



## **System distribuce vzduchu pro řízení pohybu fluidní vrstvy malých rozměrů**

Datum dosažení výsledku: 23.04.2026

Datum zhotovení zprávy: 29.04.2026

Typ projektu:  $G_{\text{funk}}$  – funkční vzorek

Autoři: Ing. Ladislav Šnajdárek, Ph.D.,  
prof. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.,  
Ing. Jaromír Sláma,  
Ing. Miroslav Skácel

Identifikační číslo výstupu: TN02000025/003-V7

Vazba na projekt: TN02000025 Národní centrum pro energetiku II., Dílčí projekt TN02000025/003 Technická řešení pro nízkoemisní energetiku

## Úvod

Zařízení pro studium fluidní vrstvy malých rozměrů je určeno pro pokročilé studium chování fluidní vrstvy v prostoru omezeném válcovou obálkou. Fluidní vrstva malých rozměrů je využívána v rozšiřujícím se počtu aplikací v energetice a chemickém průmyslu. Primárně cílené využití experimentálního zařízení je pro vývoj částí energetických zařízení a souvisejících komponent, včetně verifikace výpočtových modelů pohybu fluidní vrstvy. Válcová fluidní vrstva je využívána například v aplikacích: spalování a zplyňování alternativních paliv, ohřev tuhých sypkých materiálů v systémech akumulace tepelné energie, záchyt škodlivých plyných složek a částic z procesních plynů, třídění heterogenních směsí tuhých částic, sušení tuhých sypkých materiálů, aj. Chování fluidního lože malých rozměrů je obecně silně závislé na charakteru distribuce vzduchu a vysoce citlivé na změny parametrů a směru a množství distribučních proudů vzduchu. S tímto cílem byl navržen a otestován systém distribuce vzduchu, vhodný pro řízení fluidní vrstvy malých rozměrů.

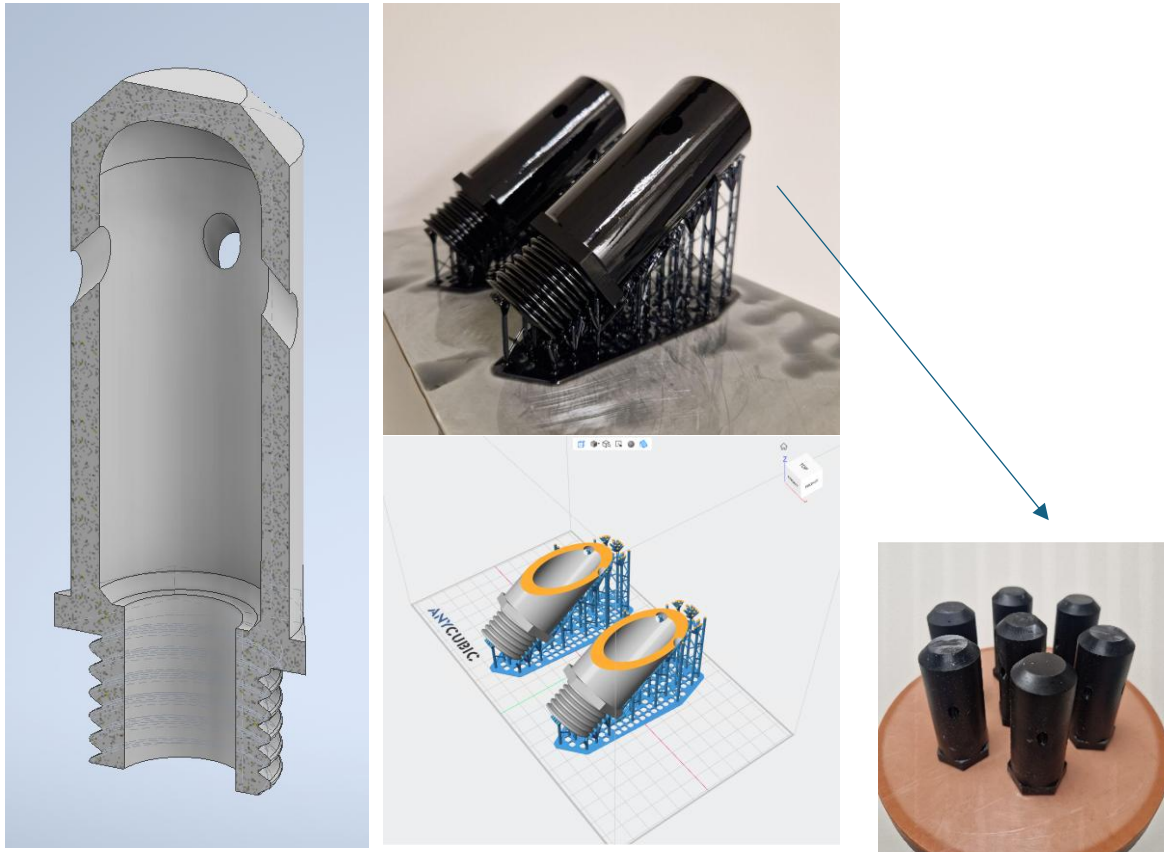
## Technický popis účelu zařízení

Poloprovozní stand je určen pro výzkum chování fluidní vrstvy se zaměřením na její řízení pomocí regulace průtoku vzduchu přes navržený distribuční systém trysek pomocí rychlého měření tlakových pulzů v tlakových odběrech. Chování fluidního lože malých rozměrů je obecně silně závislé na okamžitých parametrech a vysoce citlivé na změny parametrů a způsob distribuce vzduchu. Vývoj konkrétní aplikace fluidní vrstvy, systému distribuce vzduchu a řízení fluidní vrstvy vyžaduje významný podíl experimentálních měření, což je zaměření tohoto funkčního vzorku.

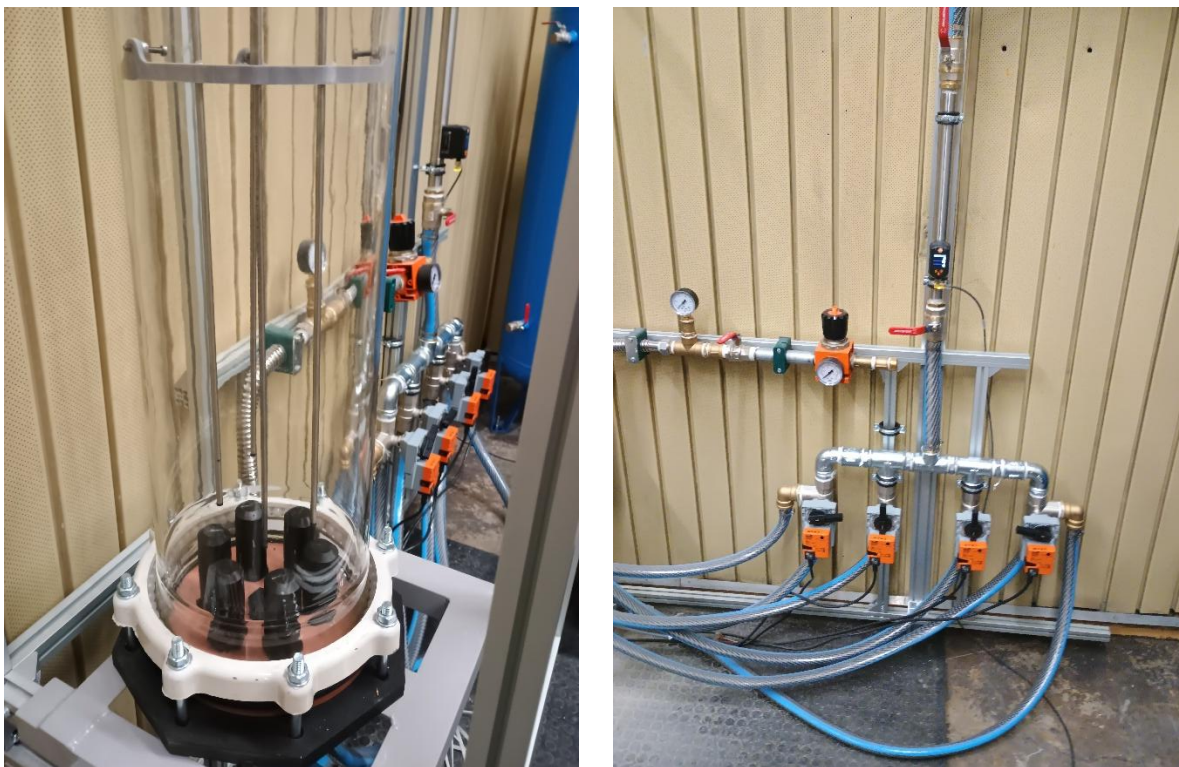
Funkční vzorek obsahuje konkrétní návrh designu trysek pro distribuci vzduchu, které jsou vyrobeny pomocí 3D tisku. Pro řízení fluidního lože jsou trysky rozděleny do 2 skupin, u kterých je průtok regulován pomocí přímo řízených kulových ventilů. Přímé řízení je umožněno sledováním chování fluidní vrstvy pomocí měření tlakových pulzů v jednotlivých tlakových odběrech, umístěnými v různých pozicích napříč fluidním ložem, a to v různých výškách nad tryskami. Vzhledem k rychlosti tlakových pulzů bylo pro měření tlaku vyvinuto zařízení pro snímání tlaků s frekvencí 1kHz.

## Základní technické parametry

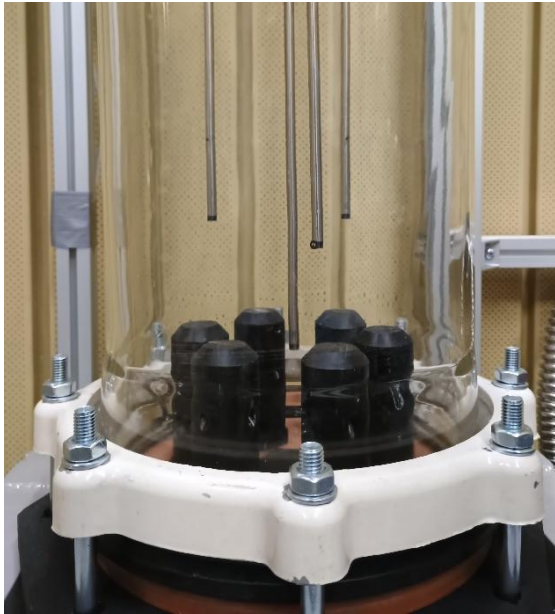
Vlastní fluidní vrstva je v experimentálním zařízení vytvořena uvnitř válcové skleněné trubky s vnitřním průměrem 200 mm a tloušťkou stěny 10 mm. Výška průhledné válcové části je 1000 mm. Trubka je ve spodní části zakončena polem 6 ks trysek. Každá z těchto trysek je opatřena otvory s výstupním úhlem umožňující směřování proudu vzduchu do pískového fluidního lože viz Obr. 1. Pro vytvoření těchto trysek bylo využito 3D tisku. Trysky jsou rozděleny do dvou skupin. Jedna z nich je tvořena dvěma tryskami, které jsou samostatně a nezávisle regulovány v rozsahu 0 až 100 %. Další skupinu tvoří 2x 2ks trysek, které jsou poměrově regulovány trojcestným ventilem, kdy se mění průtok v jednotlivých větvích, kdy každá větev je napojena na jednu trysku viz Obr. 2.



Obr. 1 3D model trysek distribuce vzduchu ve fluidní vrstvě a jejich výroba pomocí 3D tisku



Obr. 2 Pohled na sestavený stand a detail regulačních ventilů pro jednotlivé skupiny trysek



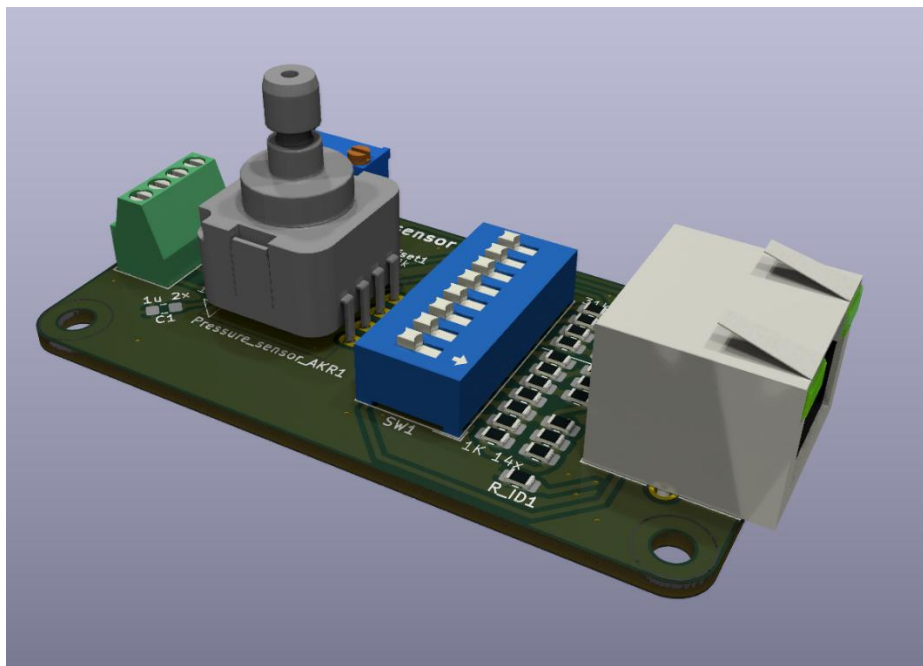
Obr. 3 Detail umístění tlakových odběrů



Obr. 4 Hlavní válcové těleso

Řízení fluidní vrstvy je realizováno pomocí 4 tlakových odběrů tvořenými trubkami o průměru 6 mm viz Obr. 3 a Obr. 4. Samotný tlakový odběr je realizován vyvrtáním 4 otvorů o průměru 0,5 mm ve vzdálenosti 10 mm od zaslepeného konce trubky. Otvory jsou vyvrtány po 90° v jedné rovině.

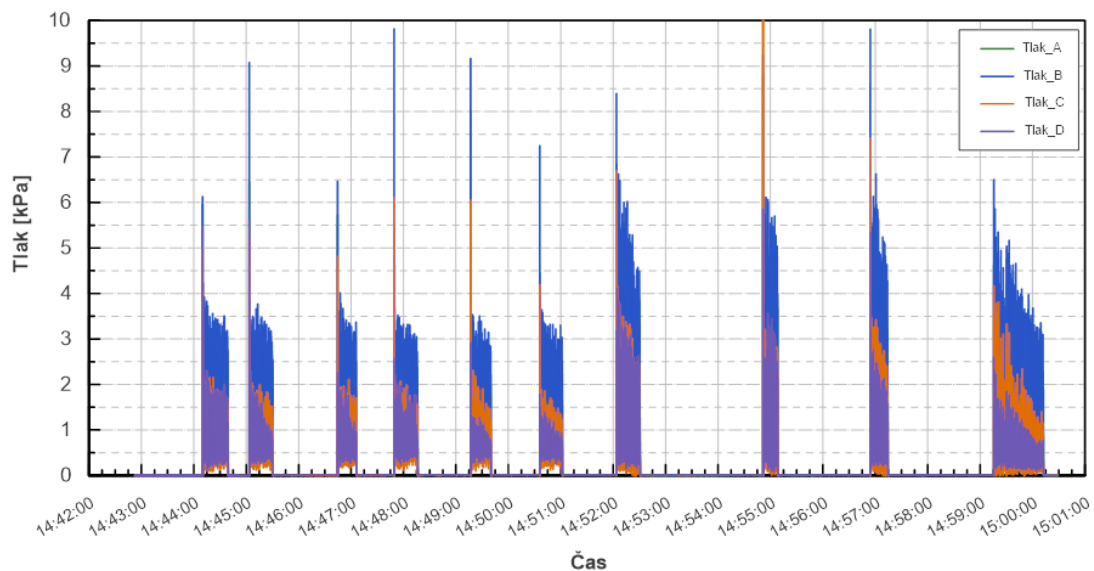
Pro snímání tlaků jsou použity piezorezistivní tlakové snímače typu AKR s relativními tlakovými rozsahy 10 KPa a 100 KPa. Pro tyto snímače byly navrženy a vyrobeny PCB pro napojení na systém měření s možností nastavení odporů (doladění) pro každý jednotlivý snímač viz Obr. 5.



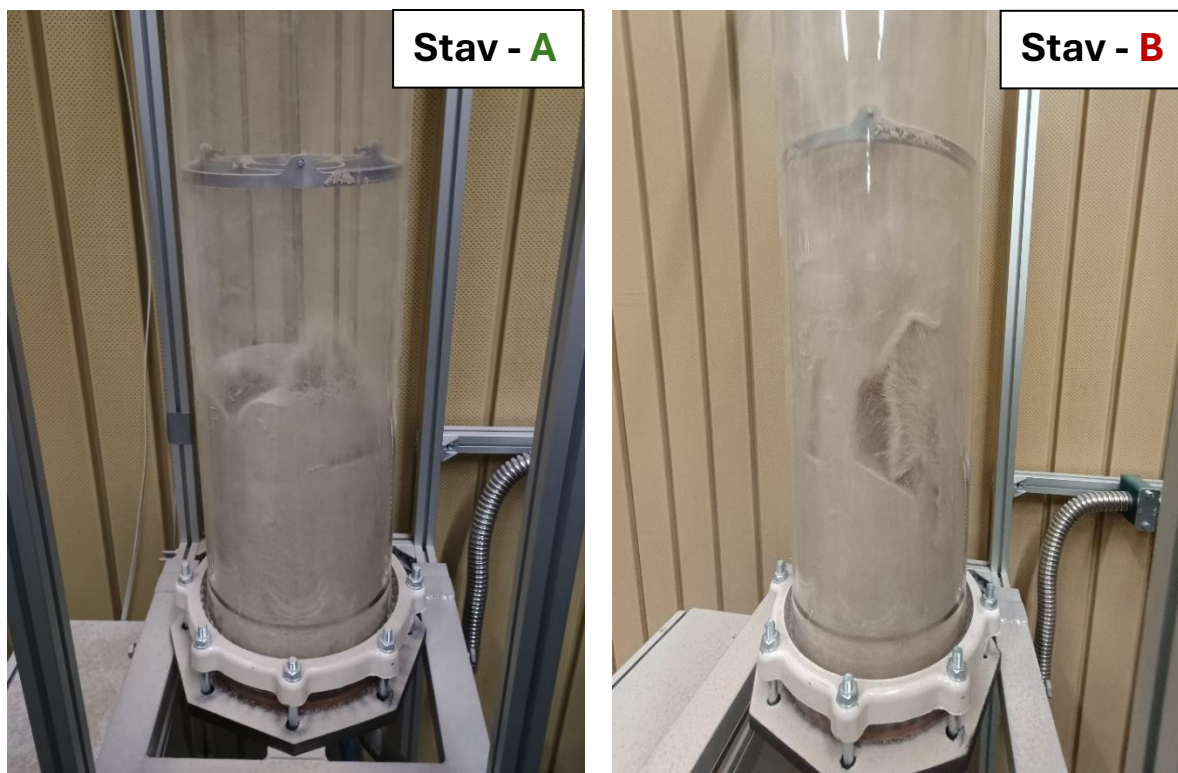
Obr. 5 PCB pro napojení na systém

## Výsledky zkoušek, použití

Funkce systému distribuce vzduchu byla ověřena sérií měření. Níže je prezentován záznam naměřeného časového průběhu tlakových pulzů v jednotlivých tlakových odběrech uvnitř fluidního lože viz Obr. 6.



Obr. 6 Záznam naměřeného časového průběhu tlakových pulzů v jednotlivých tlakových odběrech uvnitř fluidního lože



Obr. 7 Ukázka dvou stavů regulace fluidní vrstvy

Samotné řízení funkční vrstvy je doloženo na Obr. 7, kdy byl regulován průtok vzduchu mezi jednotlivými skupinami distribučních trysek a je viditelná změna například ve výšce fluidní vrstvy. Záznam změny tlakového pole ve fluidní vrstvě při změně průtoků mezi jednotlivými skupinami distribučních trysek je uveden na Obr. 8, kde došlo ke změně frekvence pulzací fluidní vrstvy a také ke změně tlaku.



Obr. 8 Záznam změny tlakového pole ve fluidní vrstvě při změně průtoků mezi jednotlivými skupinami distribučních trysek

Pilotní měření prokázala funkčnost experimentálního zařízení zaměřeného na distribuci vzduchu a řízení fluidní vrstvy. Toto zařízení prokázalo způsobilost pro cílovou aplikaci řízení fluidní vrstvy, s využitím sledování trojrozměrné distribuce tlaku.

### **Způsob realizace**

Byl navržen a vyroben funkční vzorek systému distribuce vzduchu pro fluidní vrstvu malých rozměrů, provedeno pilotní ověření funkce, realizována úvodní série měření. Funkční vzorek bude použit pro plánované experimentální práce.

### **Vazba na projekt**

TN02000025 Národní centrum pro energetiku II. – Dílčí projekt TN02000025/003 Technická řešení pro nízkoemisní energetiku.

### **Umístění**

Adresa: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2896/2, 616 69 Brno, místnost C3/0213

### **Licenční podmínky**

Využití výsledku jiným subjektem je možné po uzavření licenční smlouvy.

### **Kontaktní osoba**

prof. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D., +420 541 142 581, [pospisl.j@fme.vutbr.cz](mailto:pospisl.j@fme.vutbr.cz)