

**MODELOVÁNÍ PORÉZNÍHO MEDIA
NA ZÁKLADĚ DAT Z RENTGENOVÉ
MIKROTOMOGRFIE**

Ing. Adéla Arvajová

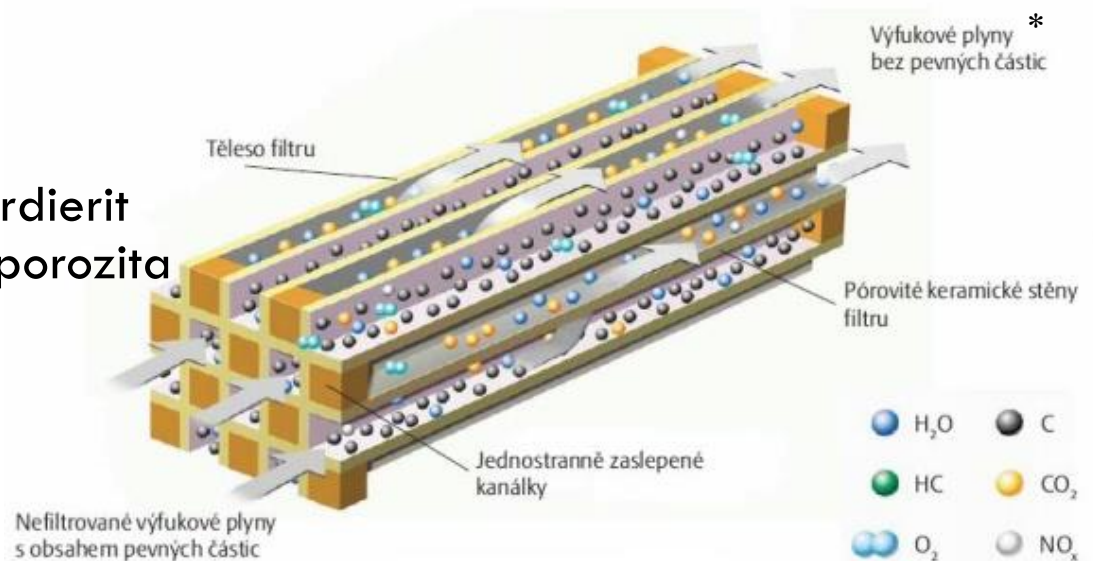
MOTIVACE

- Proudění vrstvou porézního média – často řešené úlohy v průmyslu
- Znalost tlakového gradientu, rychlostního pole,... stěžejní pro design geometrických parametrů funkčního zařízení
- Experimentální zjišťování potřebných údajů časově a finančně náročné
- Porézní médium – složitá komplikovaná geometrie

FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC

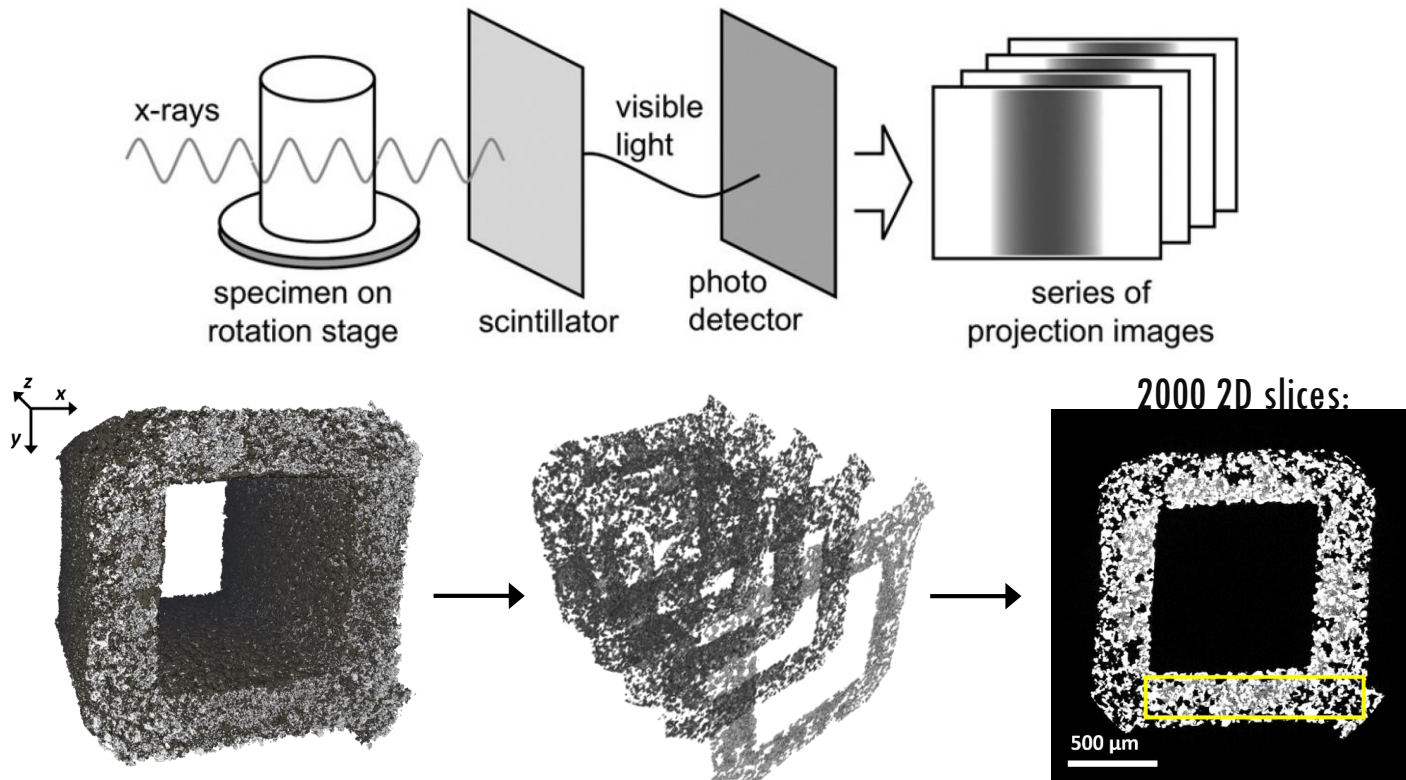
- Motory s přímým vstřikováním (2009: Euro 5 – dieselové, 2017/2018: Euro 6c – benzínové)
- Legislativou regulována hmotnost (4,5 mg/km) a počet částic ($6 \times 10^{11} \text{ km}^{-1}$)

- Materiál: SiC, syntetický cordierit – nízká teplotní roztažnost, porozita
- Aktivní/pasivní regenerace
- Nárůst tlakové ztráty ve výfukovém potrubí



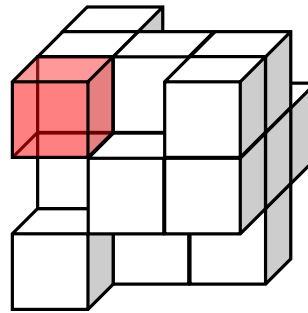
RENTGENOVÁ MIKROTOMOGRAFIE

- Nedestruktivní metoda pro zkoumání vnitřní mikrostruktury pevných materiálů



VÝSTUP Z XRT

- Volumetrická data, objekt reprezentován tzv. voxely (volumetric element)



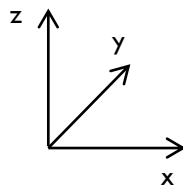
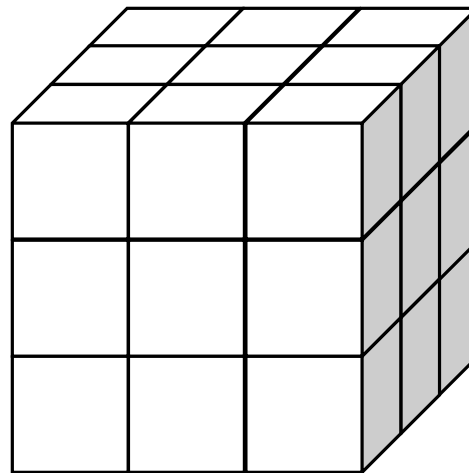
- Každý voxel reprezentován číslem v intervalu $\langle 0,1 \rangle$
 - hodnotou absorpce rentgenového záření v daném bodě
- Nutná znalost rozlišení na 1 voxel ($\sim 1 \mu\text{m}$ na hranu voxelu)

ZPRACOVÁNÍ DAT Z TOMOGRAFIE

- Volumetrická data v textovém souboru
- Rozlišení 1,08 μm na hranu voxelu
- Výběr reprezentativního výřezu o rozměrech 120x120x120 voxelů
- Stanovení prahu pro binarizaci
 - hodnoty nižší než práh \rightarrow pór
 - hodnoty vyšší než práh \rightarrow pevný materiál
- Převedení volumetrických dat na množinu bodů, hran a ploch
- Pro účely simulace v OpenFOAM je nejpřímější cesta vygenerování souboru *blockMeshDict* potřebného k vytvoření výpočetní sítě utilitou *blockMesh*

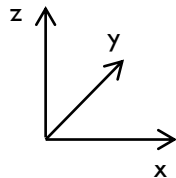
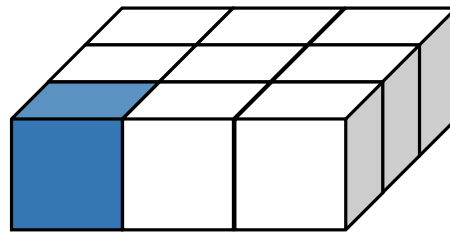
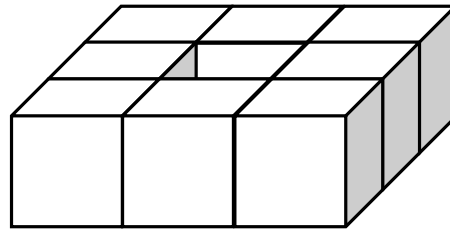
ALGORITMUS PROGRAMU *GeomGen*

- Fortran 90
- Zápis všech prvků geometrie – vertices, edges, blocks a boundary do souboru *blockMeshDict*
- Nutné dodržet pravotočivou souřadnou soustavu

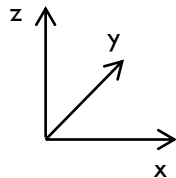
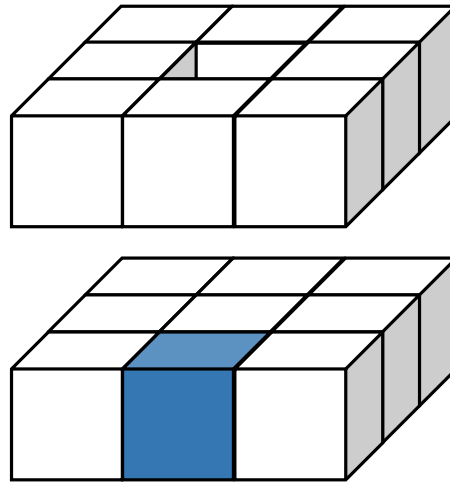


1,08 μm

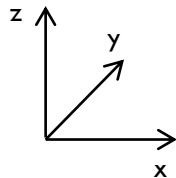
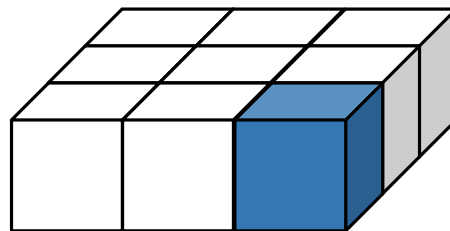
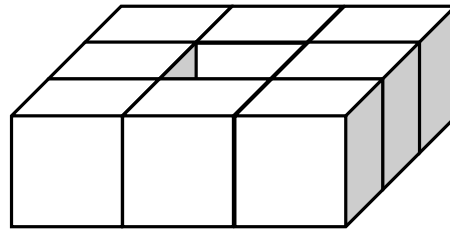
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



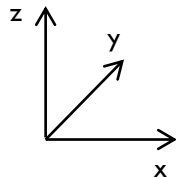
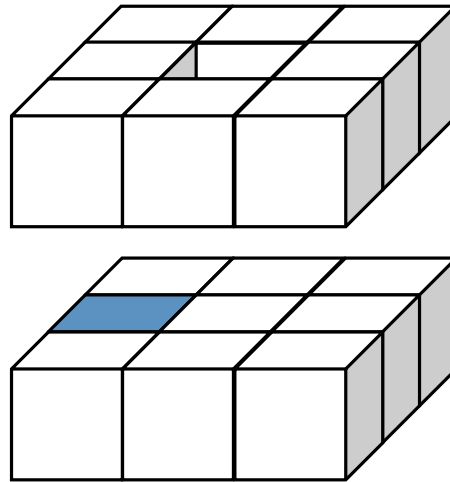
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



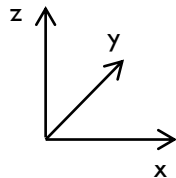
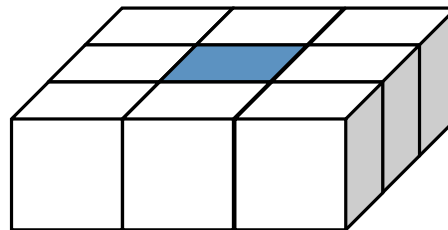
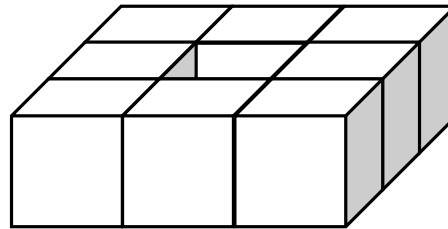
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



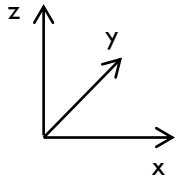
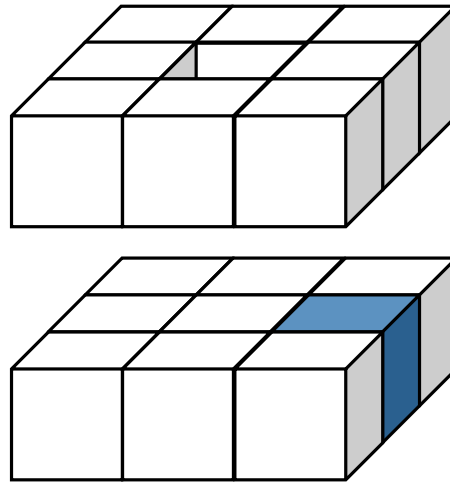
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



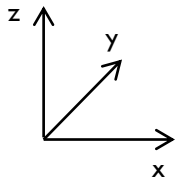
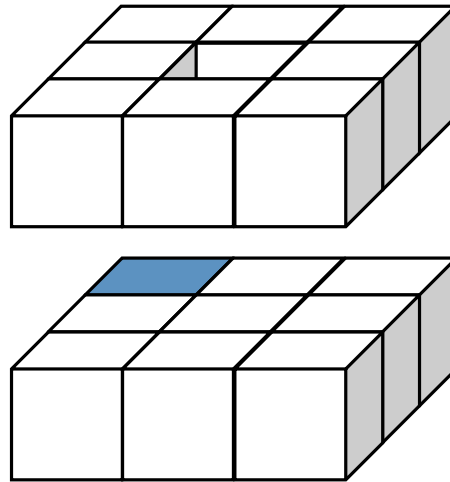
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



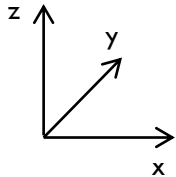
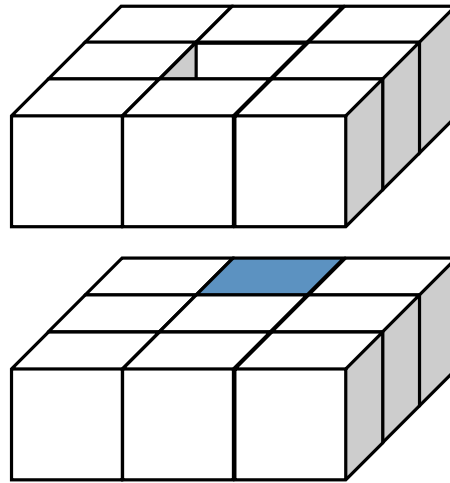
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



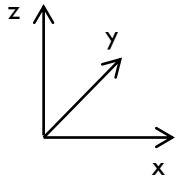
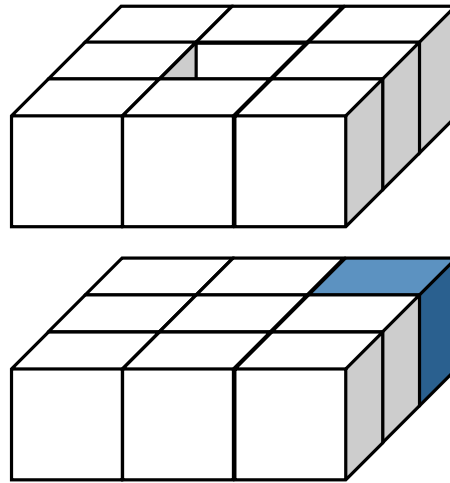
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



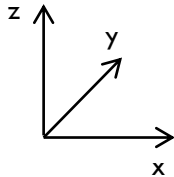
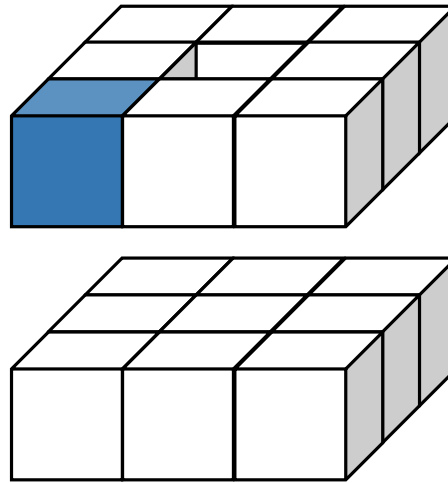
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



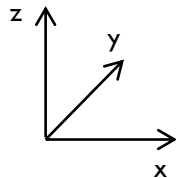
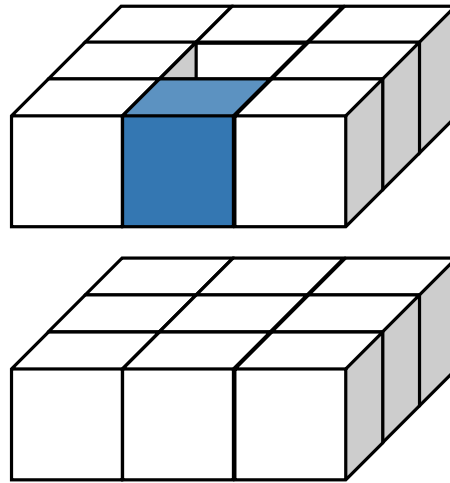
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



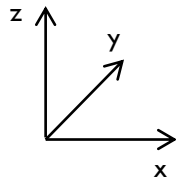
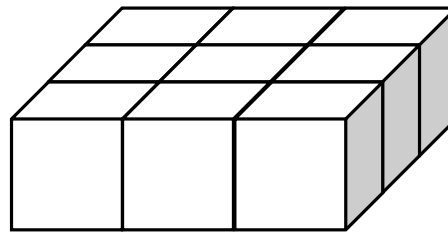
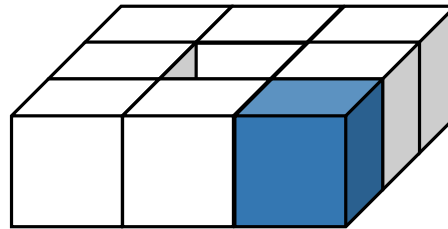
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



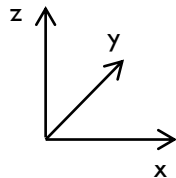
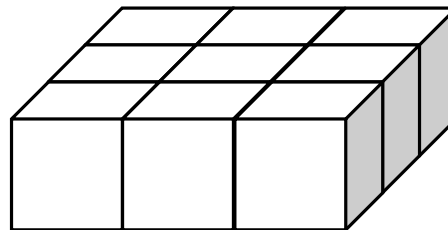
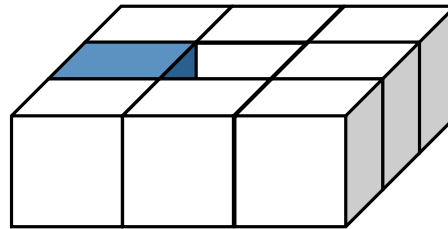
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



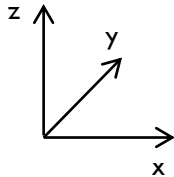
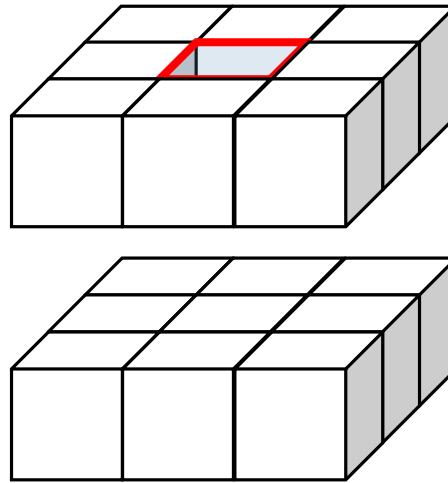
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



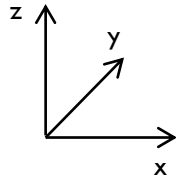
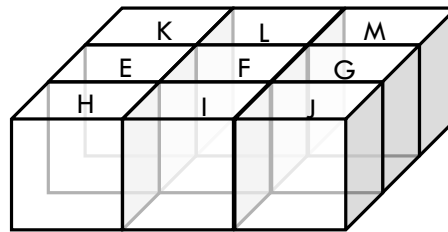
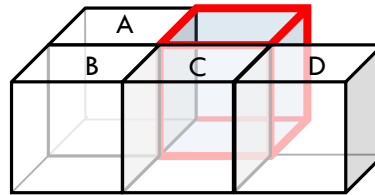
ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*

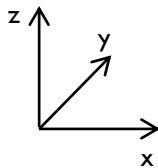
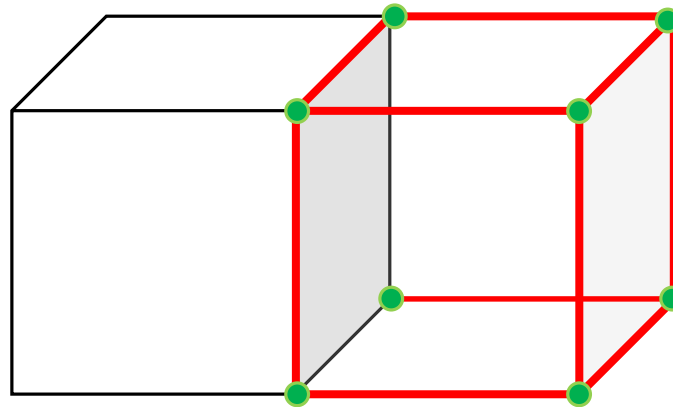


ALGORITHMUS PROGRAMU *GeomGen*



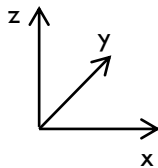
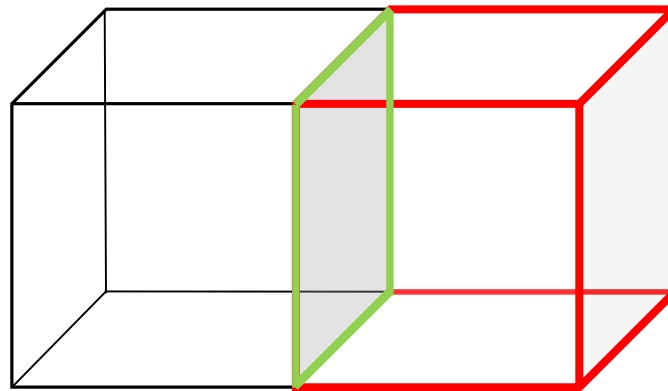
ALGORITMUS PROGRAMU *GeomGen*

Pór: vrcholy každého voxelu – vertices
mezi sousedícími vrcholy hrany – edges
blocks



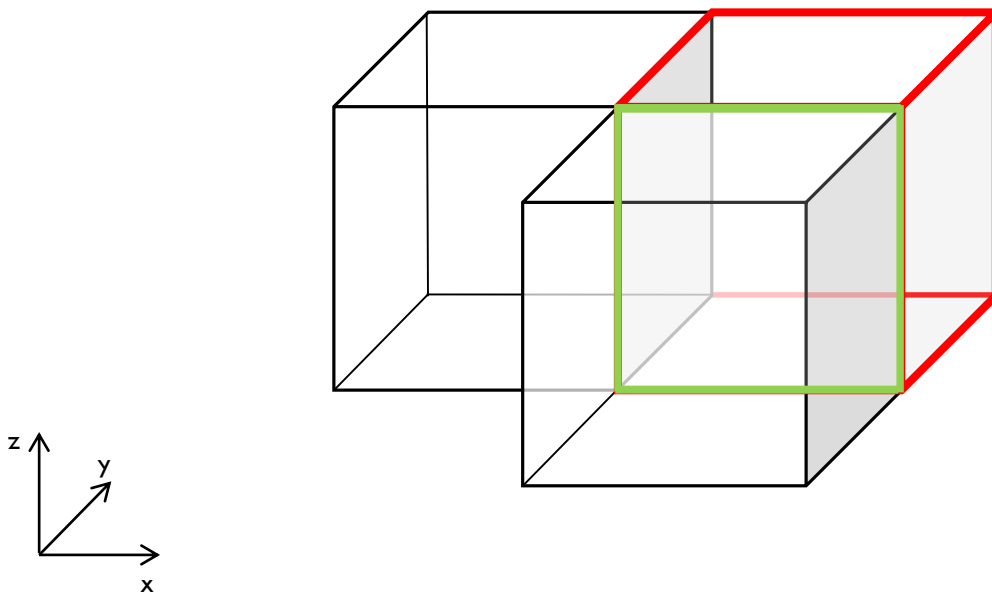
ALGORITMUS PROGRAMU *GeomGen*

Na rozhraní pór-pevná fáze: stěna – face



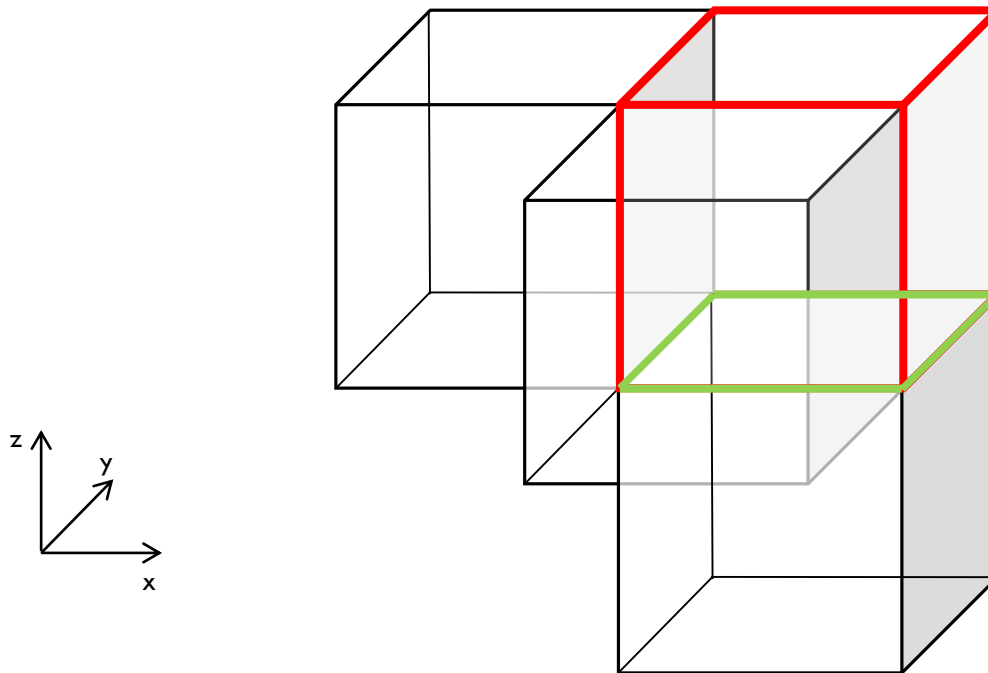
ALGORITMUS PROGRAMU *GeomGen*

Na rozhraní pór-pevná fáze: stěna – face

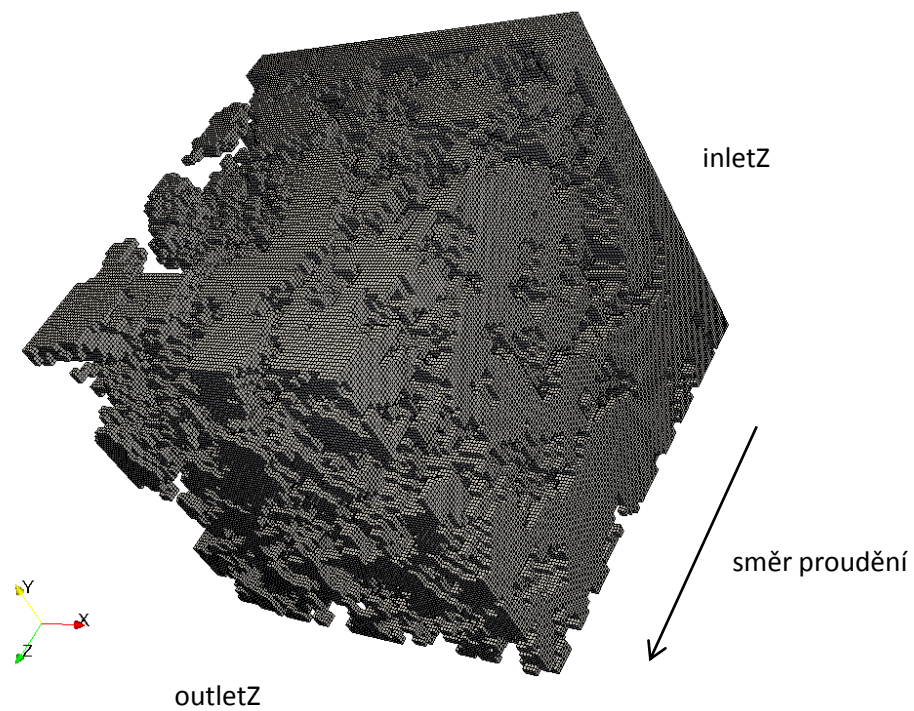


ALGORITMUS PROGRAMU *GeomGen*

Na rozhraní pór-pevná fáze: stěna – face



VYGENEROVANÁ SÍŤ



NASTAVENÍ SIMULACE A POUŽITÝ ŘEŠIČ

- PotentialFoam – inicializace, počáteční rychlostní pole

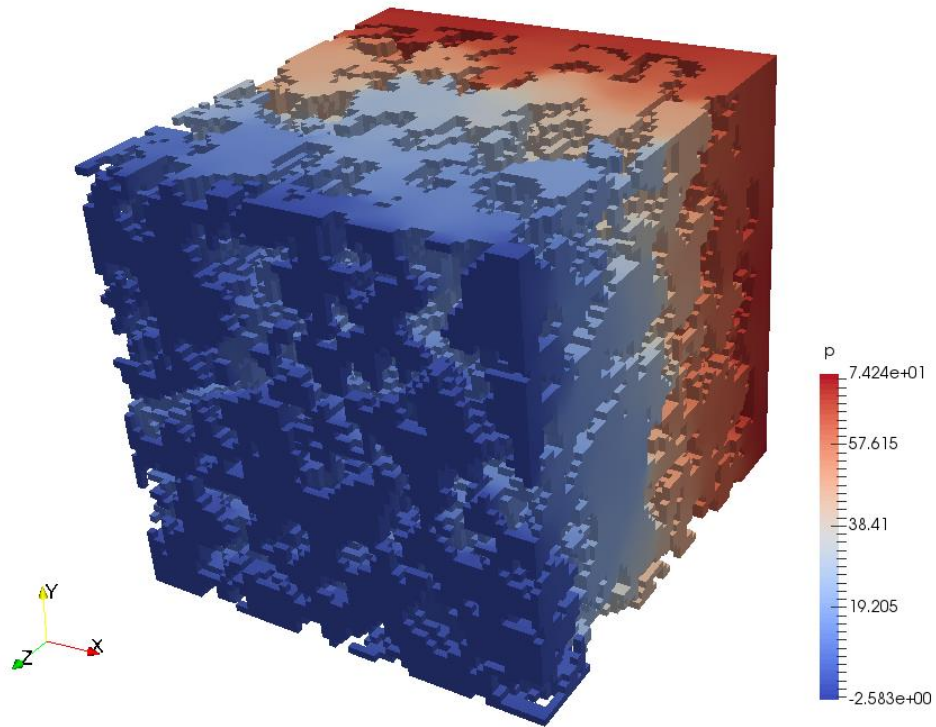
$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

$$\nabla^2 p = 0$$

+ okrajové podmínky

- Hlavní řešič: simpleFoam
 - Steady-state solver
 - Nestlačitelné tekutiny

VÝSLEDKY – TLAKOVÉ POLE



VÝSLEDKY – RYCHLOSTNÍ POLE

