

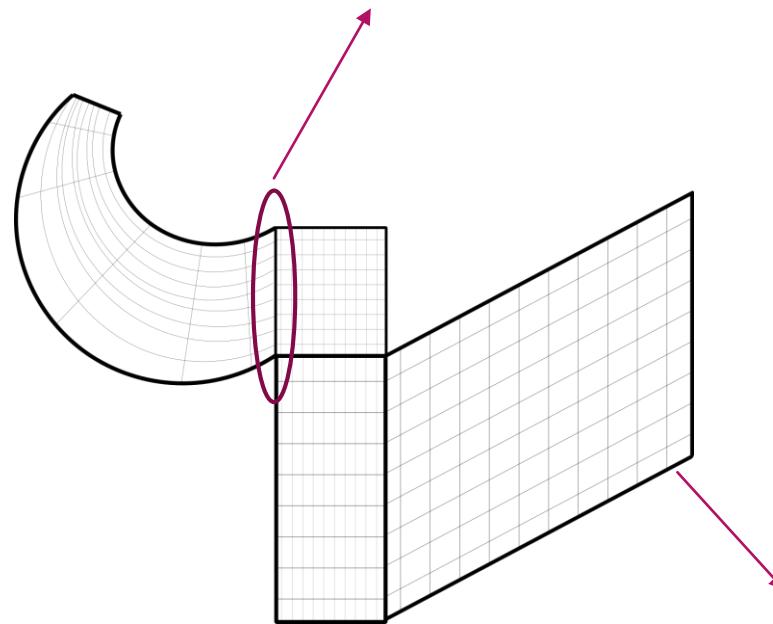
CFD aerodinamika

OSNOVE MREŽENJA Z UPORABO BLOCKMESH IN SNAPPYHEXMESH

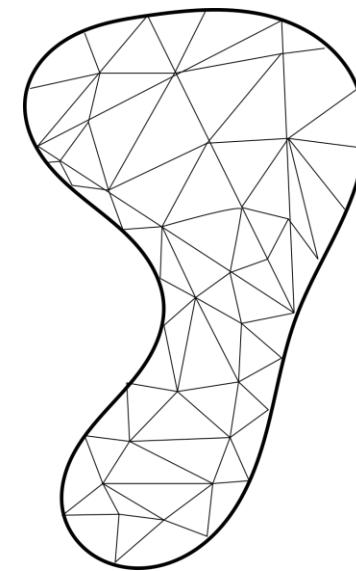
Strukturirana VS nestrukturirana mreža

Strukturirana

Celice se morajo na mejah blokov ujemati!



Nestrukturirana



Blok, pomrežen kvader, ki ga lahko poljubno deformiramo

Strukturirana VS nestrukturirana mreža

Strukturirana

Ročno moramo vnesti:

1. Točke oglišč vseh blokov
2. S pomočjo točk bloke
3. Če njihovi robovi niso ravni, definiramo robeve
4. Število delitev znotraj posameznega bloka
5. Stranice domene za nadaljni predpis robnih pogojev

Nestrukturirana

Ročno moramo vnesti:

1. Datoteko s kompleksno površino (.stl)
2. Nastavite algoritma

Strukturirana VS nestrukturirana mreža

Strukturirana

Plus:

- Zelo lepa, heksahedrična mreža
- Odlična kontrola nad mrežo

Minus:

- Zelo zamudno
- Za kompleksne geometrije **izredno** zamudno

Nestrukturirana

Plus:

- Hitra izdelava
- Malo vhodnih podatkov
- Vhodni podatki lahko pri podobnih geometrijah ostanejo enaki

Minus:

- **Slabša kvaliteta mreže**
- Težja kontrola nad mrežo

Strukturirana VS nestrukturirana mreža

Strukturirana

Uporaba:

- Enostavni cevni sistemi
- Enostavne posode
- Enostavne šobe
- Skratka vse geometrije, ki so sestavljene iz konusov, valjev, kvadrov, paralelogramov, trapezoidov ... enostavnih geometrijskih primitivov oz. deformiranih enostavnih primitivov

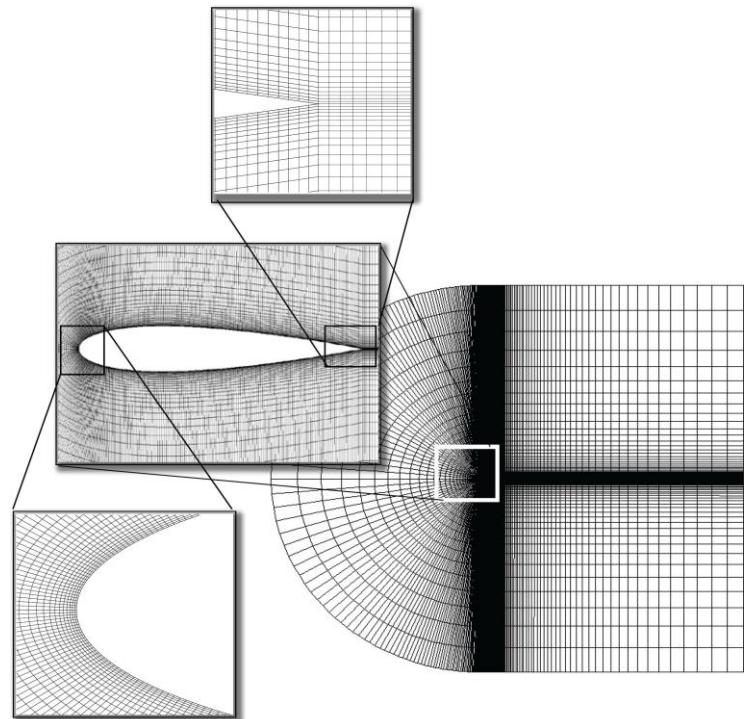
Nestrukturirana

Uporaba:

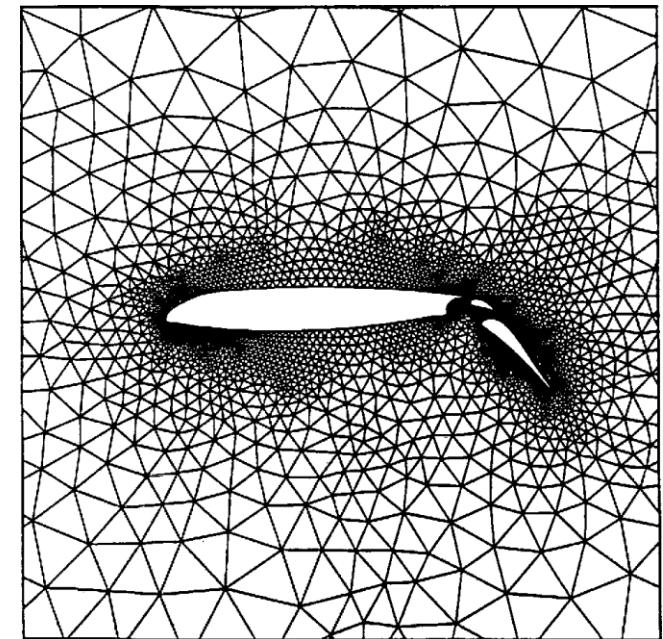
- Kompleksne 3D oblike z velikim številom primitivnih component
- Geometrije, ki vsebujejo kompleksne 3D površine

Strukturirana VS nestrukturirana mreža

Strukturirana



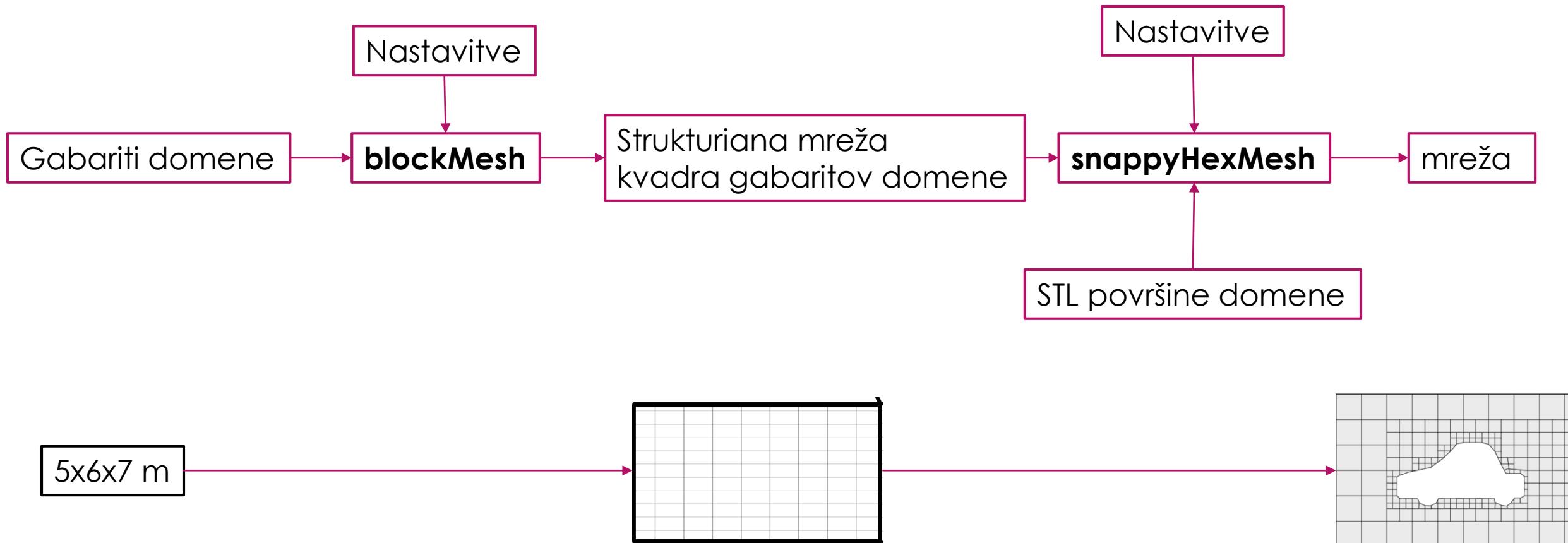
Nestrukturirana



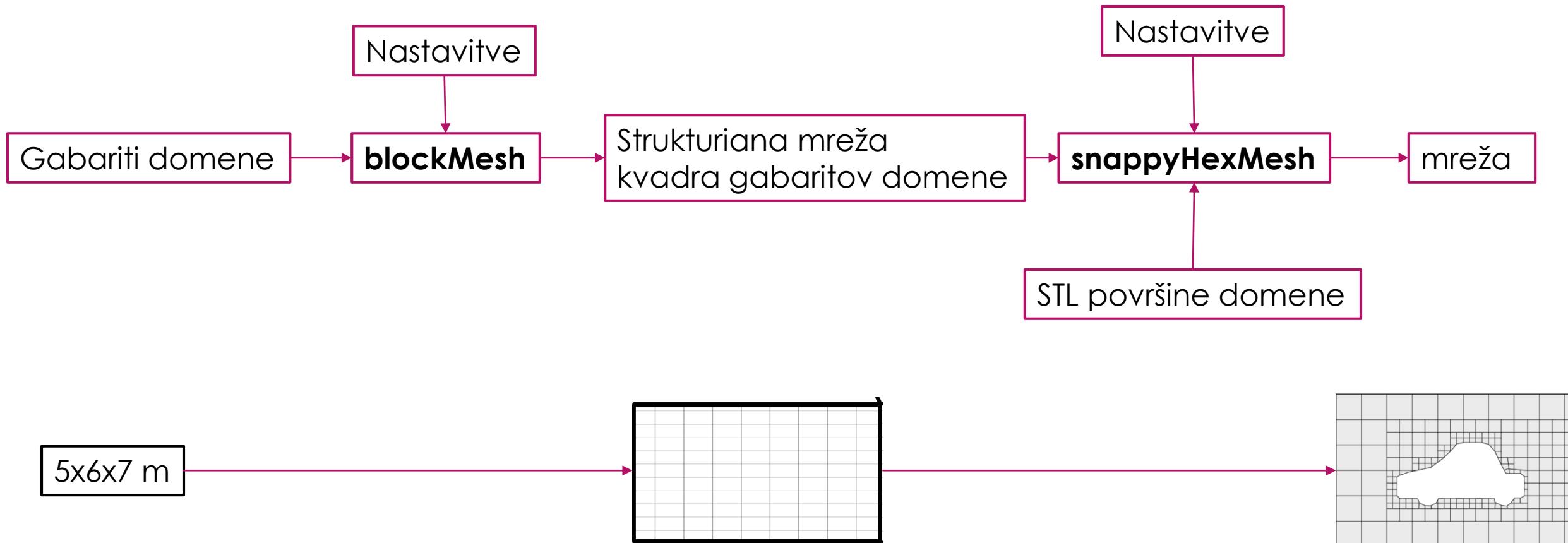
Ahmad Samiee et. Al. Improvement of Airfoils Aerodynamic Efficiency by Thermal Camber Phenomenon at Low Reynolds Number J. Aerosp. Technol. Manag. vol.10 São José dos Campos 2018 Epub Nov 01, 2018

https://www.semanticscholar.org/paper/Mapping-Unstructured-Grid-Problems-to-_2-0-the-Hammond-Schreiber/1bbafa68c512c82205bfad0b3798c421c320c699

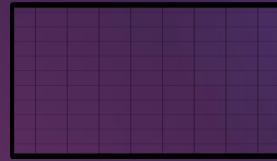
Izdelava nestrukturirane mreže v OpenFOAM



Izdelava nestrukturirane mreže v OpenFOAM



blockMesh



system/blockMeshDict

blockMesh

Strukturirana mreža

```
1 ...
2 convertToMeters 1e3;
3
4
5
6 xmin 0;
7 xmax 6;
8 ymin -6;
9 ymax 12;
10 zmin 0.001;
11 zmax 4;
12
13 vertices
14 {
15     // top zmaxayer vertices (air and nozzlemax)
16
17     ($xmin $ymin $zmin)    // 0
18     ...
19 };
20
21 blocks
22 {
23     hex (0 1 5 4 2 3 7 6) region0 (15 45 10) simpleGrading (1 1 1)
24 };
25
```

Faktor s katerim se pomnožijo dimenzijske vrednosti, vse dimenzijske vrednosti so v metrih!

Spremenljivke, lahko si jih poljubno definiramo

Oglošča blokov

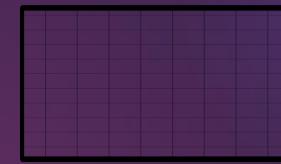
Definicija blokov

Oglošča bloka, vrstni red je pomemben!

Število delitev v x,y in z smeri

Zgoščevanje v x,y in z smeri (1 pomeni, da se mreža ne zgoščuje)

blockMesh



system/blockMeshDict

blockMesh

Strukturirana mreža

```
25
26 edges
27 (
28 ...
29 );
30 ...
31 ...
32 boundary
33 (
34   inlet
35   {
36     type wall;
37     faces
38     (
39       ...
40       (2 0 1 3)
41     );
42   }
43 ...
44 );
45 ...
46 ...
47 // ****
```

Definicije ukrivljenih robov

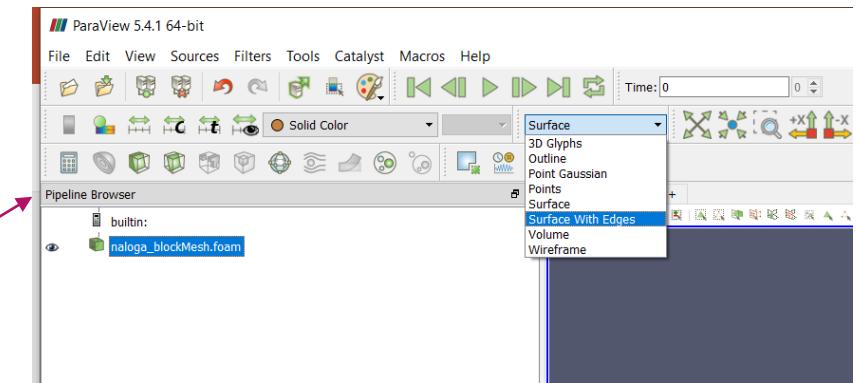
Poimenovanje robnih ploskev

Točke, ki omejujejo robno ploskev

blockMesh

Naloga 1:

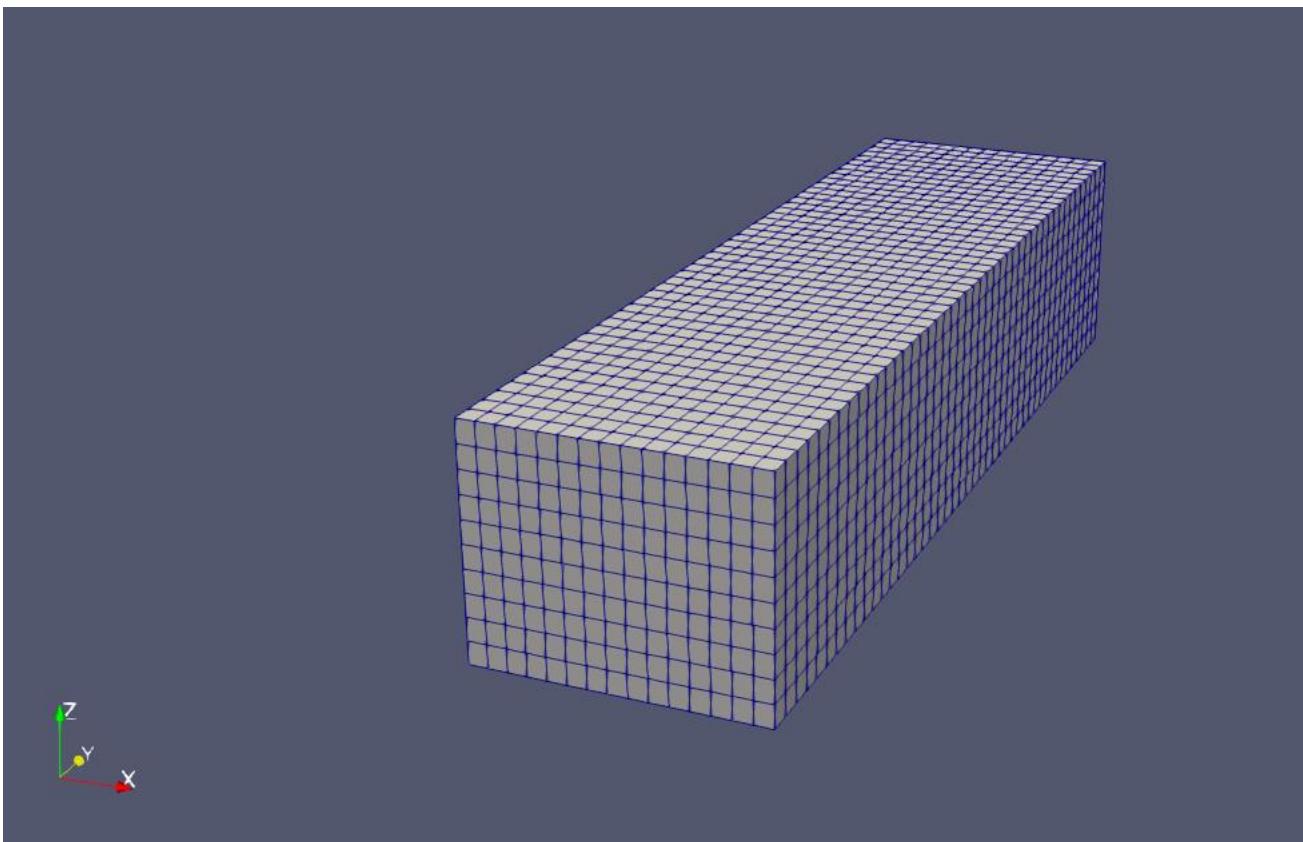
1. Odprti **blueCFD-Core 2017 terminal**
2. S pomočjo ukazov **ls** in **cd** se premakni v mapo:
~\blueCFD\ofuser-of5\OFkurz\simulacije_naloge\naloga_blockMesh
3. Izvedi ukaz **\$ blockMesh**
4. Izvedi ukaz **\$ paraFoam** in naloži podatke z **Apply**
5. Nastavi način pogleda na "**Surface with Edges**" in si oglej mrežo
6. Zapri **paraview**
7. Z **Notepad++** odpri **system\blockMeshDict** in podvoji velikost domene v x smeri
8. V **blueCFD-Core 2017 terminalu** ponovno poženi **\$ blockMesh** in preglej rezultate (točke 3.-5.)
9. Z **Notepad++** odpri **system\blockMeshDict** in podvoji število celic v x smeri
10. V **blueCFD-Core 2017 terminalu** ponovno poženi **blockMesh** in preglej rezultate (točke 3.-5.)



Pozor!

Datotek ne smete urejati z windowsovo beležko.
Uporabite ali Notepad ++ ali pa z
Notepad2.

blockMesh



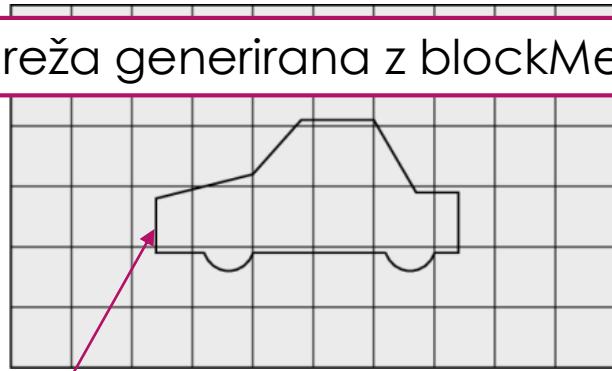
blockMesh

Detajlna dokumentacija:

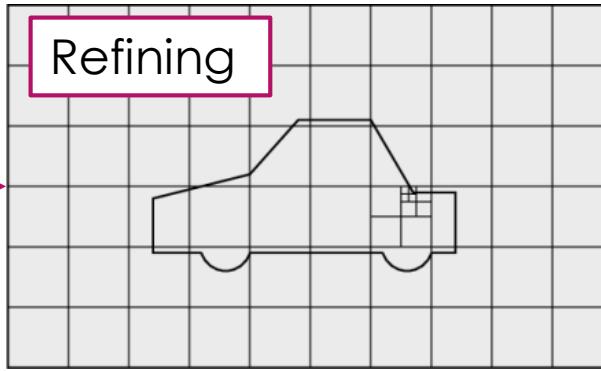
<https://cfd.direct/openfoam/user-guide/v7-blockmesh/#x26-1850005.3>

snappyHexMesh

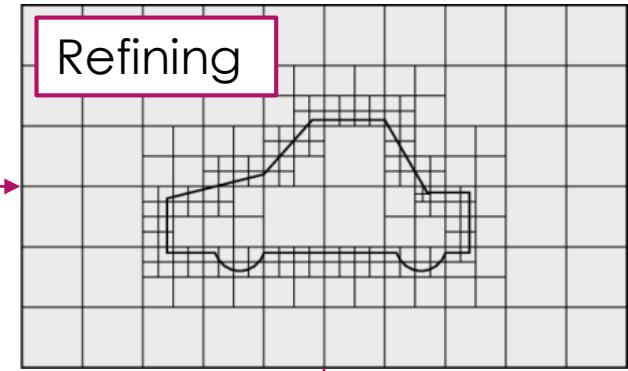
Mreža generirana z blockMesh



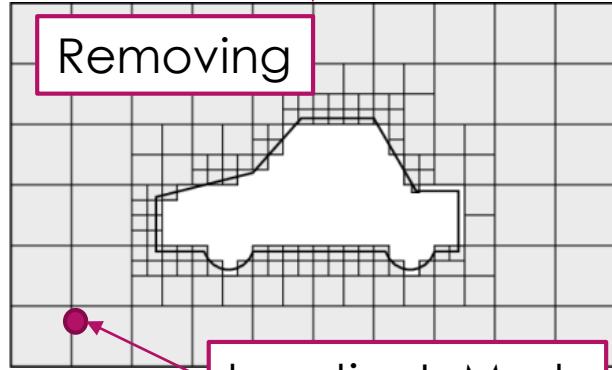
Refining



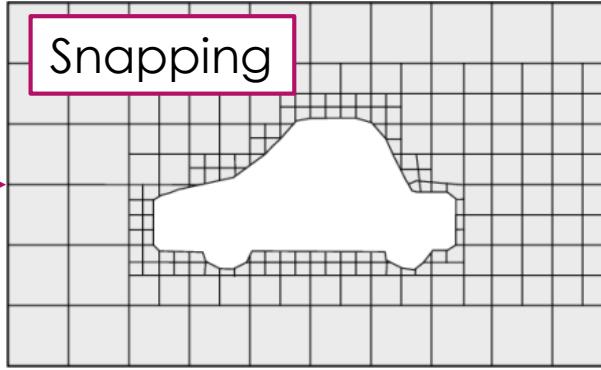
Refining



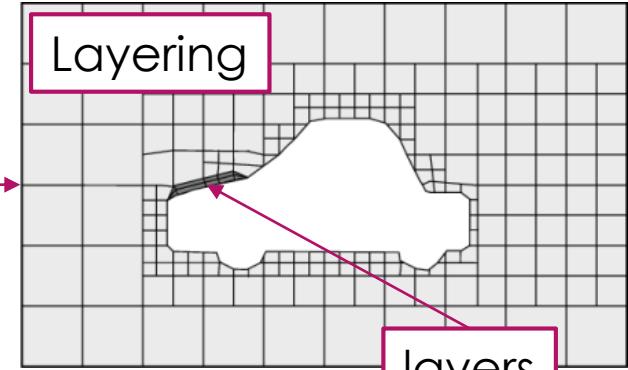
Stl površina



Removing



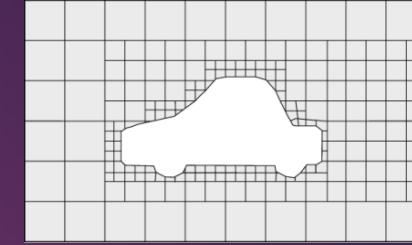
Snapping



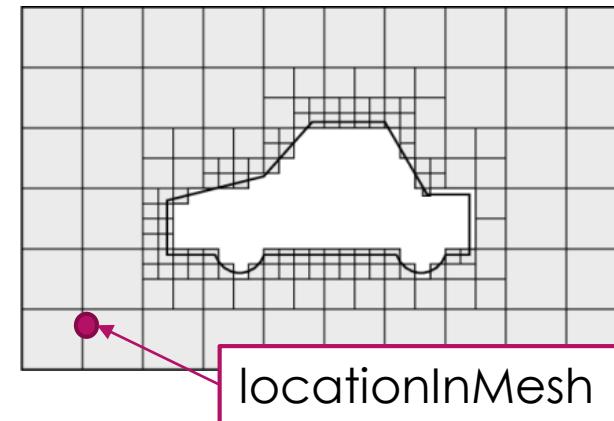
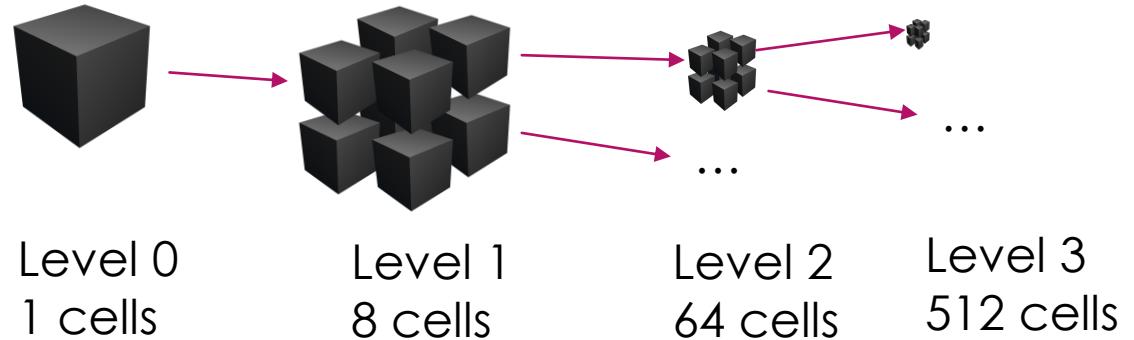
Layering

layers

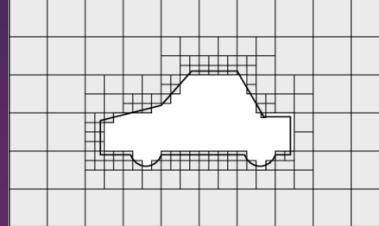
snappyHexMesh



- ▶ Algoritemsko mreženje
- ▶ Nastavitev v **system/snappyHexMeshDict**:
 - ▶ STL datoteka (v mapi constant/triSurface)
 - ▶ Mesto zgostitev
 - ▶ Stopnja zgostitve (2 ... osnovne celice se razdelijo 2x torej iz 1 celice 64 manjših)
 - ▶ Točka v mreži (locationInMesh)
 - ▶ Mnogo ostalih nastavitev



snappyHexMesh

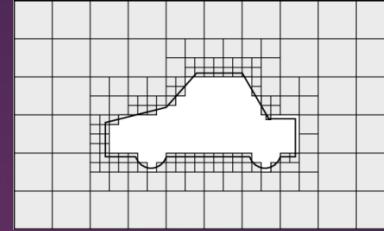
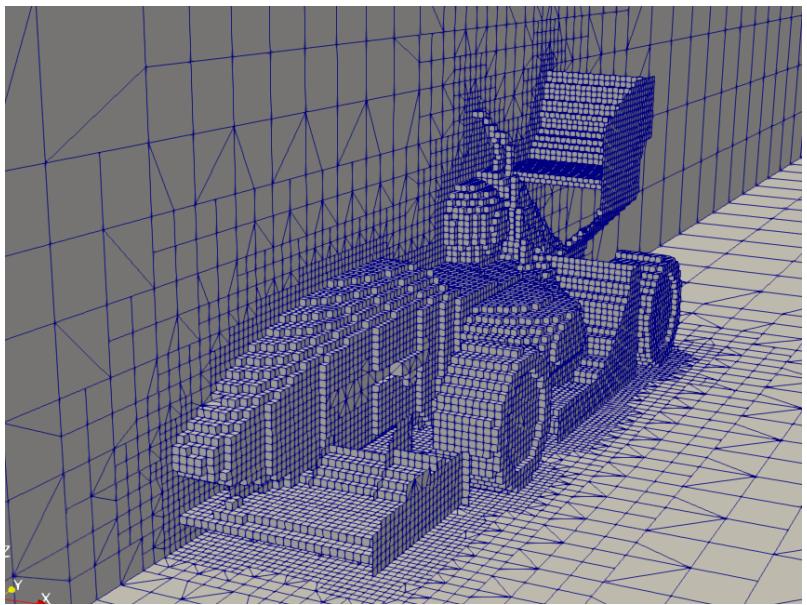


► Naloga 2: izgradi preprosto mrežo okoli dirkalnika s pomočjo snappyHexMesha

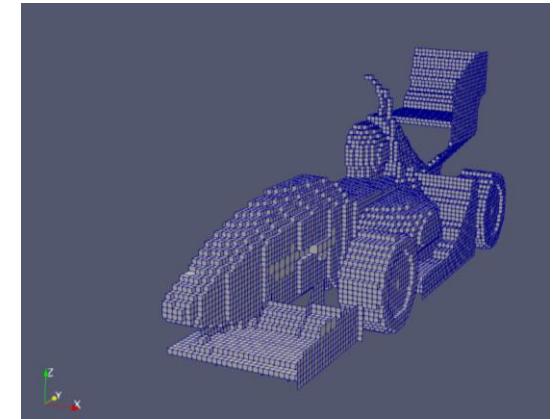
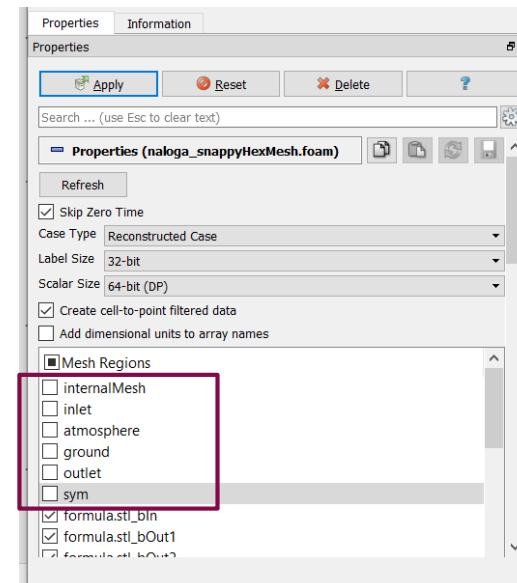
1. Odpri **blueCFD-Core 2017 terminal**
2. S pomočjo ukazov **ls** in **cd** se premakni v mapo:
~\blueCFD\ofuser-of5\OFkurz\simulacije_naloge\naloga_snappyHexMesh
3. Izgradi osnovno strukturirano mrežo z ukazom **\$ blockMesh**
4. S pomočjo raziskovalca prekopiraj površino formula.stl v mapo
~\blueCFD\ofuser-of5\OFkurz\simulacije_naloge_snappyHexMesh\constant\polyMesh
5. Vse nastavitev v datoteki system/snappyHexMeshDict so že nastavljene, tako da le še poženemo mreženje
\$ snappyHexMesh
6. Ko v terminalu vidiš izpis **End** zvedi ukaz **\$ paraFoam** in naloži podatke z **Apply**
7. Nastavi način pogleda na **“Surface with Edges”** in si oglej izdelano mrežo

snappyHexMesh

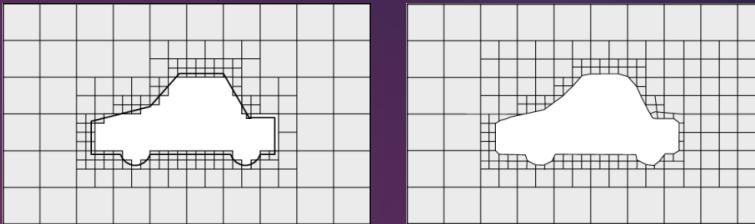
- ▶ Naloga 2: rezultat



Za lažje pregledovanje lahko iz prikaza odstranimo zunanje mejne ploskve:



snappyHexMesh



- ▶ Naloga 3: izgradi preprosto prilegajočo se mrežo okoli dirkalnika s pomočjo snappyHexMesha
 1. Nadaljevanje naloge 2.
 2. Daj skripti Allclean dovoljenje za izvedbo, pisanje in branje:
\$ chmod 700 Allclean
 3. Pobriši mrežo iz prejšnje naloge s skripto:
\$./Allclean
 4. Izgradi osnovno strukturirano mrežo z ukazom:
\$ blockMesh
 5. S pomočjo Notepad++ uredi nastavitev v datoteki system/snappyHexMeshDict in omogoči snap-anje. Namesto **snap false**; vstavi **snap true**;
 6. Poženemo mreženje (traja cca 1 min) : **\$ snappyHexMesh**
 7. Ko v terminalu vidis izpis **End** zvedi ukaz **\$ paraFoam** in naloži podatke z **Apply**
 8. Nastavi način pogleda na **“Surface with Edges”** in si oglej izdelano mrežo. Mreža po zgoščevanju in po snapanju je zapisana v dveh različnih časovnih direktorijih, med njimi prekljapljaš s pomočjo:

```

/*----- C++ -----*/
| ====== | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox |
| \ / Field | Version: 4.x |
| \ / Operation | Web: www.OpenFOAM.org |
| \ / And | |
| \ \ Manipulation | |
\*----- */

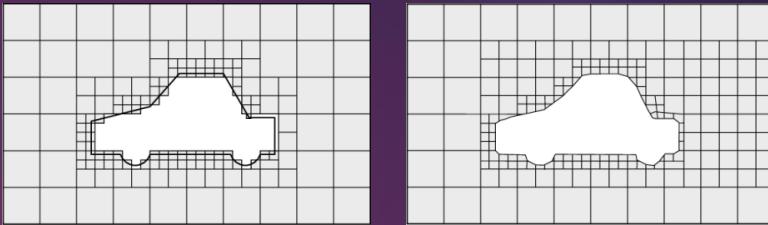
FoamFile
{
    version      2.0;
    format       ascii;
    class        dictionary;
    object       snappyHexMeshDict;
}
// * * * * * // * * * * * //

// Which of the steps to run
castellatedMesh true;
snap          false;
addLayers     false;

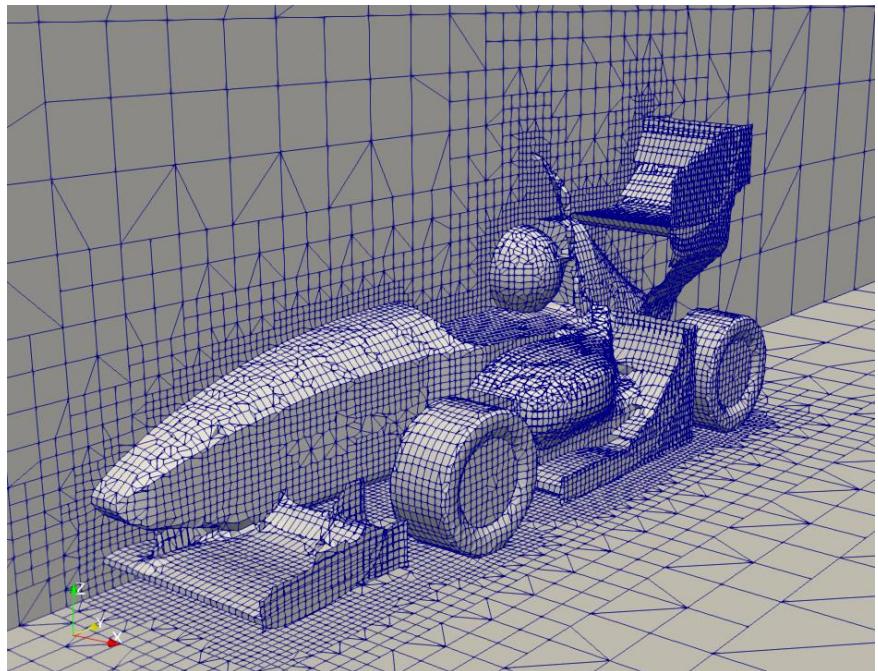
```

```
// Which of the steps to run  
castellatedMesh true;  
snap true;  
addLayers false;
```

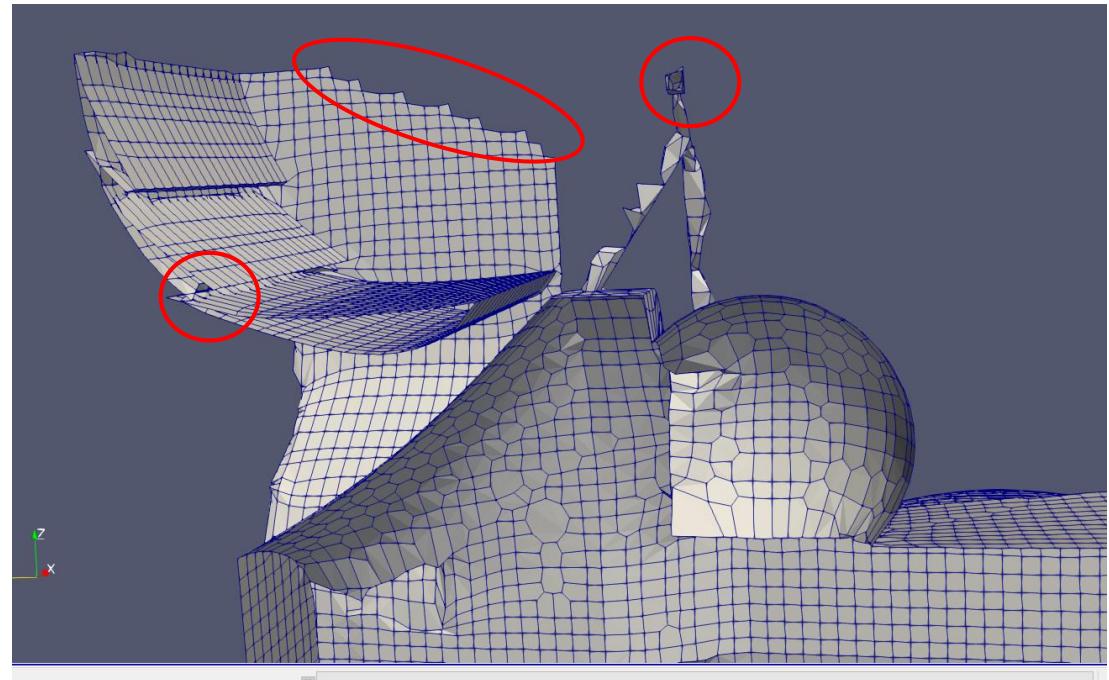
snappyHexMesh



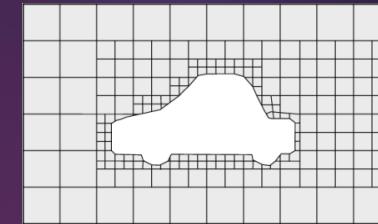
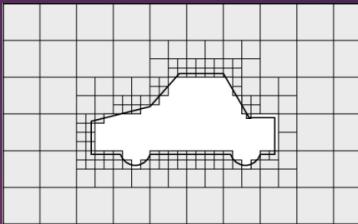
► Naloga 3, rezultat:



Problemi:



snappyHexMesh



- ▶ Naloga 4: izgradi gostejšo mrežo okoli dirkalnika s pomočjo snappyHexMesh

1. Nadaljevanje naloge 3.
 2. Pobriši mrežo iz prejšnje naloge s skripto `$./Allclean`
 3. Izgradi osnovno strukturirano mrežo z ukazom `$ blockMesh`
 4. S pomočjo Notepad++ uredi nastavitev v datoteki `system/snappyHexMeshDict`:

V podslvarju `castellatedMeshControls` povečaj lokalno število celic (na tem procesorju) in globalno število celic (na vseh procesorjih):

maxLocalCells 80000; **maxGlobalCells** 320000;

2 V podslovarju castellatedMeshControls povečai število celic med nivoji zgostitve:

nCellsBetweenLevels 5

3. V podstavljuj castellatedMeshControls/refinementSurfaces/formula.stl povečaj minimalni in maksimalni nivo zgoditve ob površini iz formula.stl

refinementSurfaces

{

form

```
// Surface-wise min and max refinement level  
level (4 5);
```

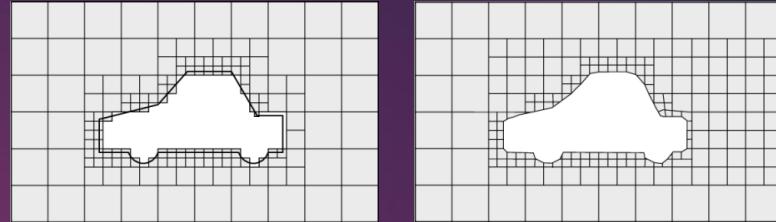
5. Poženemo mreženje (traja cca 2,5 min): **\$ snappyHexMesh**
 6. Ko v terminalu vidiš izpis **End** zvedi ukaz **\$ paraFoam** in naloži podatke z **Apply**
 7. Nastavi način pogleda na "**Surface with Edges**" in si oglej izdelano mrežo

```
/*----- C++ -----*/
| ====== | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox |
| \ \ / F ield | Version: 4.x |
| \ \ / O peration | Web: www.OpenFOAM.org |
| \ \ / A nd | |
| \ \ \ M anipulation | |
\*-*FoamFile
{
    version      2.0;
    format       ascii;
    class        dictionary;
    object       snappyHexMeshDict;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

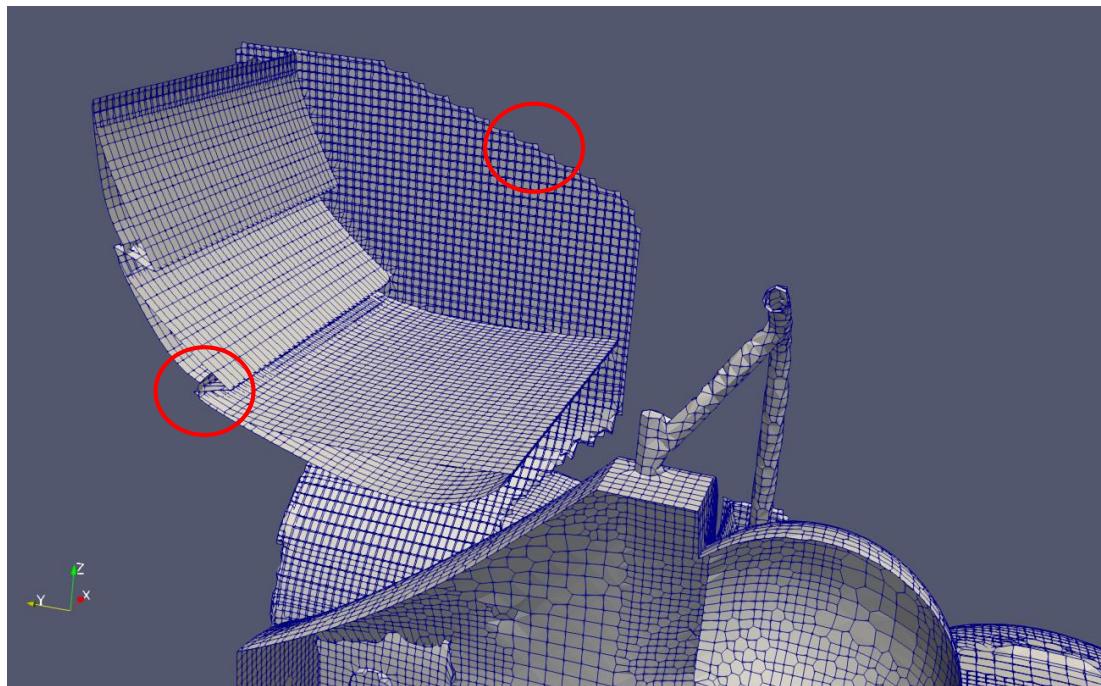

// Which of the steps to run
castellatedMesh true;
snap           false;
addLayers      false;
```

```
// Which of the steps to run  
castellatedMesh true;  
snap true;  
addLayers false;
```

snappyHexMesh



- ▶ Naloga 4. rezultat:



Bolje!

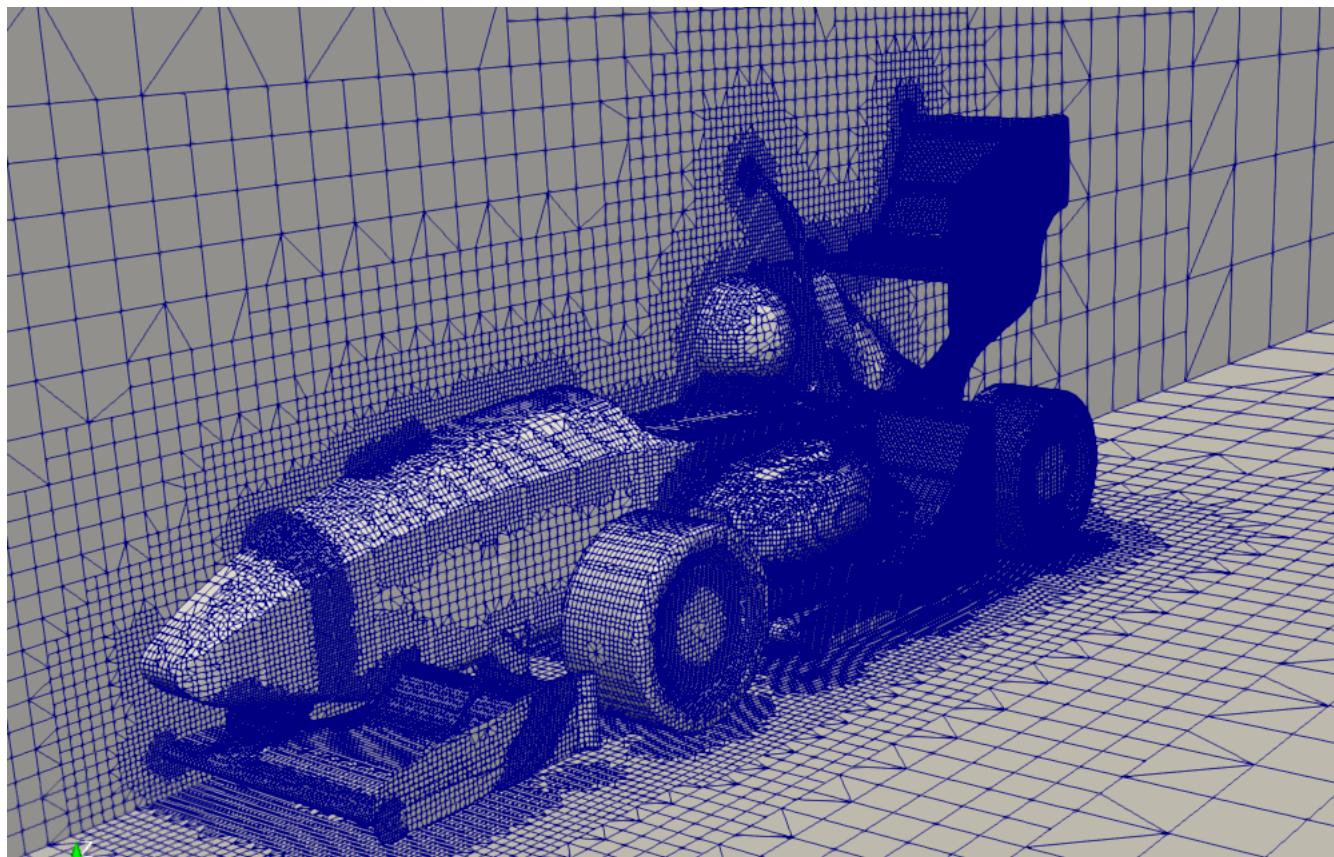
Kljub temu so robovi nazobčani, ozek prostor med krilci pa je še vedno nepravilno povezan.

snappyHexMesh

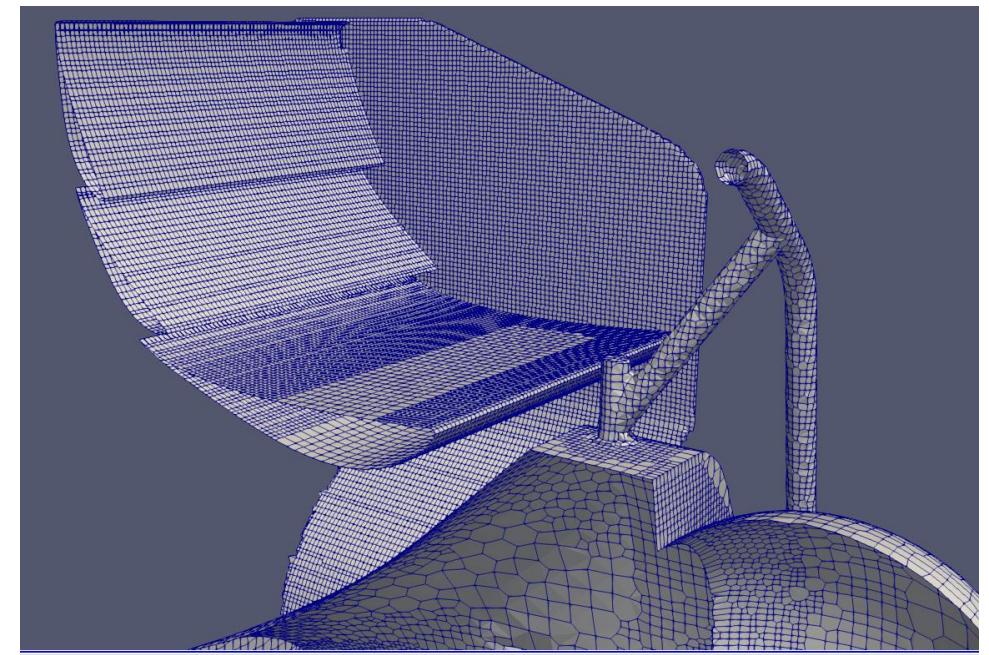
- ▶ Naloga 5: izboljšaj mreženje v tesnih prostorih:
 1. Nadaljevanje naloge 4.
 2. Pobriši mrežo iz prejšnje naloge s skripto **\$./Allclean**
 3. Izgradi osnovno strukturirano mrežo z ukazom **\$ blockMesh**
 4. S pomočjo Notepad++ uredi nastavitev v datoteki **system/snappyHexMeshDict**:
 1. V podslavarju castellatedMeshControls vklopi dodatno zgostitev v ozkih režah:
**//- Optional increment (on top of max level) in small gaps
gapLevelIncrement 1;**
 2. V podslavarju castellatedMeshControls zmanjšaj razdaljo od površine, znotraj katere program poizkuša točke prilagoditi površini:
**// Maximum relative distance for points to be attracted by surface.
// True distance is this factor times local maximum edge length.
// Note: changed(corrected) w.r.t 17x! (17x used 2* tolerance)
tolerance 1;**
 5. Poženemo mreženje (traja cca 8 min): **\$ snappyHexMesh**
 6. Ko v terminalu vidiš izpis **End** zvedi ukaz **\$ paraFoam** in naloži podatke z **Apply**
 7. Nastavi način pogleda na **“Surface with Edges”** in si oglej izdelano mrežo

snappyHexMesh

- ▶ Naloga 5: rezultati



Veliko bolje, mreža postaja sprejemljiva!



snappyHexMesh

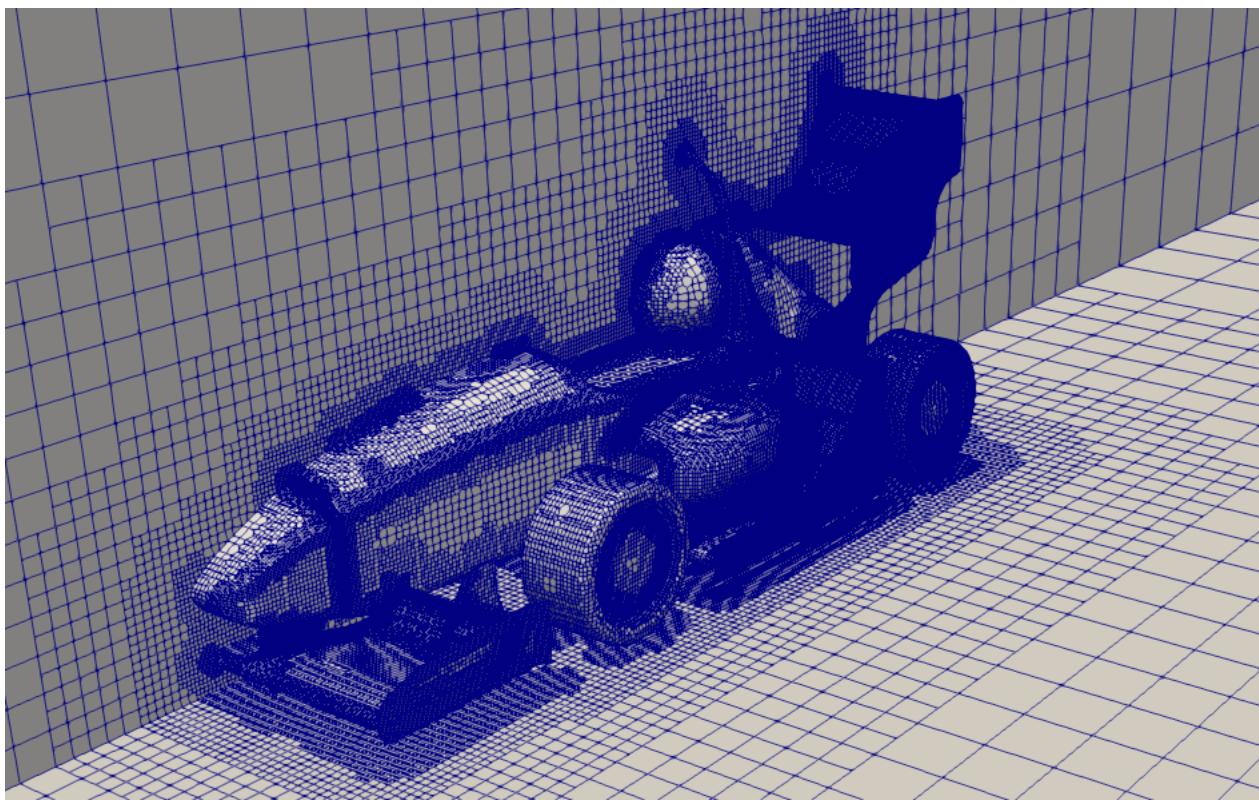
- ▶ Naloga 6: izboljšaj mreženje na robovih, majnih zaokrožitvah ...
 1. Nadaljevanje naloge 5.
 2. Pobriši mrežo iz prejšnje naloge s skripto **\$./Allclean**
 3. Izgradi osnovno strukturirano mrežo z ukazom **\$ blockMesh**
 4. Izvleci lastnosti površine z ukazom **\$ surfaceFeatureExtract**
 5. S pomočjo Notepad++ uredi nastavitev v datoteki **system/snappyHexMeshDict**:
 1. V podslavarju **castellatedMeshControls** povečaj lokalno število celic (na tem procesorju) in globalno število celic (na vseh procesorjih):
maxLocalCells 1000000; maxGlobalCells 1000000;
 2. Odkomentiraj podslavar **castellatedMeshControls/features** s čimer omogočiš zgoščevanje na mestih, ki jih je zaznal **surfaceFeaturesExtract**
 6. S pomočjo Notepad++ uredi nastavitev v datoteki **system/decomposeParDict**, X zamenjaš z razpoložljivim številom procesorjev:
 1. **numberOfSubdomains X;**
 7. Daj skripti **buildMeshPar** dovoljenje za izvedbo, pisanje in branje:
\$ chmod 700 buildMeshPar
 8. Poženemo paralelno mreženje s skripto: **\$./buildMeshPar**
 9. Ko v terminalu vidiš izpis **End** zvedi ukaz **\$ paraFoam** in naloži podatke z **Apply**
 10. Nastavi način pogleda na **“Surface with Edges”** in si oglej izdelano mrežo

```
124   features
125   (
126     {
127     // 
128     // 
129     // 
130     // 
131     // 
132   );
133 }
```

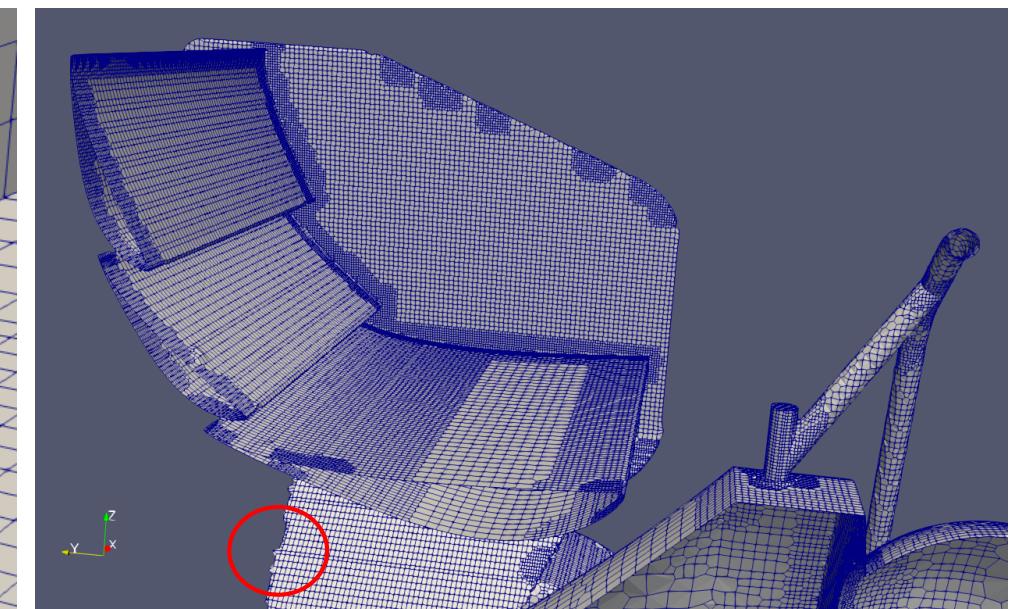
```
124   features
125   (
126     {
127     // 
128     // 
129     // 
130     // 
131   }
132 );
133 );|
```

snappyHexMesh

- ▶ Naloga 6: izboljšaj mreženje na robovih, majhnih zaokrožitvah ...



Lepa mreža, kar se tiče geometrije!



Nadaljne izboljšanje:

- Še lepše prileganje robov
- V primeru turb. Simulacije preveriti ali $y+$ vrednost ustreza predpisu!