

Úloha 4

Zadání

Proveďte 2D, nestlačitelný, turbulentní, nestacionární výpočet obtékání tělesa v OpenFOAM s příslušným modelem turbulence a vykreslete v Paraview von Karmánovu vírovou řadu (von Karmán vortex street). Síť najdete v příloze (tag: sim4A).

Air, $Re=40k$, `kEpsilonRealizable`, překážka tvaru $L/D=(\text{délka}/\text{výška})=2$

Řešení

Zcela zásadní v tomto případě je rozhodnout o turbulentní intenzitě I , která se dále projeví ve fluktuacích rychlosti, turb. kin. energii k a rychl. disipace energie ϵ . $\nu = 1.568 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$

pro vzduch při 300 K. $L = 0.2 \text{ m}$, $U = 3.136 \text{ ms}^{-1}$, $Re = \frac{LU}{\nu} = 4 \cdot 10^4$, $I = 0.05$,

$U_x = IU = 0.157 \text{ ms}^{-1}$, $k = \frac{3}{2}(U_x^2) = 0.037 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$, $C_\mu = 0.09$, $L_\epsilon = \frac{7}{100}L = 0.014 \text{ m}$,

$\epsilon = \frac{C_\mu k^2}{\nu} = 7.807 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$, $\omega = \frac{k^{0.5}}{C_\mu L_\epsilon} = 152.413 \text{ s}^{-1}$

```
gedit system/fvSolution
```

Nastavíme relaxační faktory na:

```
U 0.5;  
k 0.5;  
epsilon 0.5;  
p 0.3;
```

Úloha 4

V průběhu simulace chceme zapisovat součinitel odporu C_d a vztlaku C_L . Do `system/controlDict` vložíme následující zápis do `functions` .

```
forceCoeffs {
patches      (obstacle);

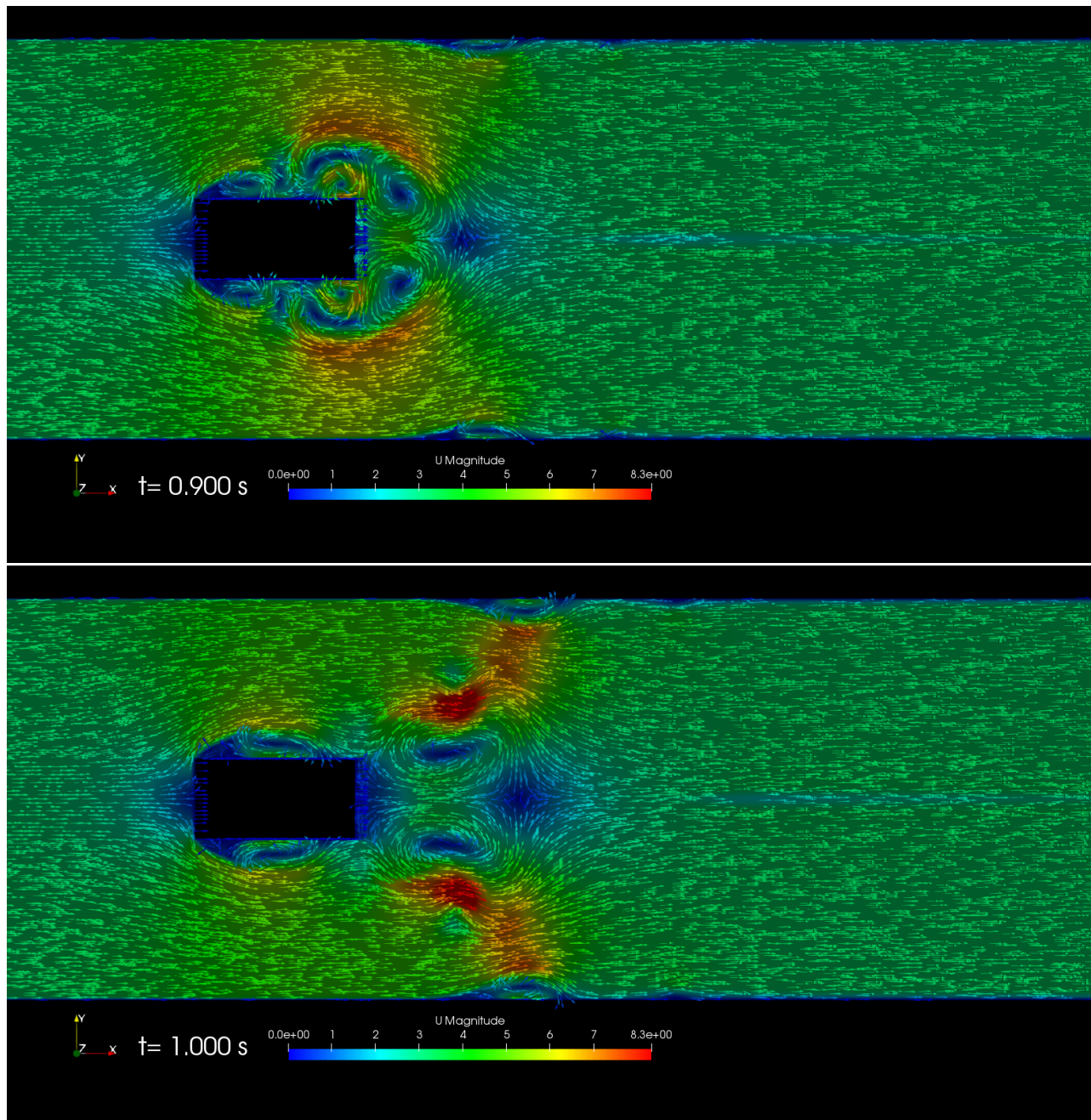
magUInf      3.136; //free stream velocity , m.s-1
lRef         0.2; //dy, m
Aref         2e-3; //dy*dz, m2

liftDir      (0 1 0);
dragDir      (1 0 0); //drag direction

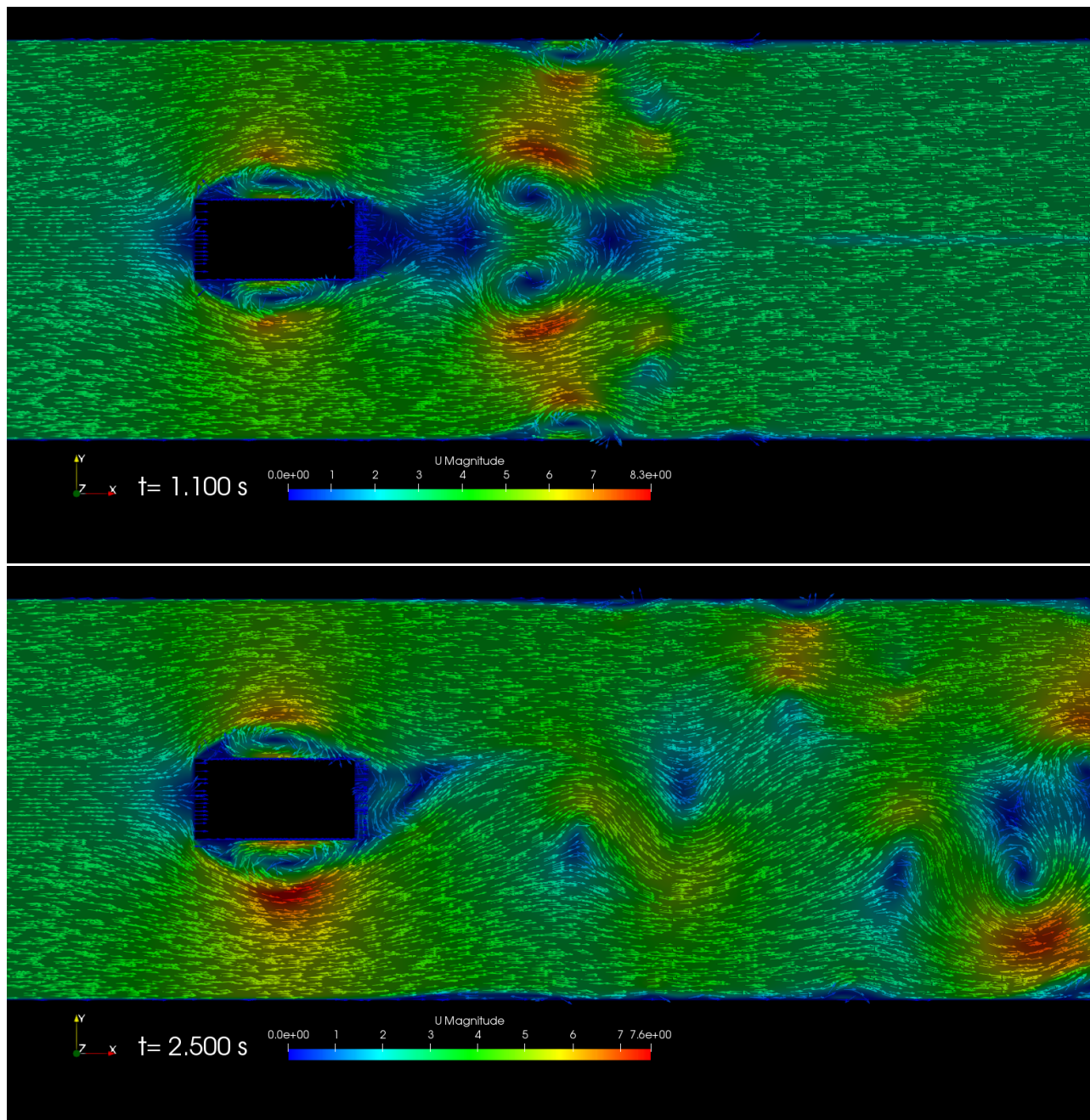
CofR         (0 0 0); //ok
pitchAxis    (0 0 1);
rhoInf       1.20;
rho          rhoInf;

#includeEtc   "caseDicts/postProcessing/forces/forceCoeffs.cfg"
}
```

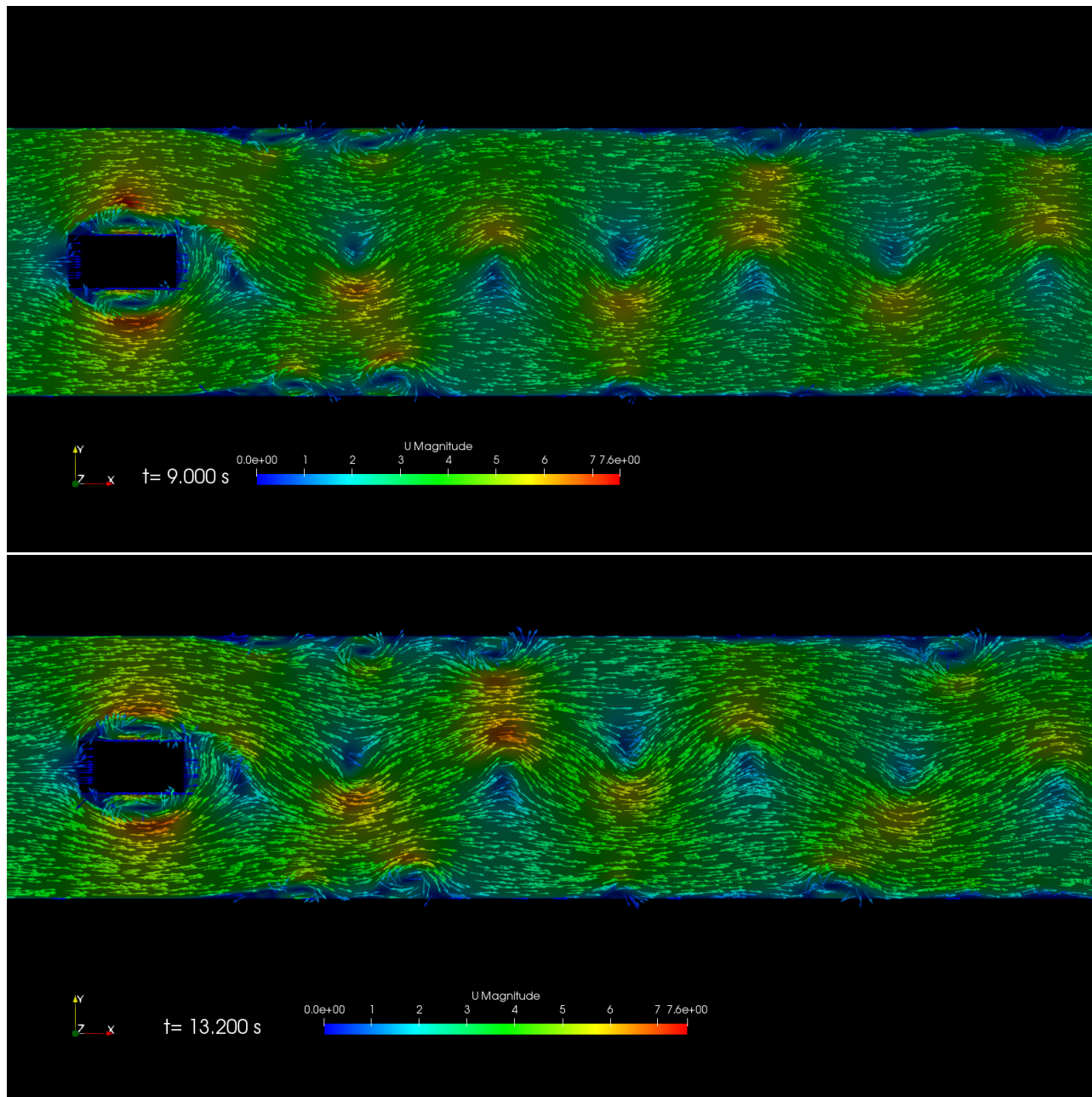
Úloha 4



Úloha 4

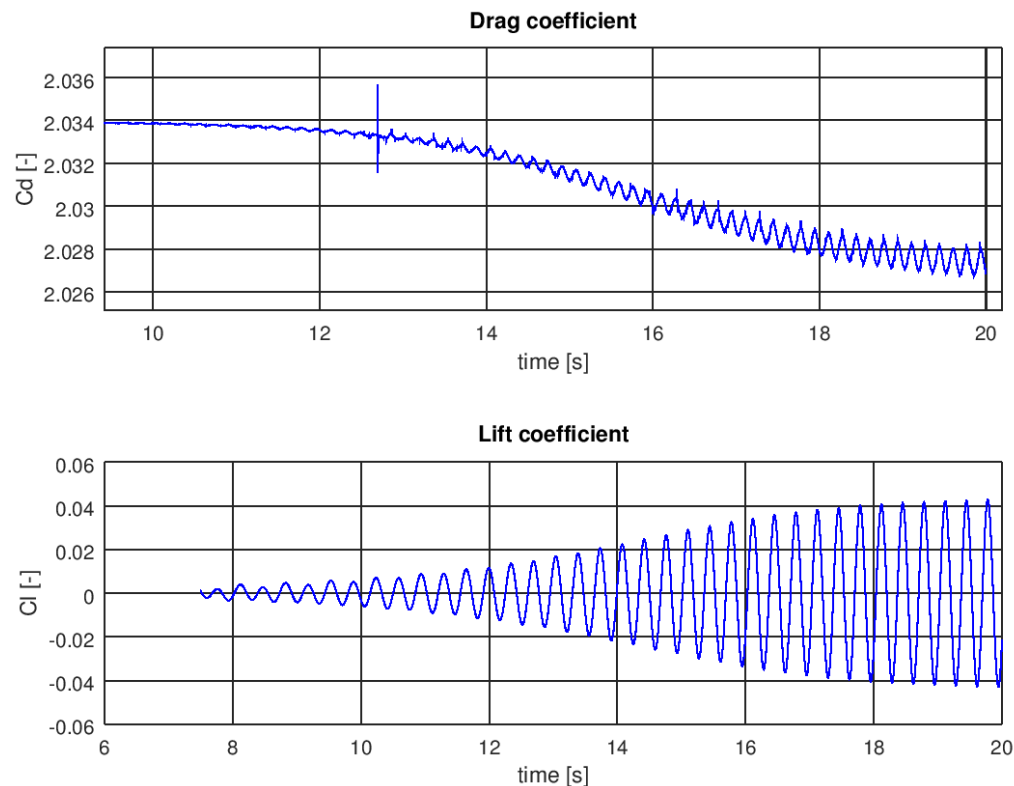


Úloha 4



Úloha 4

C_d na čelní plochu je zapisováno do postProcessing/probes/0, odkud vytvoříme horní graf. Dolní graf je vykreslení C_L . Z grafu je patrné, že ustálení periodicity dosáhneme od $t_{sim} > 19$ s. Odečtem z grafu (nebo přesněji výpočtem průměru z maxim a minim v Octave) dostáváme číslo $C_{d,avg,sim} = 2.028$. Je to přijatelné? Podle literatury (experimentu) dosáhli na jiném pracovišti $C_{d,avg,teorie} = 1.7$. Naše simulace je v mnoha ohledech zjednodušená a máme zde na bohatý výběr možností, kde zpřesňovat. Např. použitím vhodnějšího model turbulence, metody středování atd.



Úloha 4

Ke stejným hodnotám můžeme dospět i rovnou v ParaView. Ukážeme si postup.

paraFoam

Zobrazení Mesh Part "obstacle"

Extract Surface

Generate Surface Normals

- zaškrtnout Compute Cell Normals
- odškrtnout splitting (řídí rozdělení ostré hrany)

Calculator1

- Attribute: Cell Data
- Eq. for Drag= $p \cdot \text{Normals}_X \cdot 1.20$

Calculator2

- Attribute: Cell Data
- Eq. for Lift= $p \cdot \text{Normals}_Y \cdot 1.20$

Calculator3

- Attribute: Cell Data
- Eq. for Clift= $\text{Lift} / (0.5 \cdot 1.20 \cdot ((0.324)^2) \cdot 0.01 \cdot 0.2)$
- což znamená $C_l = L / (0.5 \cdot \rho \cdot \text{velocity}^2 \cdot \text{referencni plocha})$
- Aref=D*z-tloušťka, L ... Lift force

Calculator4

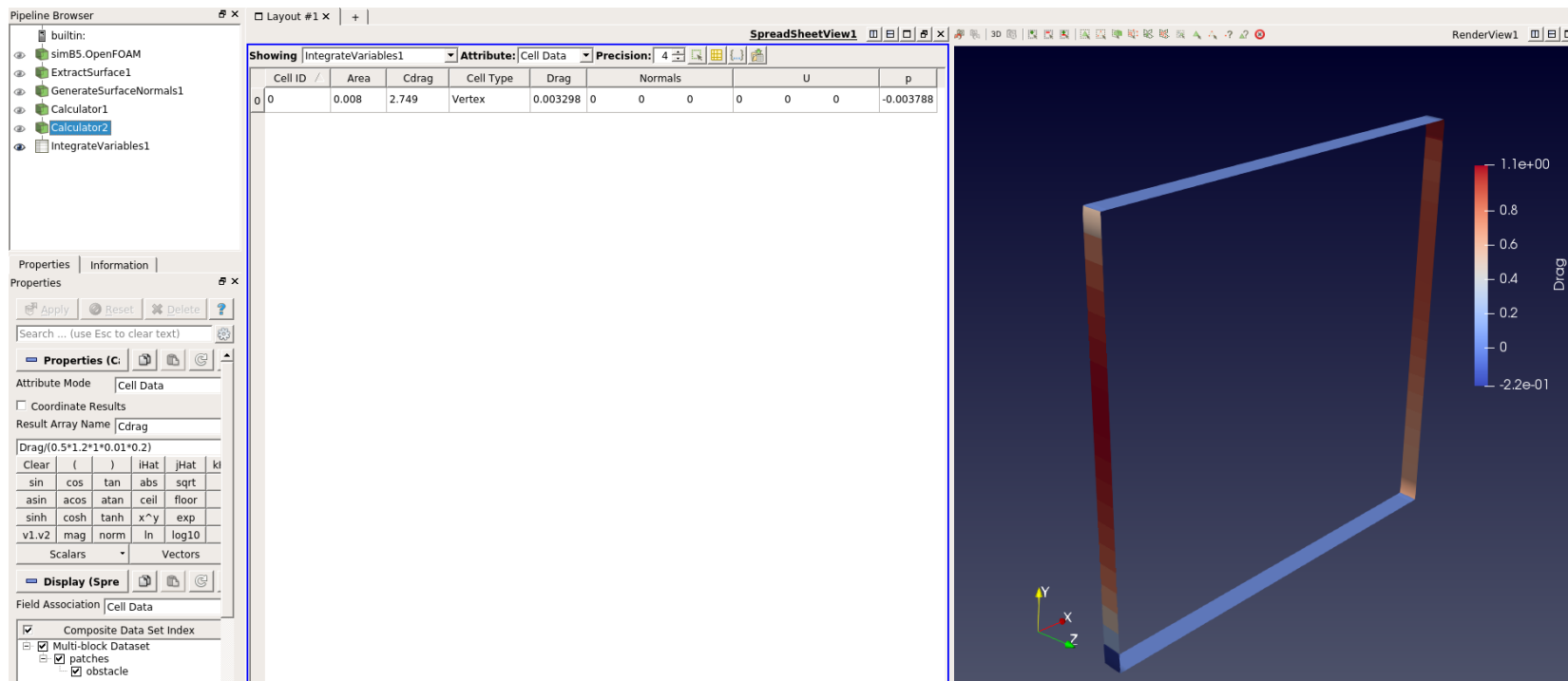
- Attribute: Cell Data
- Eq. for Cdrag= $\text{Drag} / (0.5 \cdot 1.20 \cdot ((0.324)^2) \cdot 0.01 \cdot 0.2)$
- což znamená $C_d = D / (0.5 \cdot \rho \cdot \text{velocity}^2 \cdot \text{referencni plocha})$
- Aref=D*z-tloušťka, D ... Drag force

Integrate Variables

- Attribute: Cell Data
- Area=plocha té překážky

Úloha 4

V levém panelu si ujasníme posloupnost kroků. V tabulce nalezneme průměrnou hodnotu C_d , F_d (odporová síla), obsah plochy atd. (Tento výstup je ze simulace obtékání čtvercového profilu a je zde přiložen jen pro ukázkou postupu).



Jak spustíme výpočet paralelně na více CPU?

Úloha 4

Soubor decomposeParDict vložte do adresáře system/. Pomocí

```
find $FOAM_TUTORIALS/ -name "decomposeParDict"
```

si můžete nakopírovat jakýkoliv decomposeParDict k sobě a zvolit si metodu dekompozice a počet CPU, který máte k dispozici. Pokud nevíte svůj počet jader, zadejte

```
cat /proc/cpuinfo
```

Základní metody rozdělení jsou:

a) simple

- geometrické rozdělení

b) hierarchical

- podobně jako simple, ale můžu určit pořadí

c) scotch

- uživatel může specifikovat váhování mezi procesory, výhodné, pokud se mění výkon na strojích

d) manual

- uživatel určí, která buňka bude řešena kterým CPU

Poté v našem adresáři s casem rozdělíme výpočetní doménu

```
decomposePar
```

A simulaci spouštíme tentokrát tímto způsobem

```
mpirun -np 4 pimpleFoam -parallel
```

Zpětná rekonstrukce, např. čas t=8 s

```
reconstructPar -time 8
```