

HYDROMECHANICKÉ PROCESY

Fluidace (přednáška)

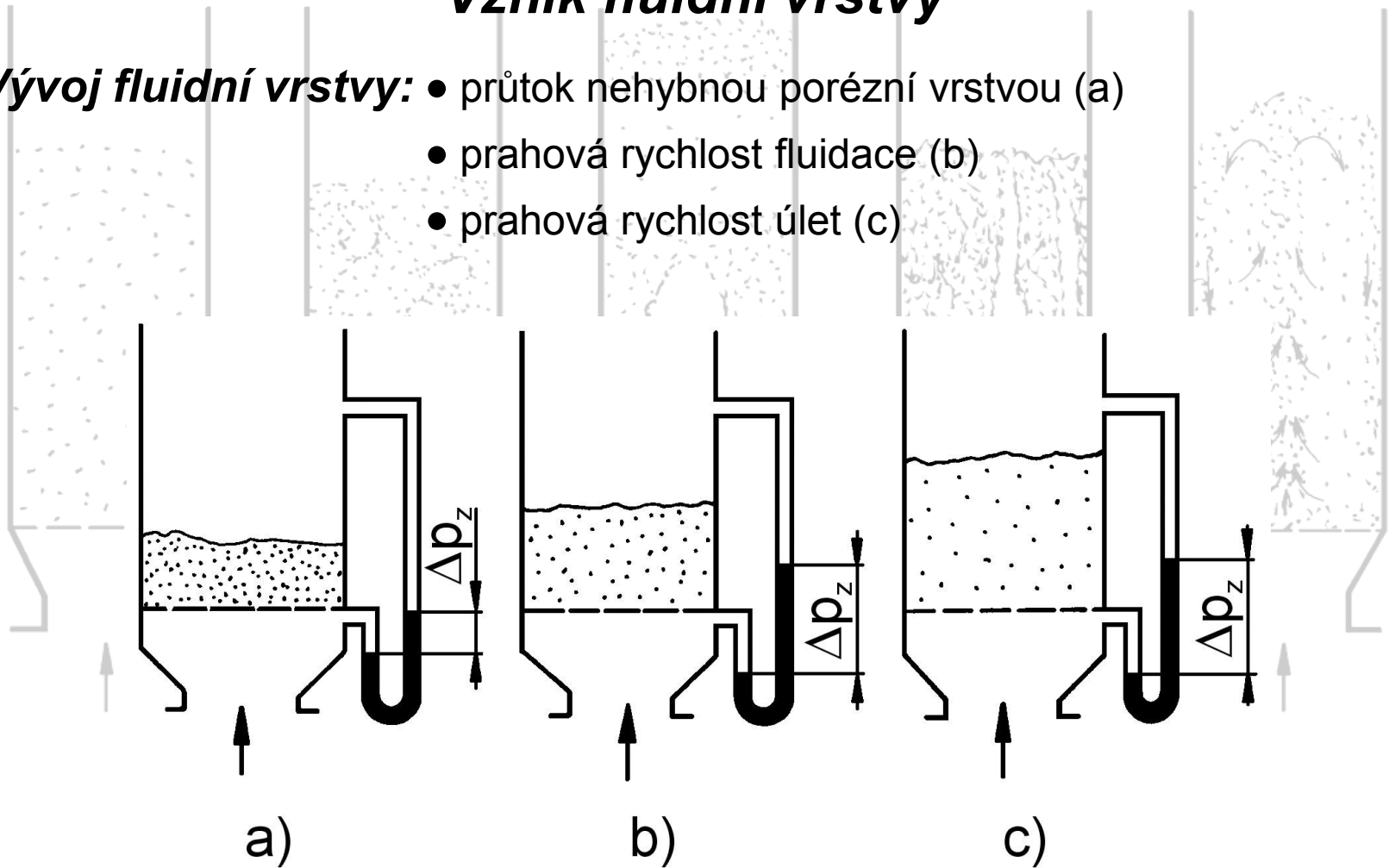
Doc. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.

(e-mail: Tomas.Jirout@fs.cvut.cz, tel.: 2 2435 2681)

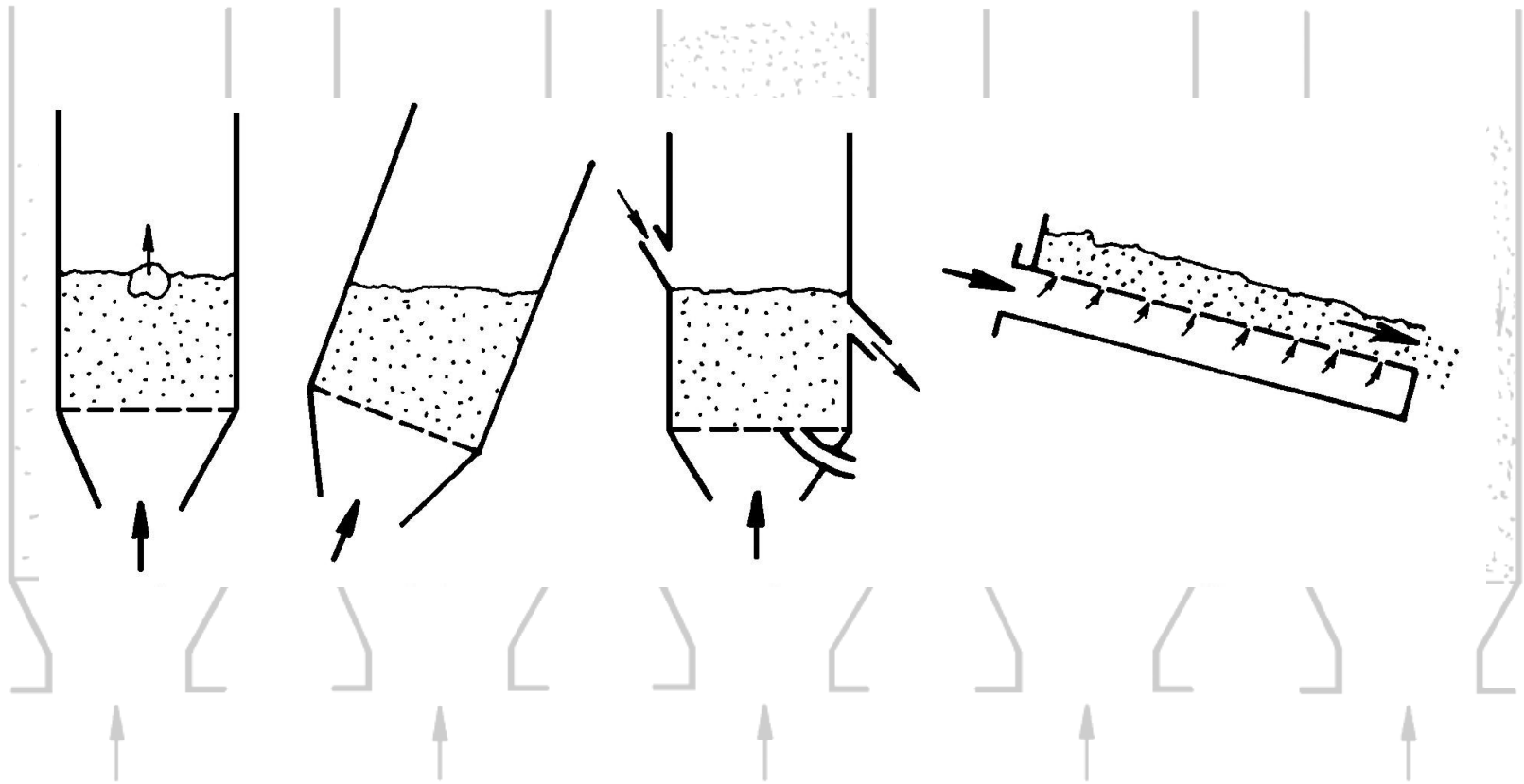
FLUIDACE

Vznik fluidní vrstvy

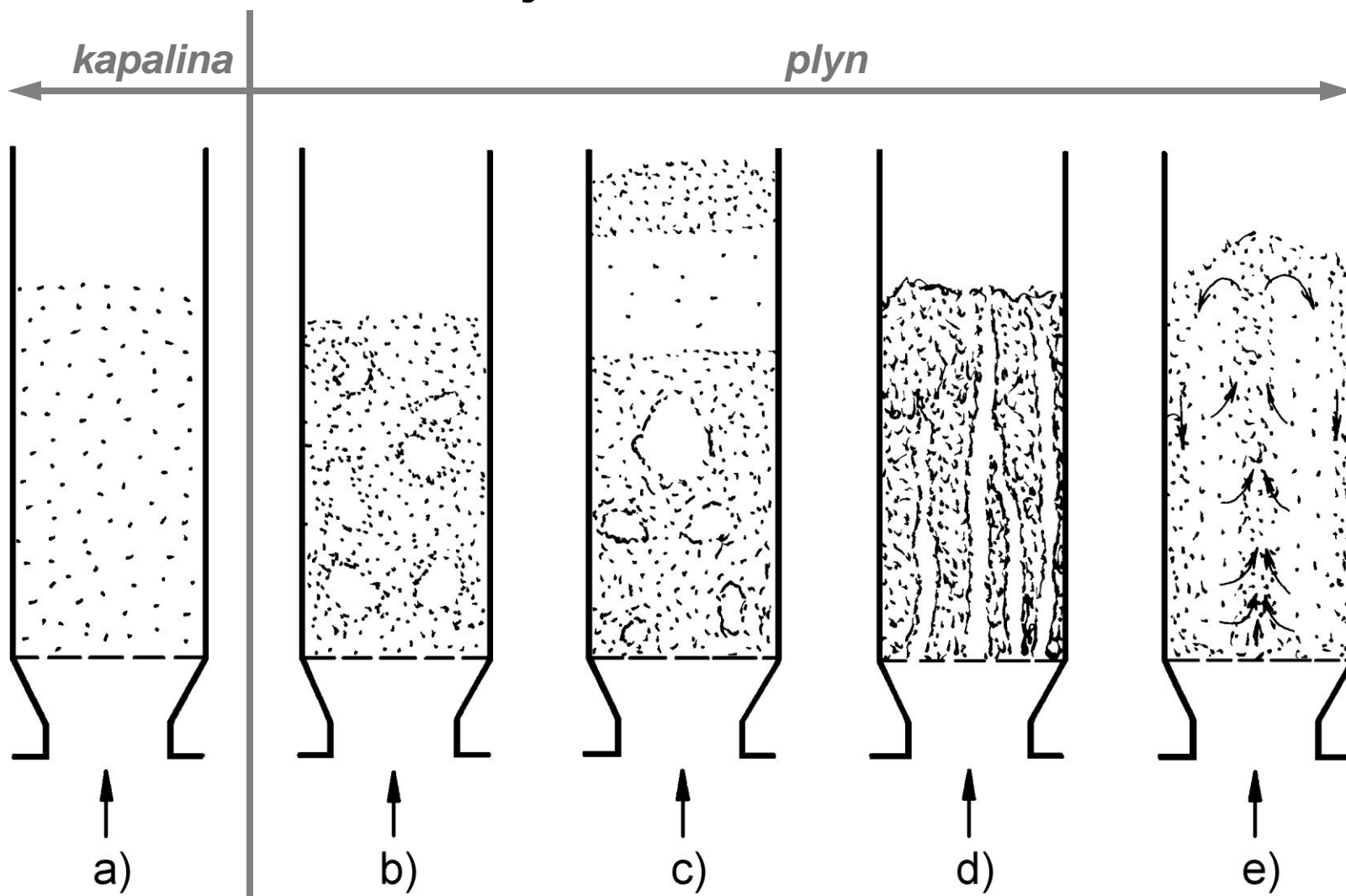
- Vývoj fluidní vrstvy:**
- průtok nehybnou porézní vrstvou (a)
 - prahová rychlost fluidace (b)
 - prahová rychlost úlet (c)



Základní vlastnosti fluidní vrstvy



Druhy fluidních vrstev



a – rovnoměrná, **b** – bublající, **c** – pístová, **d** – kanálková, **e** – tryskající

Výhody fluidace:

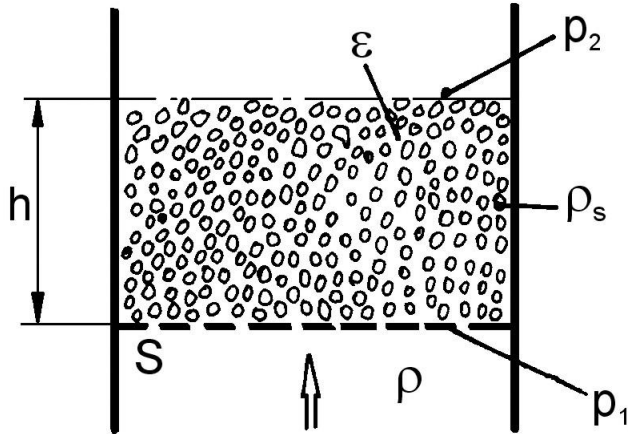
- pevné částice jsou zcela obklopeny tekutinou a přenos tepla a hmoty je velmi intenzivní
- intenzivním promícháváním ve vrstvě se docílí rovnoměrného rozložení teploty i koncentrace částic, což usnadňuje automatickou regulaci procesu
- částice mohou být do vrstvy přiváděny nepřetržitě a nepřetržitě z ní odváděny. To je výhodné při ohřevu nebo ochlazování částic, a rovněž při jejich výměně, popř. regeneraci
- přestup tepla mezi fluidní vrstvou a vestavěným výměníkem je intenzivní, takže stačí menší teplosměnná plocha než u zařízení s nehybnou vrstvou
- aparáty s fluidní vrstvou jsou konstrukčně jednoduché, nemají žádné pohyblivé částic

Nevýhody fluidace:

- intenzivní promíchávání ve vrstvě u kontinuálních zařízení může vést k tomu, že se částice v aparátu zdrží obvykle nestejně dlouho. Jakost produktu pak nebývá stejnoměrná a stupeň konverze je obvykle nižší
- drobné materiály se často rozmělnují na jemné částice, které bývají unášeny z fluidní vrstvy
- v důsledku abrazivních účinků zrnité pevné fáze může docházet k rychlému opotřebení části zařízení

Základní teorie fluidace

Prahová rychlost fluidace



Rovnováha sil:

$$p_1 S = p_2 S + S h (1 - \varepsilon) \rho_s g + S h \varepsilon \rho g$$

$$p_1 - p_2 = hg [(1 - \varepsilon) \rho_s + \varepsilon \rho]$$

Bernoulliho rovnice: $p_1 - p_2 = \rho g h + \rho e_z$

$$\Rightarrow \rho e_z = gh(\rho_s - \rho)(1 - \varepsilon)$$

$$e_z = \lambda' \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{h}{D_p} u_o^2$$

Ergunova rovnice

$$\lambda' = \frac{150}{Re} + 1,75 = \frac{150(1 - \varepsilon)\mu}{u_o D_p \rho} + 1,75$$

$$\frac{1,75}{\varepsilon^3} Re_p^2 + \frac{150(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} Re_p = Ar$$

$$Re_p = \frac{u_o D_p \rho}{\mu}$$

$$Ar = \frac{D_p^3 (\rho_s - \rho) \rho g}{\mu^2}$$

Výška a porózita fluidní vrstvy

Bilance pevné fáze:

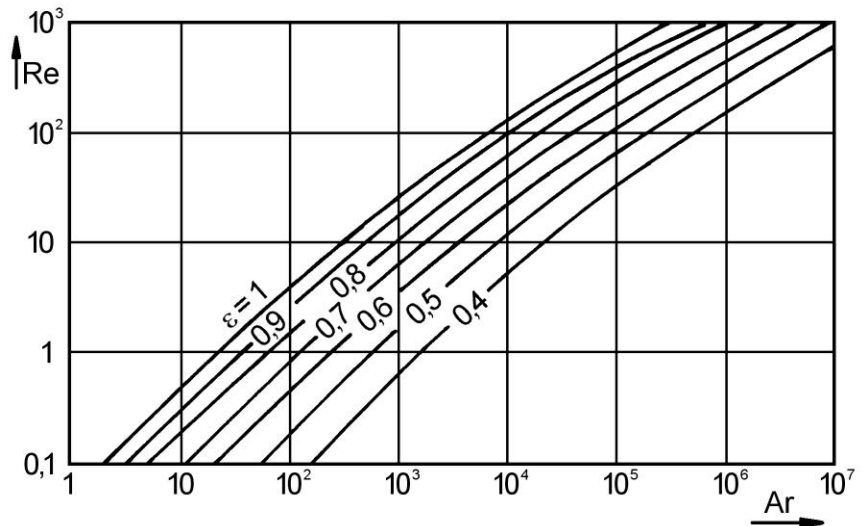
$$h_p S(1 - \varepsilon_p) = h S(1 - \varepsilon)$$

Rušené usazování – **Goroško, Rozenbaum a Todes** (pro $\varepsilon = 0.4 \div 1$)

$$Re = \frac{u_o D_p \rho}{\mu}$$

$$Ar = \frac{D_p^3 (\rho_s - \rho) \rho g}{\mu^2}$$

$$Re = \frac{Ar \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6 \sqrt{Ar \varepsilon^{4,75}}}$$

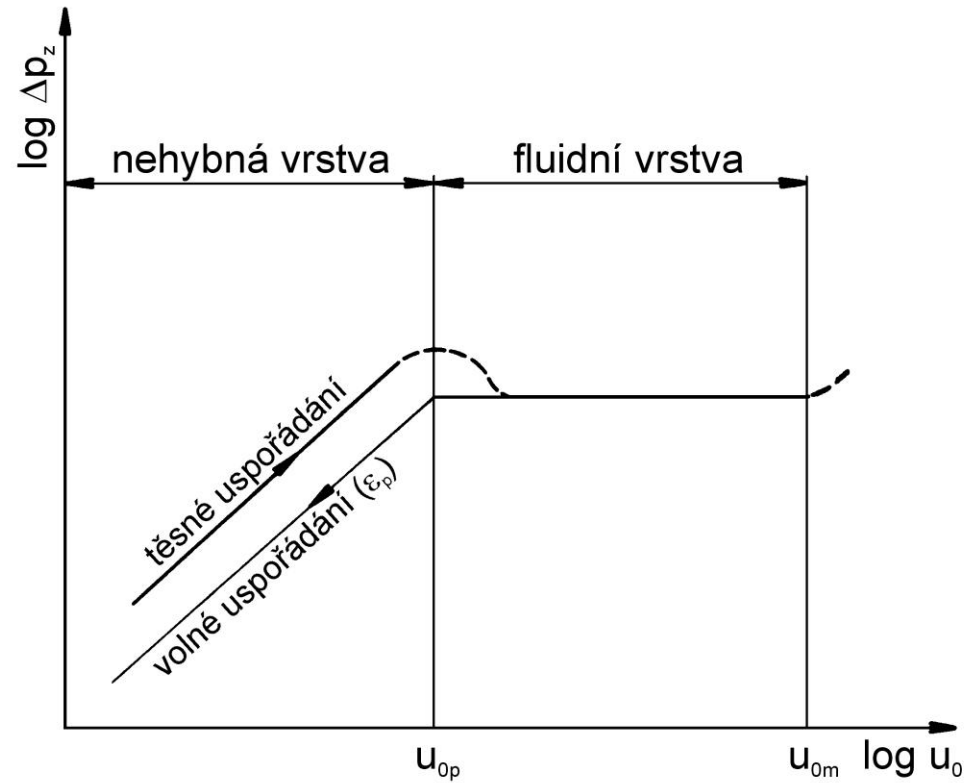
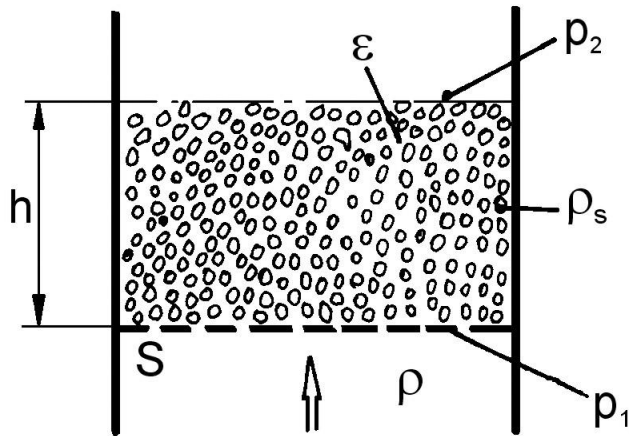


- $\varepsilon = \varepsilon_p \Rightarrow$ prahová rychlost fluidace
- $\varepsilon \rightarrow 1 \Rightarrow$ prahová rychlost úletu

Hodnoty porózity ϵ_p při prahu fluidace

Druh částic	Rozměr částic [mm]					
	0,02	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3
ostrohranný písek, $\sigma = 0,67$	–	0,60	0,59	0,58	0,54	0,50
okrouhlý písek, $\sigma = 0,86$	–	0,56	0,52	0,48	0,44	0,42
uhelný a skelný prášek	0,72	0,67	0,64	0,62	0,57	0,56
aktivní uhlí	0,74	0,72	0,71	0,69	–	–
Fischerův-Tropschův katalyzátor, $\sigma = 0,58$	–	–	–	0,58	0,56	0,5

Ztráta při průtoku fluidní vrstvou



Rovnováha sil:

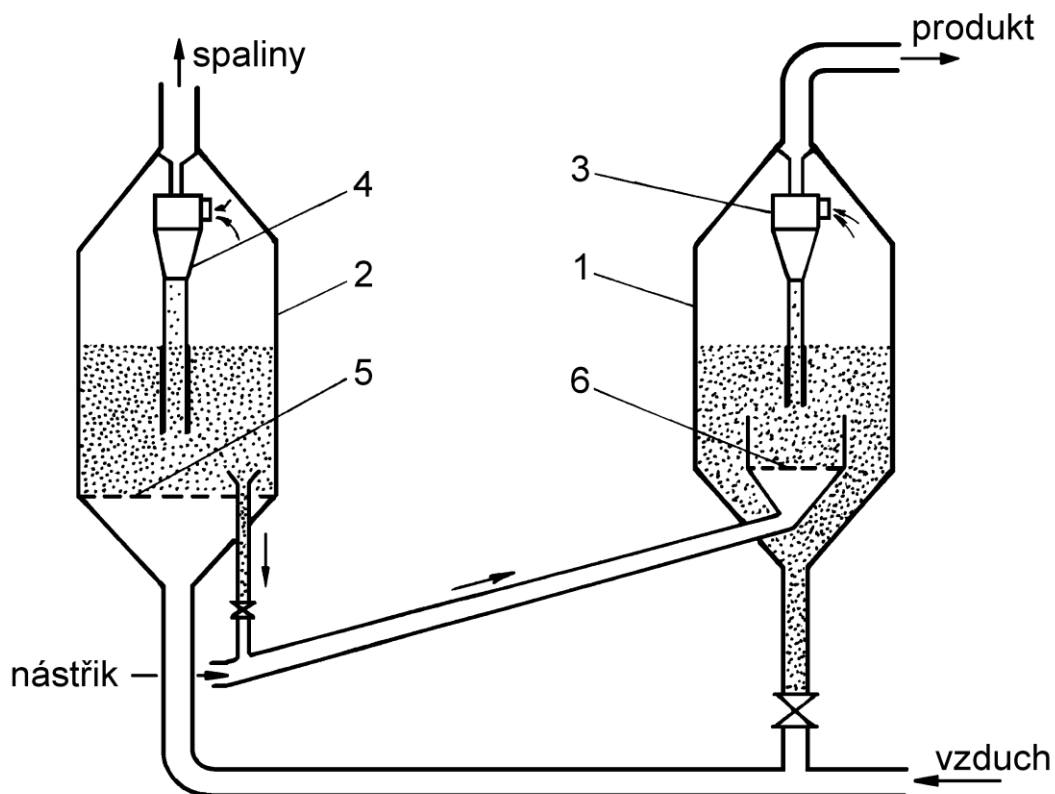
$$p_1 S = p_2 S + S h (1 - \varepsilon) \rho_s g + S h \varepsilon \rho g$$

$$p_1 - p_2 = h g (1 - \varepsilon) \rho_s = \frac{m_s g}{S}$$

Průmyslové využití fluidace

- Využití fluidace:**
- doprava sypkých materiálů fluidními žlaby
 - sušení zrnitých materiálů (fluidní sušárny)
 - chemické reaktory (spalování ve fluidní vrstvě, katalyzátory)

Schéma katalytického krakování těžkých ropných frakcí



1 – reaktor, 2 – regenerátor, 3 a 4 – cyklóny, 5 – rošt, 6 – rošt