

# THE COMPARISON OF THE ANSYS FLUENT SOLVERS IN THE SOLVING OF THE SUPERSONIC FLOW IN THE APERTURES

**Anna Maxová**

The St. Cyril and Methodius Comprehensive School and Pedagogical High School Brno (3)

E-mail: annanas.maxa@seznam.cz

Supervised by: Pavla Hlavatá

E-mail: hlavata.pavla@gmail.com

**Abstract:** The article compares the results in the solving of the supersonic flow in the apertures of the electron microscope. Ansys Fluent permits to use three solvers in solving of Stock-Navier equations. We used Pressure- Based Segregated, Pressure- Based coupled and Density- Based solver and then the results were evaluated. At the same time, all of the variants were set for the second order discretization.

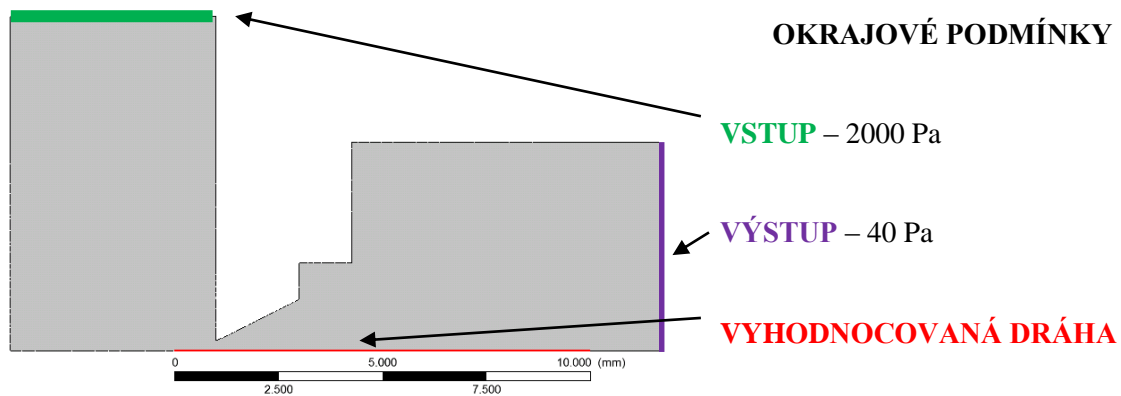
**Keywords:** Shockwave, ANSYS Fluent, Pressure Based, Density Based.

## 1 ÚVOD

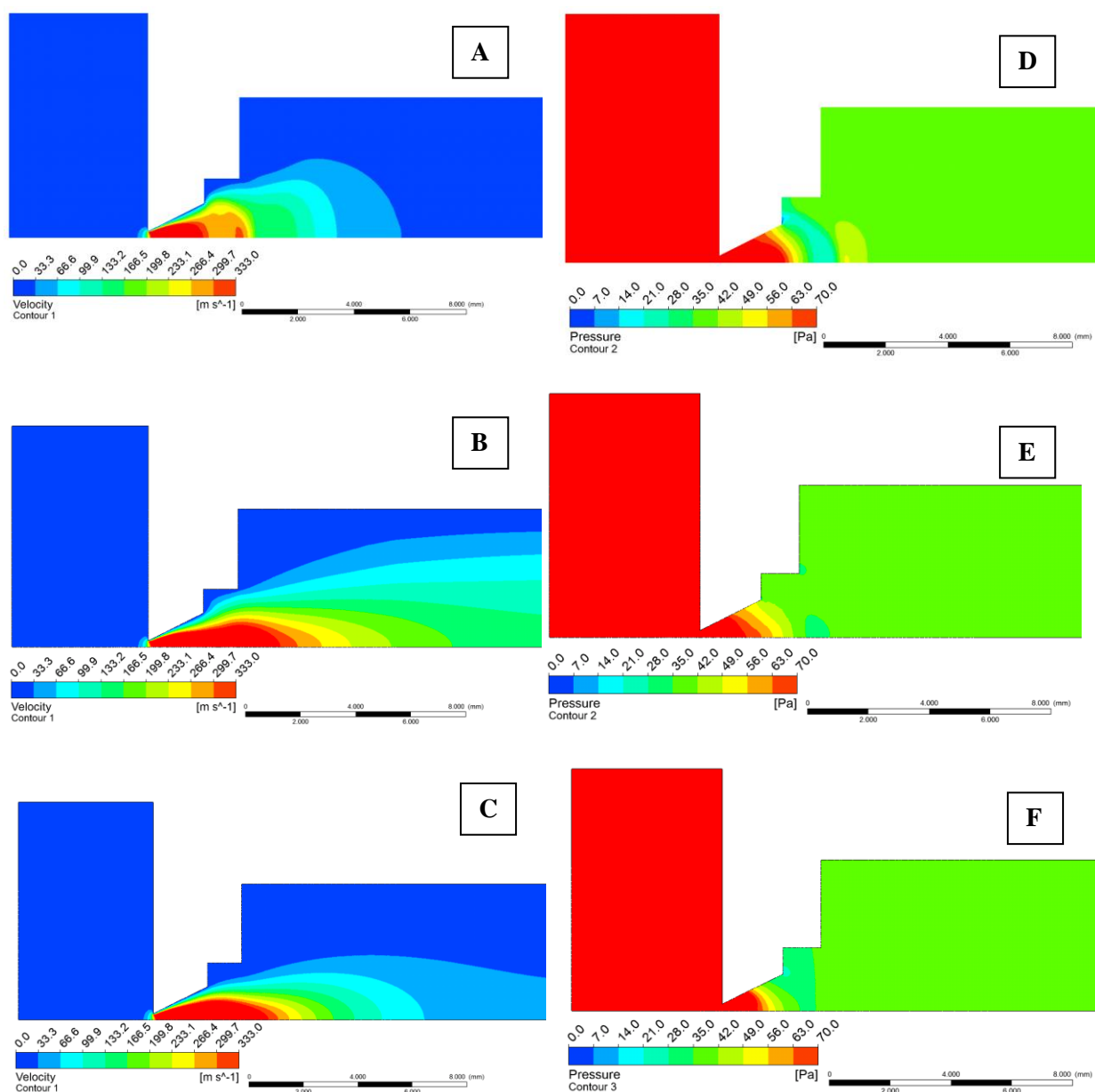
Moderní optický mikroskop má zvětšení asi 1000x a umožňuje oku rozlišit objekty vzdálené navzájem o 0,0002 mm. Při pokračující snaze o dosažení lepšího rozlišení bylo zjištěno, že rozlišovací schopnost mikroskopu je omezena vlnovou délkou světla. V roce 1920 bylo objeveno, že urychlené elektrony se ve vakuu chovají jako světlo. Pohybují se přímočaře a mají vlnovou délku přibližně 100 000 x menší než světlo, tedy umožňují mnohem větší zvětšení. Jejich nevýhodou bylo, že se musí pohybovat ve vakuu, tedy sledované vzorky musí být suché, musí snést vakuum a být elektricky vodivé. Proto klasickým elektronovým mikroskopem nemohou být pozorovány biologické vzorky, jako vlněné a bavlněné tkaniny nebo tuky a emulze. Pro tyto účely byl vyvinut environmentální rastrovací elektronový mikroskop, který odděluje clonou vakuovou část tubusu od komory vzorku, kde je možné udržet tlak až 2000 Pa, ve kterém je možné již sledovat vlhké vzorky [1]. Vakuovou část mikroskopu od komory vzorku nelze však oddělit jen jednou clonkou, je třeba vytvořit takzvanou diferenciallyně čerpanou komoru, ve které je během čerpání udržován tlak přibližně 40 Pa (Obr. 1) [2, 3]. Tak vzniká případ dvou oblastí s velmi rozdílnými tlaky oddělených malou clonkou, na které tak vznikají podmínky kritického proudění [4, 5, 6].

## 2 KRITICKÉ PROUDĚNÍ

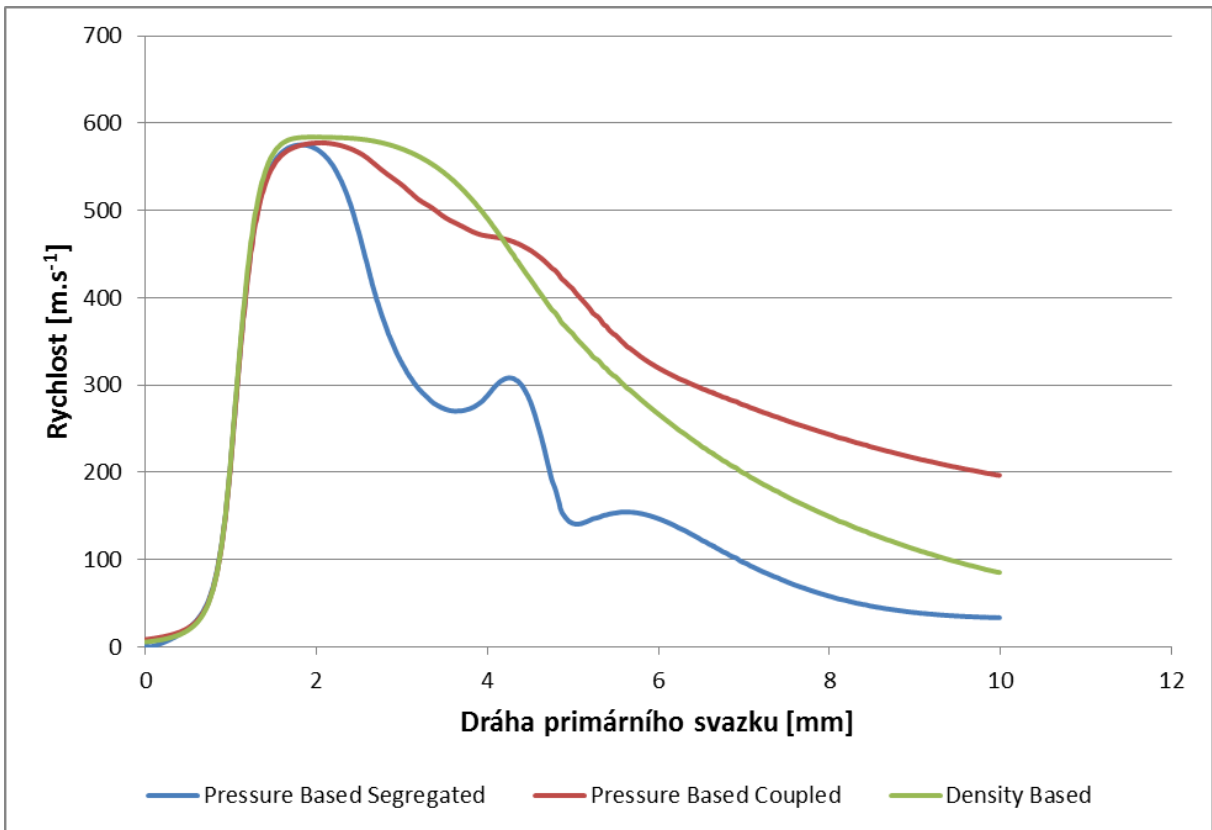
Proudění ve clonkách má zvláštní fyzikální vlastnosti – jde o takzvané kritické proudění. Charakteristickým jevem je, že při výrazně rozdílných tlacích na obou stranách clonky, což v našem případě nastává, že v clonce dochází k rychlému proudění. Čím vyšší rozdíl tlaků na obou stranách clonky je, tím vyšší rychlost proudění ve clonce vzniká. Tato úměra platí jen do té chvíle, kdy ve clonce dojde k rychlosti 1 Mach. Tehdy dochází k takzvanému kritickému proudění, kdy vyšší rychlost než je rychlost 1 Mach ve clonce nevznikne ani při dalším zvyšování rozdílu tlaků na obou stranách clonky. Také platí, že clonkou nemůže projít větší množství plynu za jednotku času, než to množství, které prochází ve chvíli, kdy ve clonce plyn proudí rychlostí 1 Mach.



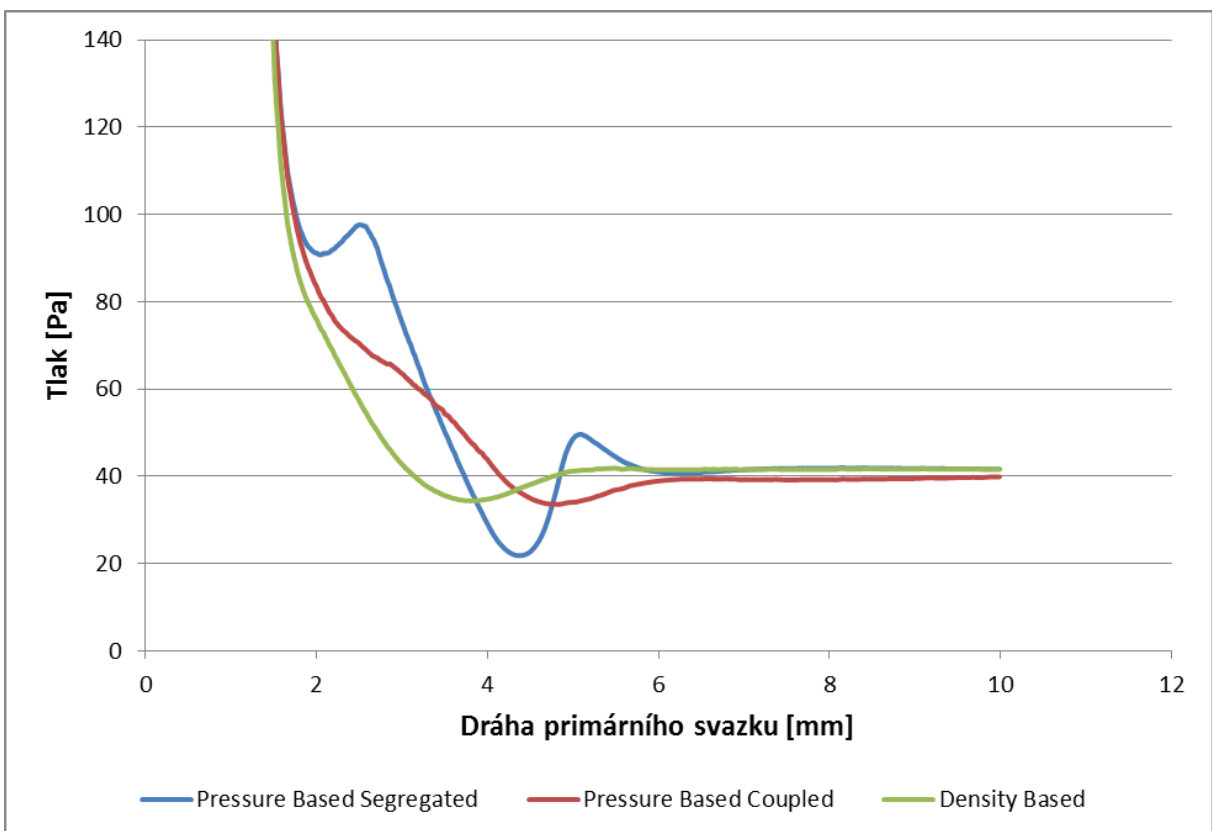
**Obrázek 1:** Okrajové podmínky



**Obrázek 2:** Rozložení rychlosti a tlaku u jednotlivých variant nastavení řešiče.



Obrázek 3: Průběh rychlosti na vyhodnocované dráze



Obrázek 4: Průběh tlaku na vyhodnocované dráze

### 3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Řešení kritického proudění v matematicko-fyzikální analýze je poměrně náročné. Proudění je systémem Ansys Fluent v prvé řadě řešeno nejprve volbou vhodného výpočetního řešiče. Systém Ansys Fluent nabízí tři druhy řešiče:

Pressure-Based Segregovaný – v dané buňce nejprve vyřeší hodnotu tlaku, následně podle dané hodnoty vyšetří střední rychlost a podle obou veličin vyhodnotí energii. Řešič je jednoduchý a snadno konverguje.

Pressure-Based Coupled – v dané buňce řeší hodnotu tlaku a střední rychlosti souběžně, nepodřizuje rychlost tlaku a podle obou veličin vyhodnotí energii. Řešič je náročnější na výpočetní čas a RAM a náročnější na konvergenci.

Density Based – v dané buňce řeší hodnotu tlaku, střední rychlosti a energie souběžně, všechny veličiny bere rovnocenně. Řešič je velmi náročný na výpočetní síť, čas a RAM a složitý na konvergenci.

V práci bylo provedeno vyhodnocení řešičů na jejich vhodnost použití pro dané kritické proudění v nadzvukovém režimu, který za clonkou nastává.

Na obr. 2 jsou vyobrazeny výsledky rozložení rychlosti a tlaku pro Pressure-Based Segregated (Obr. 2 A,D), Pressure-Based Coupled (Obr. 2 B,E) a Density-Based (Obr. 2 C,F). Při srovnání zároveň s obr. 3 a 4, kde jsou vyhodnoceny průběhy rychlosti a tlaku a na vyhodnocované dráze vychází velké oscilace u Pressure-Based Segregated, který se řídí tlakem a až následně přizpůsobuje rychlost a teplotu. Je jednoznačné, že tento řešič je vyvinut spíše pro nestlačitelné proudění nebo stlačitelné s malými rychlostmi a bez velkých gradientů. Naopak Density-Based vykazuje výsledek, kde hodnoty tlaku jsou usměrněny i vyhodnocenými hodnotami rychlosti a lépe vyhovuje řešení stlačitelného proudění s velkými gradienty, což je případ nadzvukového proudění.

Výsledky ukazují velké rozdíly v oblasti kritického proudění. V ostatních oblastech jsou prakticky shodné. Pro řešení proudění v clonkách diferenciallyně čerpané komory tedy velmi záleží na vhodné volbě řešiče. Práce se dále bude zabývat vlivem nastavení řádu diskretizace.

### REFERENCES

- [1] Danilatos, GD.: Velocity and ejector-jet assisted differential pumping: Novel design stages for environmental SEM. *Micron*, 2012, vol. 43, no. 5, p. 600-611.
- [2] Neděla, V.: Controlled dehydration of a biological sample using an alternative form of environmental SEM. *Journal of Microscopy*. 2010, 237 (1), p. 7-11. ISSN 0022-2720.
- [3] Maxa, J., Bílek, M., Hlavatá, P., Vyroubal, P., Lepřtová, K.: Comparisons Using Methods of Continuum Mechanics and Monte Carlo at Differentially Pumped Chamber. *Advances in Military Technology*, 2016, vol. 11, no. 2, p. 143-150. ISSN: 1802-2308.
- [4] Vyroubal, P., Maxa, J., Neděla, V., Jiráček, J., Hladká, K.: Apertures with Laval Nozzle and Circular Orifice in Secondary Electron Detector for Environmental Scanning Electron Microscope, *Advances in Military Technology*, 2013, vol. 8, no. 1, p. 59-69.
- [5] Maxa, J., Neděla, V.: The Impact of Critical Flow on the Primary Electron Beam Passage through Differentially Pumped Chamber. *Advances in Military Technology*, 2011, vol. 6, no. 1, p. 39-46. ISSN 1802-2308.
- [6] Maxa, J., Neděla, V., Jiráček, J., Vyroubal, P., Hladká, K.: Analysis of gas flow in a secondary electron scintillation detector for ESEM with a new system of pressure limiting apertures. *Advances in Military Technology*, 2012, vol. 7, no. 2, p. 39-44.