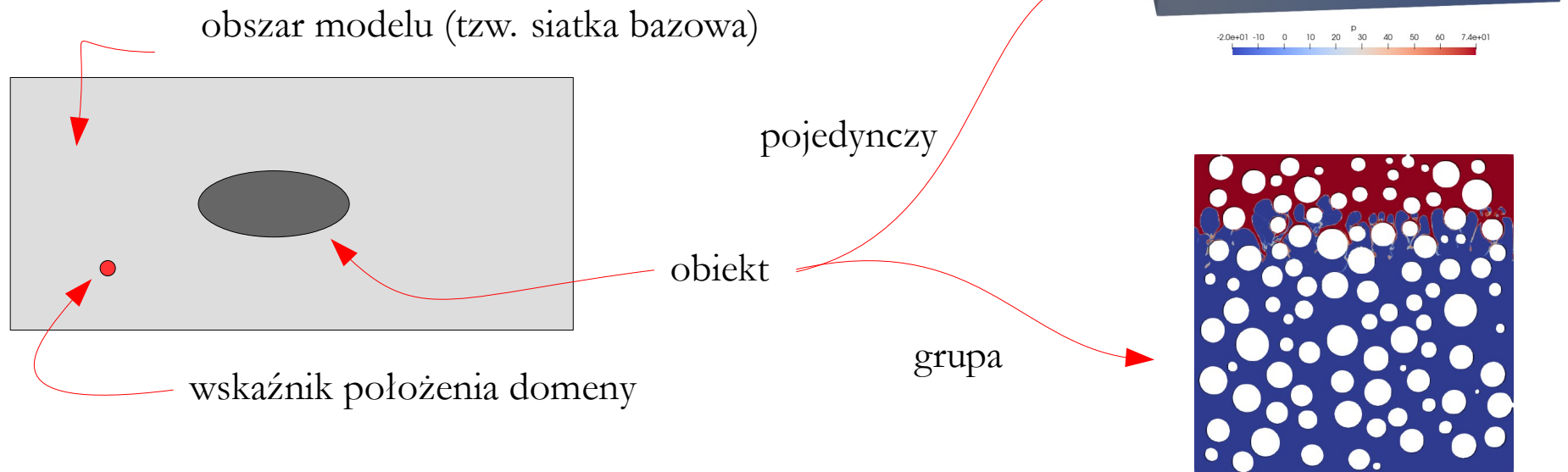
Przykład modelowania bryłowego
[Wojciech Sobieski, OpenFOAM].



Efekt wstawienia cylindra jest dokładnie taki sam, niezależnie od tego, w jaki sposób został on zdefiniowany.

Praca w pakiecie OpenFOAM

Koncepcja tworzenia domeny obliczeniowej (geometrii/siatki) w pakiecie OpenFOAM.



Koncepcja modelowania geometrii w pakiecie OpenFOAM:

- stworzenie obszaru modelu (siatki bazowej),
- dodanie geometrii obiektu (w dowolny sposób, np. z pliku *.STL),
- wskazanie lokalizacji domeny obliczeniowej (wokół obiektu czy w jego wnętrzu).

Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)

GEOMETRY

MESH

Hex Meshing

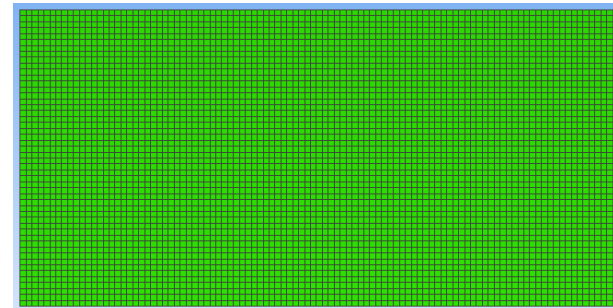
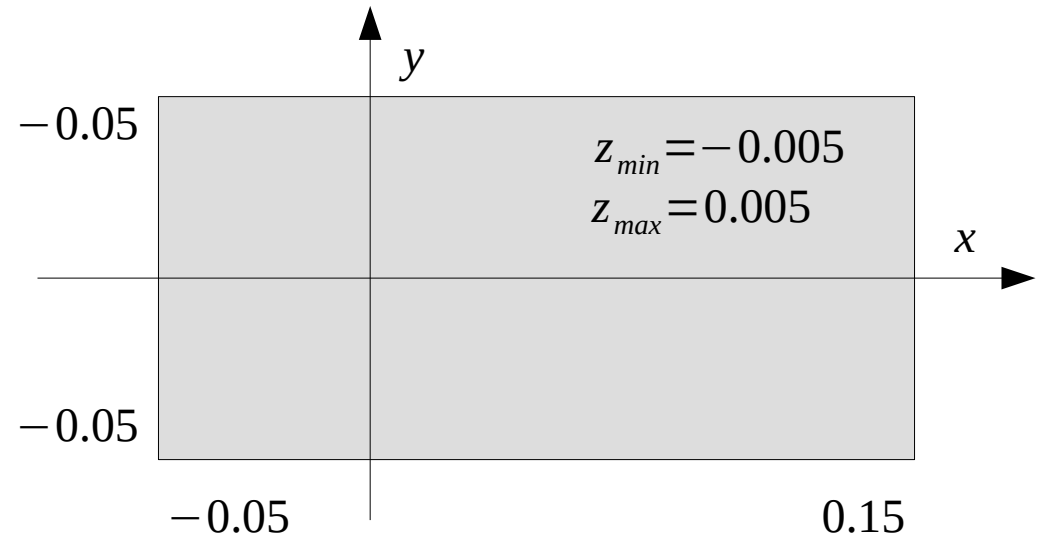
Import

Parameters

Summary

Tworzenie siatki głównej (Base).

Rodzaje geometrii siatek głównych.



Geometry Base Point Mesh

Base Mesh Type

Box Cylinder Plate Wedge

Geometry

Min [m]	-0.05	-0.05	-5e-03
Max [m]	0.15	0.05	5e-03





Mesh

Division 100 50 1

Grading 1 1 1

Cell Size [m] 2e-03 2e-03 1e-02

Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)

GEOMETRY Add New    

- MESH
- Hex Meshing
- Import
- Airfoil

Tworzenie geometrii przeszkody.

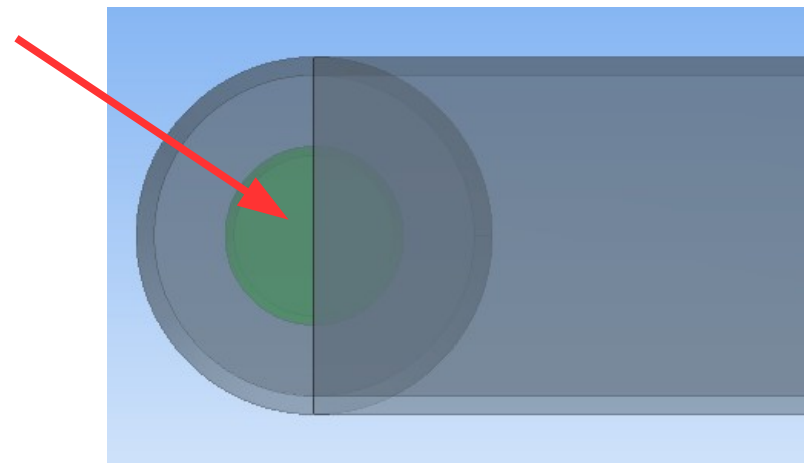
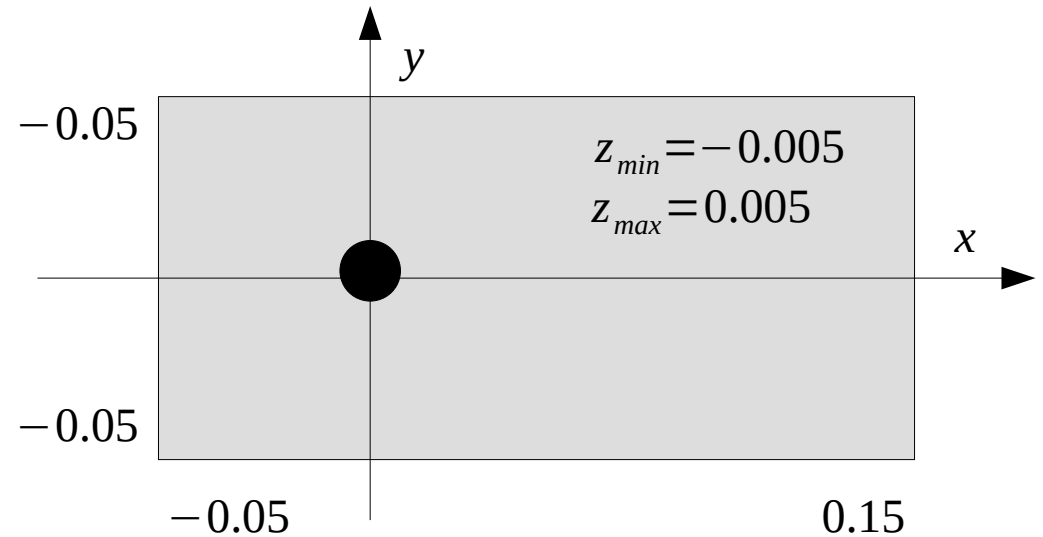
środek podstawy cylindra

orientacja osi

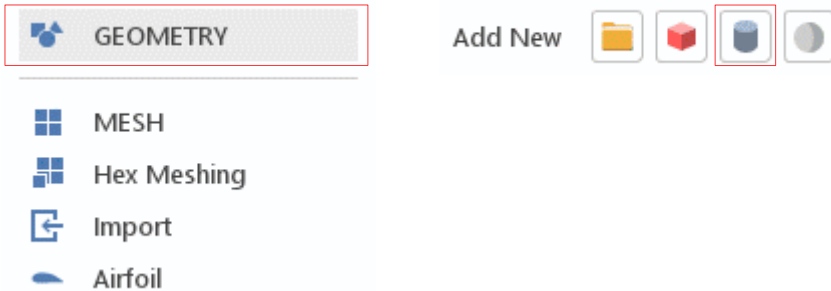
długość cylindra

cylinder

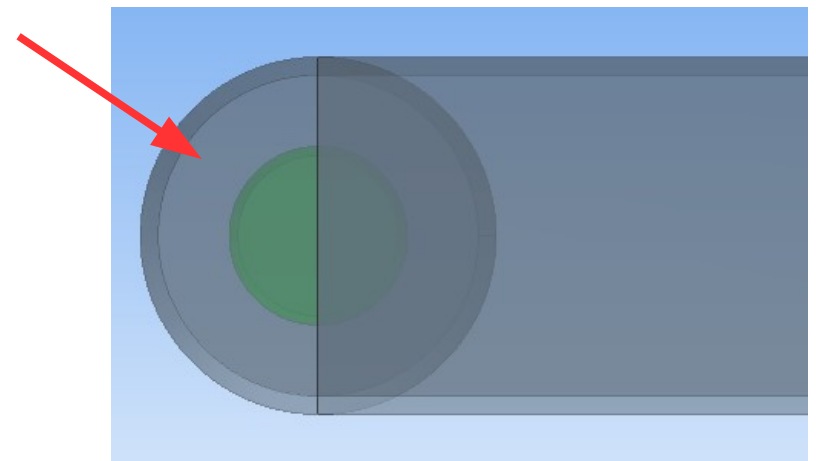
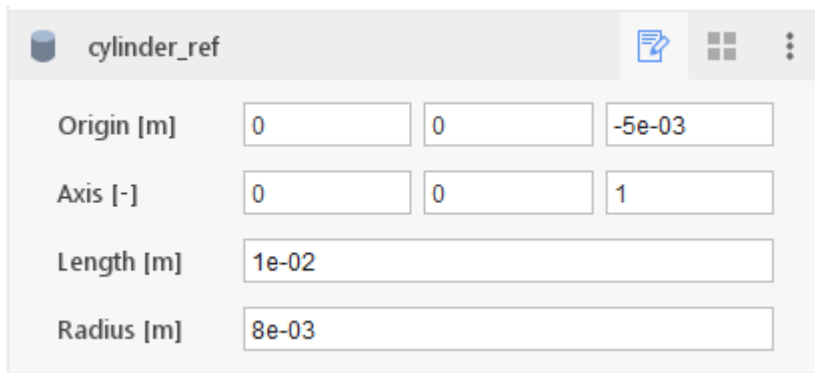
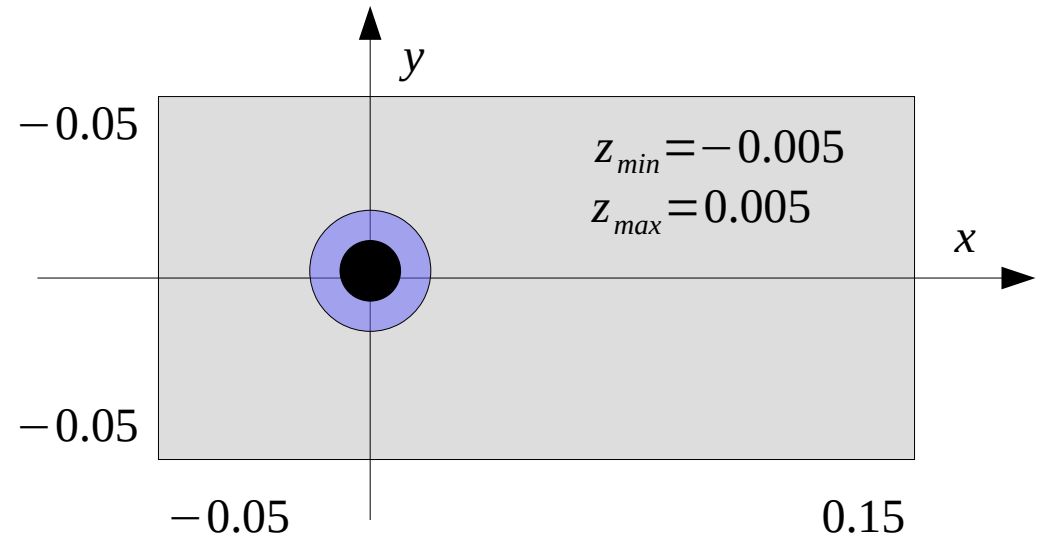
Origin [m]	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="-5e-03"/>
Axis [-]	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>
Length [m]	<input type="text" value="0.01"/>		
Radius [m]	<input type="text" value="4e-03"/>		



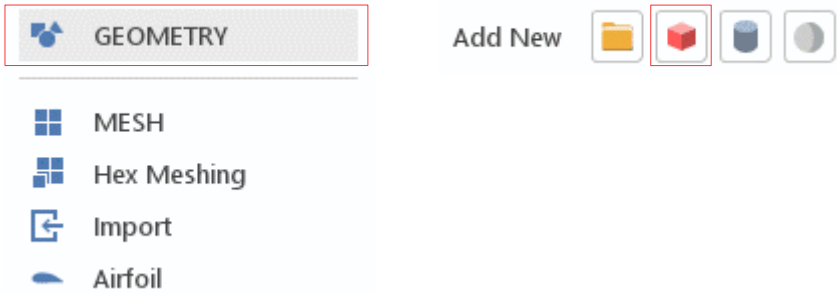
Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)



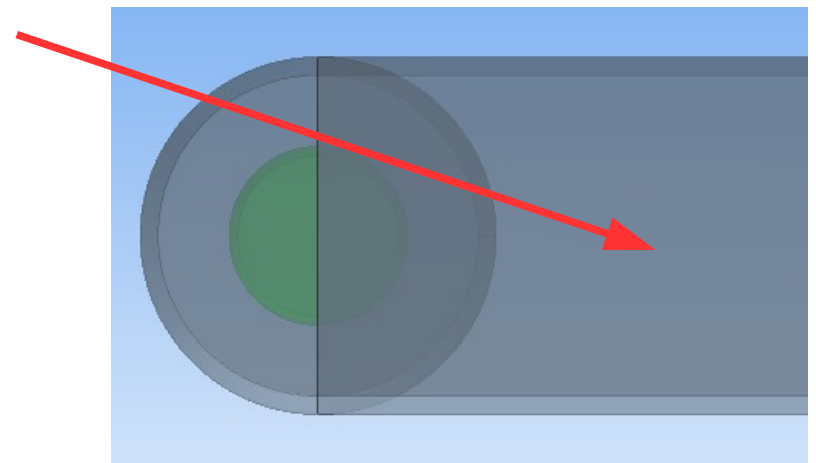
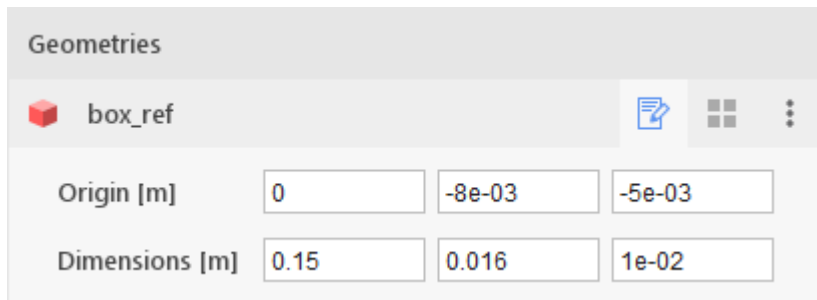
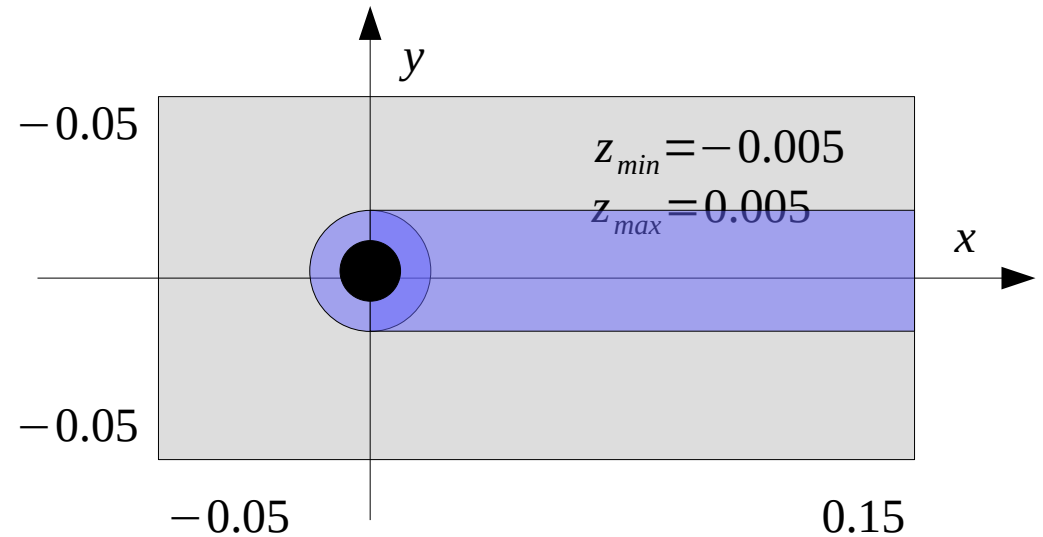
Tworzenie regionu, w którym siatka zostanie zagęszczona – obszar wokół przeszkody.



Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)



Tworzenie regionu, w którym siatka zostanie zagęszczona – obszar wirów von Karmana.



Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)

GEOMETRY

MESH

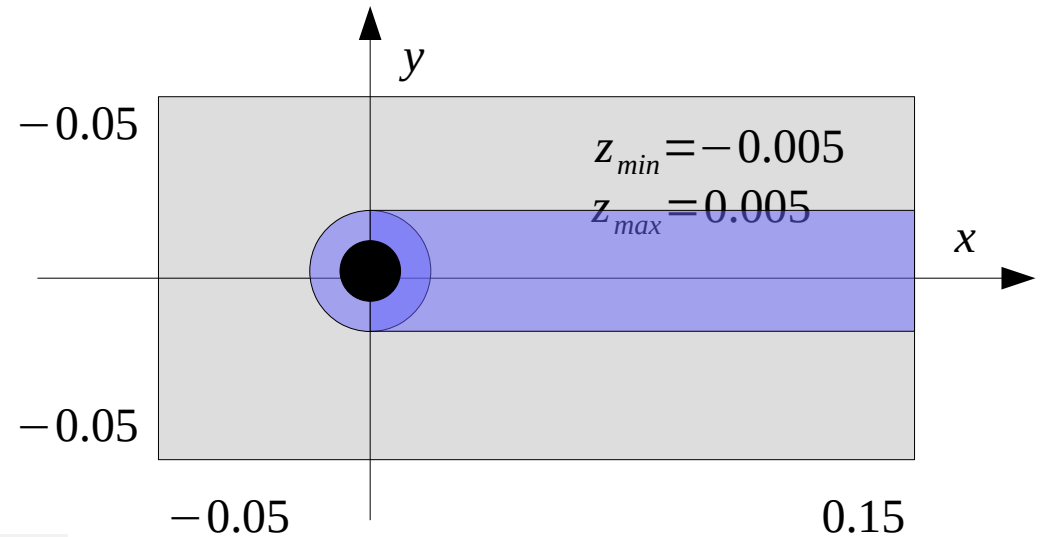
Hex Meshing

Import

Parameters

Summary

Tworzenie siatki głównej (Base).



Geometry	Base	Point	Mesh
Meshing Properties			
box_ref			
cylinder			
cylinder_ref			

wskazanie obszarów, w których siatka ma być zagęszczona

tworzenie siatki

tworzenie siatki inflacyjnej

Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)

GEOMETRY

MESH

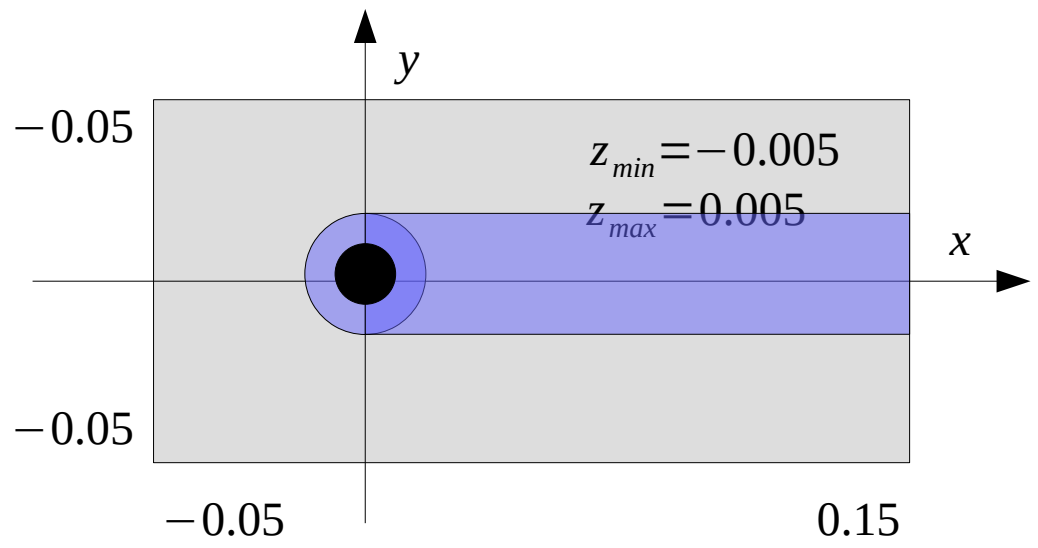
Hex Meshing

Import

Parameters

Summary

Tworzenie siatki głównej (Base).



Meshing Properties

- box_ref
- cylinder
- cylinder_ref

Limit Refinement

Refine Mode: Inside

Level: 2

Gap Refinement: none

box_ref

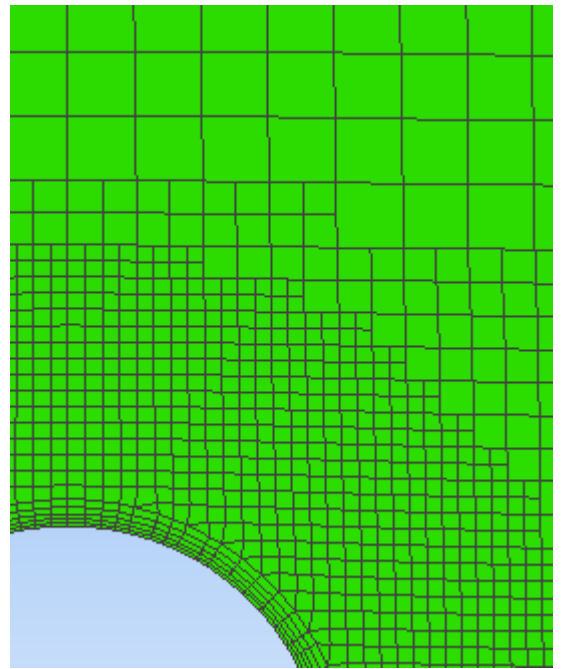
Limit Refinement

Refine Mode: Inside

Level: 1

Gap Refinement: none

poziom zagęszczenia siatki



Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)

GEOMETRY

MESH

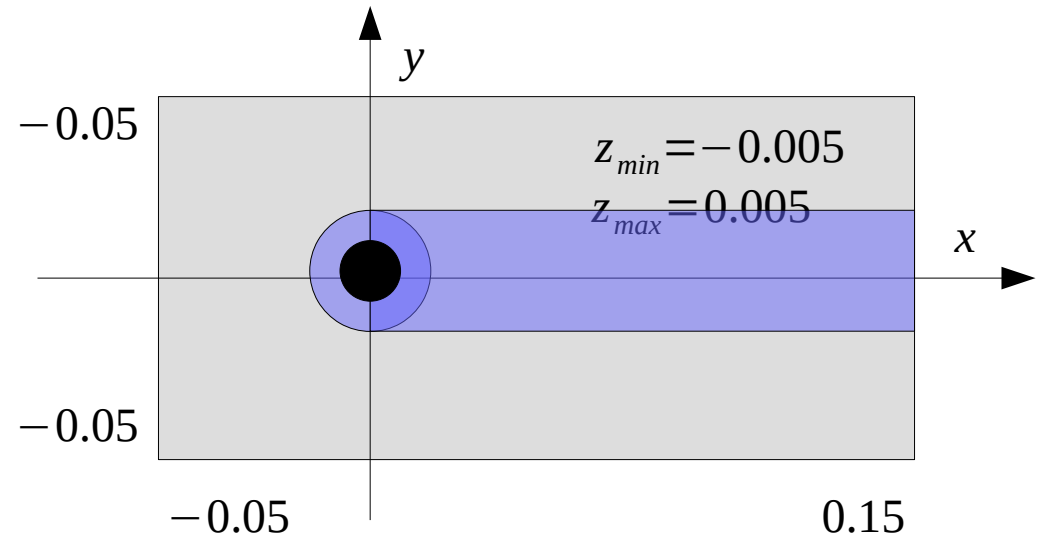
Hex Meshing

Import

Parameters

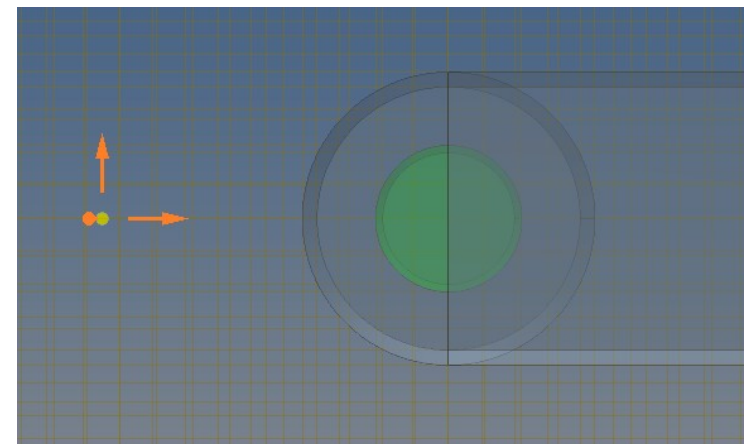
Summary

Tworzenie siatki głównej (Base).

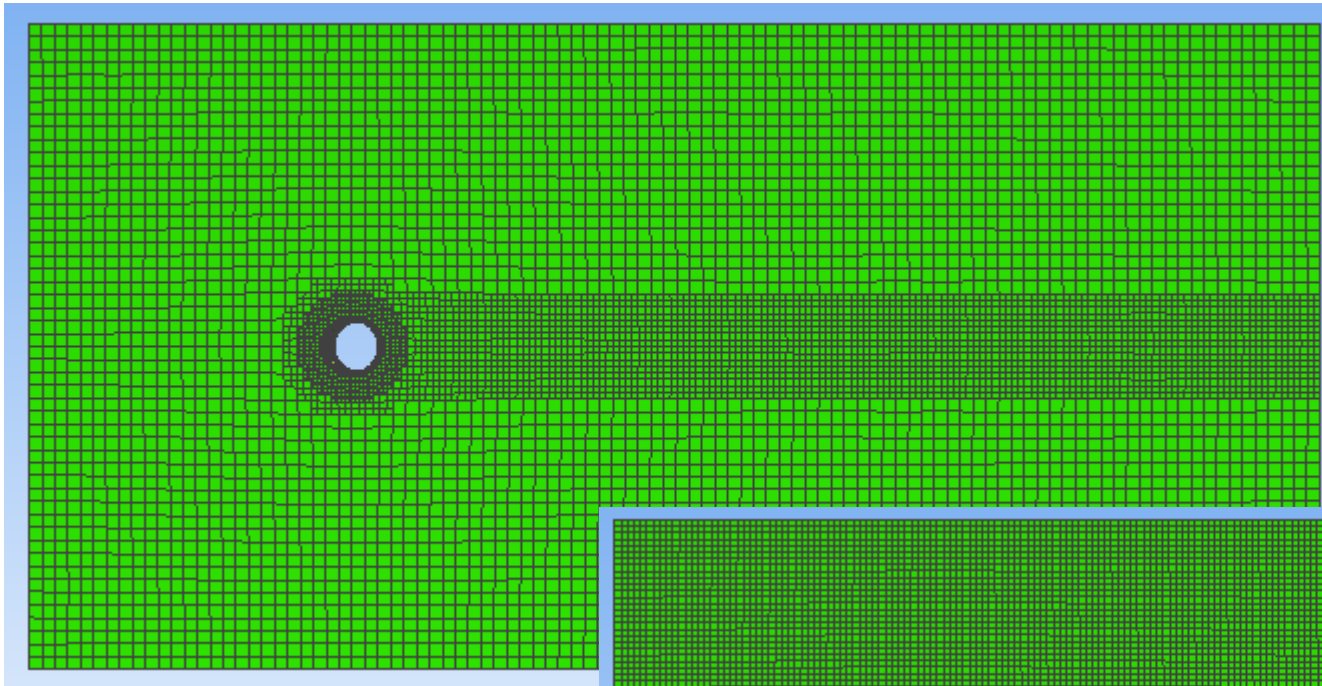


Geometry	Base	Point	Mesh
Multi-Zone Mesh			<input type="checkbox"/>
Material Point	<input type="text" value="-0.02"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

wskazanie wnętrza obszaru, w którym ma być wygenerowana siatka

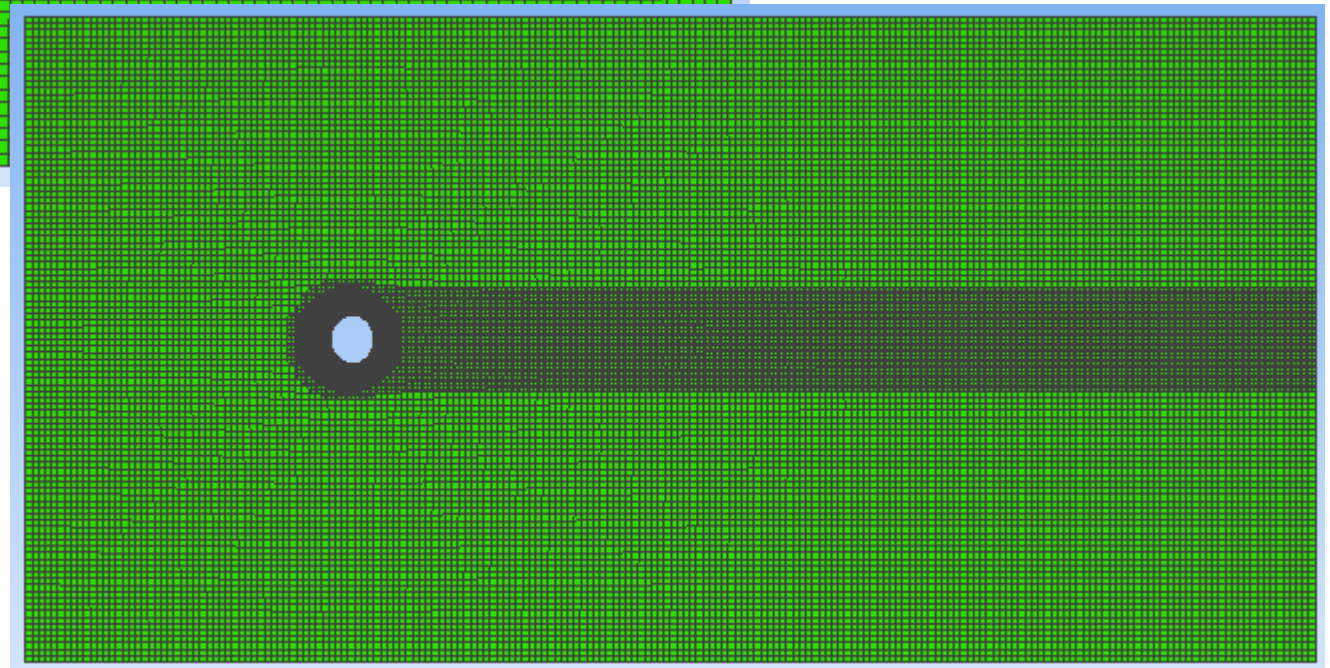


Praca w pakiecie OpenFOAM (SimFlow)



Wizualizacja siatki końcowej.

rozdzielczość
siatki bazowej
 $100 \times 50 \times 1$



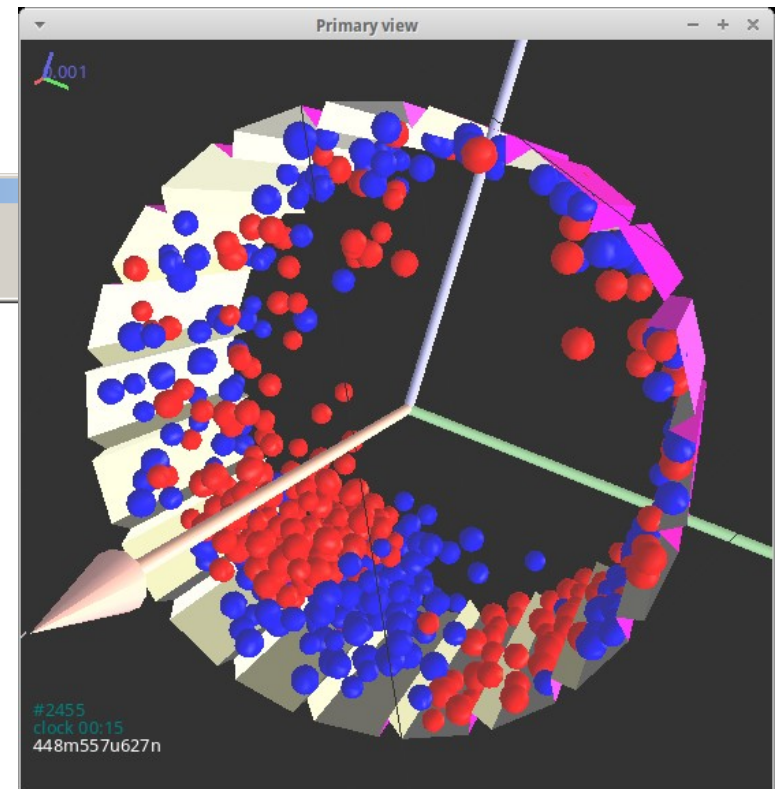
rozdzielczość
siatki bazowej
 $200 \times 100 \times 1$

Inne możliwości definiowania geometrii

Modelowanie geometrii w oparciu o równania analityczne

Tworzenie geometrii bębna na podstawie skryptu w języku Python (przykład z kodu YADE).

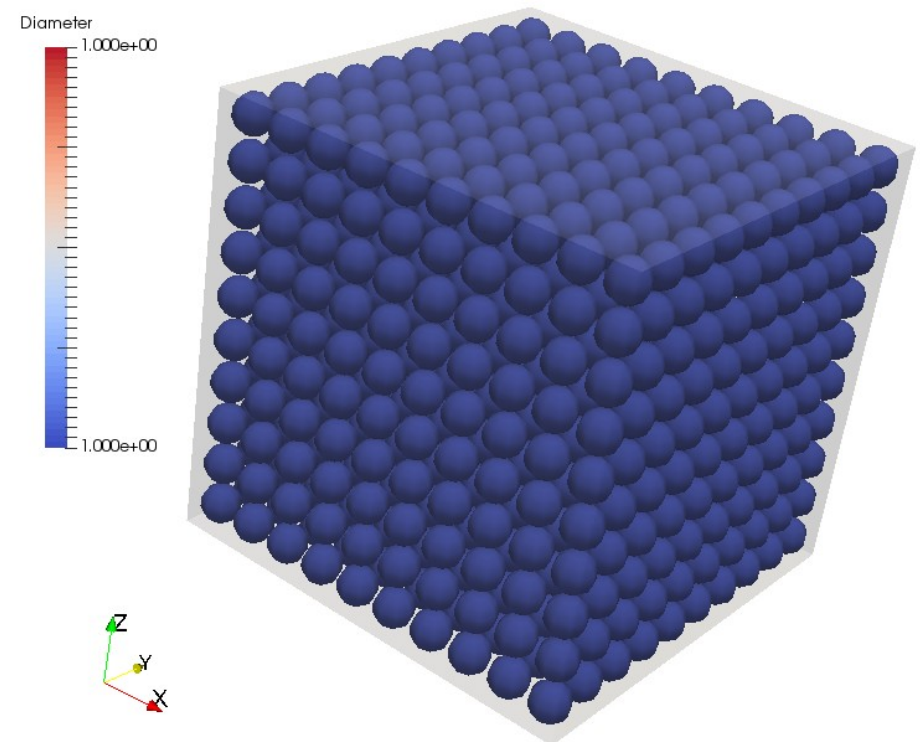
```
D:\Kortowo Staze\2014 Francja\Yade - nauka\examples\mill.py - Notepad++
Plik Edycja Szukaj Widok Format Składnia Ustawienia Narzędzia Makra Uruchom Wtyczki Okno ?
mill.py x
22  ###
23  ### mill geometry (parameteric)
24  ###
25  bumpPeri=2*bumpHt*tan(.5*bumpTipAngle) # length of a bump on the perimeter of the mill
26  bumpAngle=bumpPeri/millRad # angle of one bump from the axis of the mill
27  interBumpAngle=2*pi/bumpNum
28  bumpRad=millRad-bumpHt
29  pts=[]; thMin=0
30  for i in range(0,bumpNum):
31      thMin+=interBumpAngle
32      thMax=thMin+interBumpAngle-bumpAngle
33      thTip=thMax+.5*bumpAngle
34      # the circular parts spanning from thMin to thMax
35      for th0 in linspace(thMin,thMax,interBumpAngle/dTheta,endpoint=True):
36          pts.append(Vector3(-.5*millDp,millRad*cos(th0),millRad*sin(th0)))
37          # tip of the bump
38          pts.append(Vector3(-.5*millDp,bumpRad*cos(thTip),bumpRad*sin(thTip)))
39  # close the curve
40  pts+=pts[0]
41  # make the second contour, just shifted by millDp; ppts contains both
42  ppts=[pts,[p+Vector3(millDp,0,0) for p in pts]]
43  mill=pack.sweptPolylines2gtsSurface(ppts,threshold=.01*min(dTheta*millRad,bumpHt))
44  #,capStart=True,capEnd=True)
45  millIds=0.bodies.append(pack.gtsSurface2Facets(mill,color=(1,0,1),wire=False)) # add triangles, save their
46  ids
47  # make the caps less comfortably, but looking better as two triangle couples over the mill
48  mrc2=millRad*sqrt(2)
```



Inne możliwości definiowania geometrii

Modelowanie geometrii w oparciu o równania analityczne

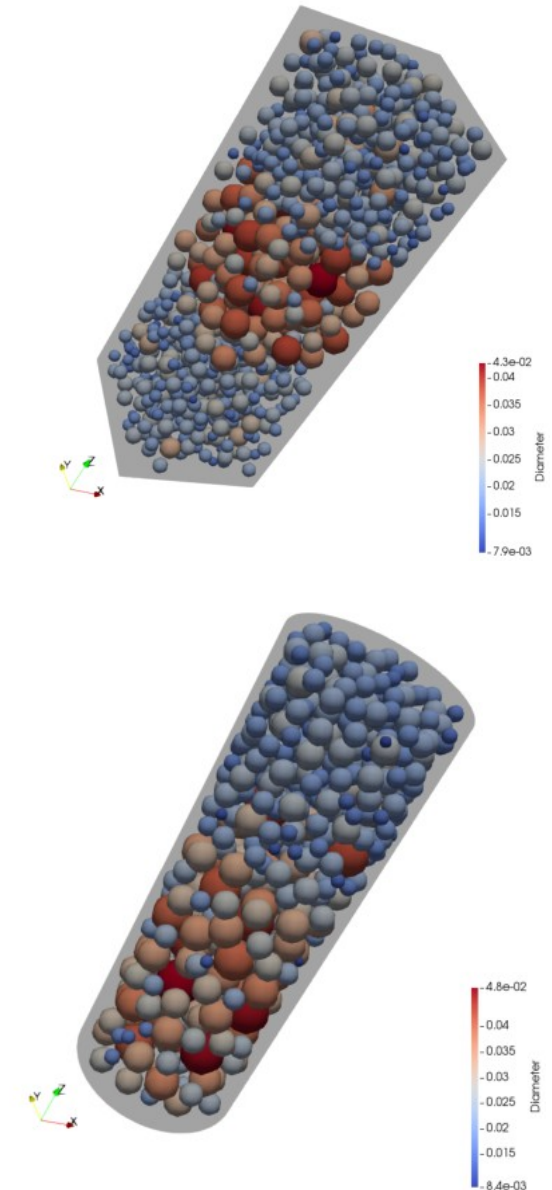
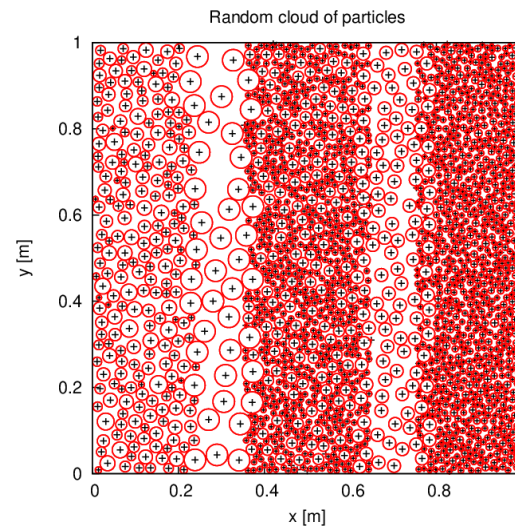
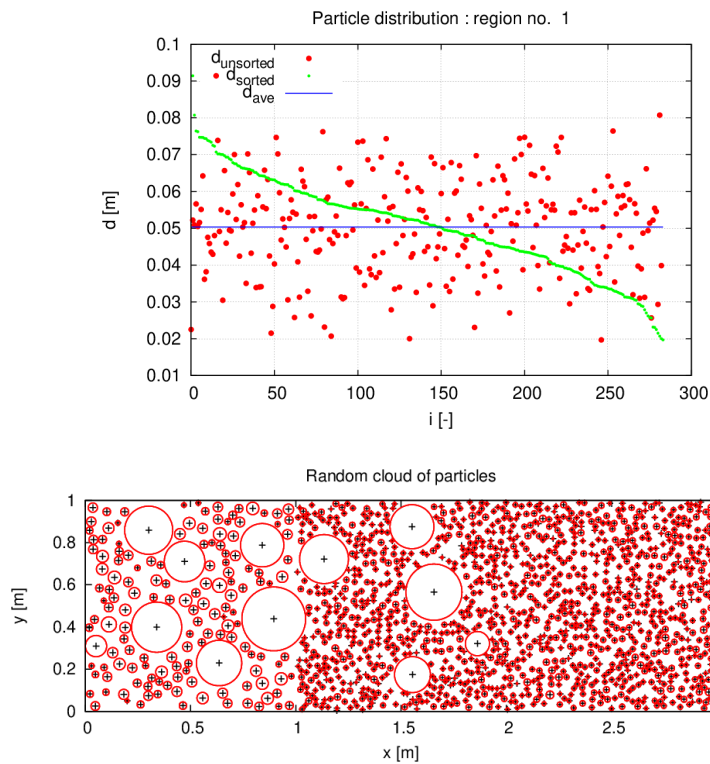
```
write(tmp,fmt=f) 'd_',nx*ny*nz, '.in'  
open(1,file=trim(tmp))  
do i = 1, nx  
  do j = 1, ny  
    do k = 1, nz  
      lp = lp+1  
      if (2*int(i/2) == i) then !  
        x = x_min-d/2.+i*d + x_imp  
      else  
        x = x_min-d/2.+i*d - x_imp  
      end if  
    ...  
  end do  
end do
```



Przykład tworzenie regularnego złoza cząstek
w oparciu o proste równania analityczne
[Wojciech Sobieski, kod własny].

Inne możliwości definiowania geometrii

Modelowanie geometrii w oparciu o generator liczb pseudolosowych



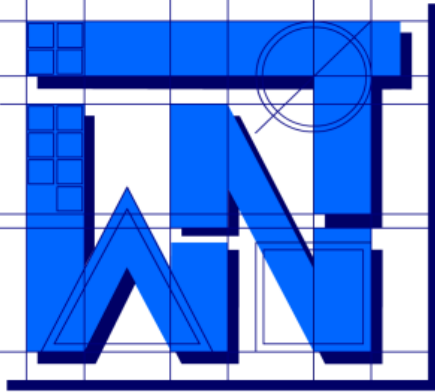
Tworzenie losowej geometrii złoża granularnego o zadanym rozkładzie wielkości cząstek [Wojciech Sobieski, kod własny].

Podsumowanie

Zagadnienia:

Rodzaje geometrii/grafiki, liczba wymiarów geometrii, domeny symetryczne, domeny periodyczne, 2D vs. 3D, podstawowe elementy geometrii, geometria bryłowa i powierzchniowa, transformacja geometrii, formaty plików, przykłady konwersji formatów danych, strategie modelowania geometrii, praca w pakiecie ANSYS, praca w pakiecie OpenFOAM, inne możliwości definiowania geometrii.

Wydział Nauk Technicznych



UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY IN OLSZTYN
The Faculty of Technical Sciences
POLAND, 10-957 Olsztyn, M. Oczapowskiego 11
tel.: (48)(89) 5-23-32-40, fax: (48)(89) 5-23-32-55
URL: <http://www.uwm.edu.pl/edu/sobieski/> (in Polish)



Dziękuję za uwagę

Wojciech Sobieski

Olsztyn, 2003-2024